Ankara Üniversitesi
Ziraat Fakültesi Yayınları: 911
Ders Kitabı: 255

KÜLTÜRTEKNİK

Prof. Dr. Necmi SÖNMEZ
A.Ü. Ziraat Fakültesi
Kültürteknik Bölümü

Prof. Dr. Ali BALABAN
A.Ü. Ziraat Fakültesi
Kültürteknik Bölümü

Prof. Dr. Erkan BENLİ
A.Ü. Ziraat Fakültesi
Kültürteknik Bölümü

ANKARA
1984

Ankara Üniversitesi
Ziraat Fakültesi Yayınları: 911
Ders Kitabı: 255

KÜLTÜRTEKNİK

Prof. Dr. Necmi SÖNMEZ
A.Ü. Ziraat Fakültesi
Kültürteknik Bölümü

Prof. Dr. Ali BALABAN
A.Ü. Ziraat Fakültesi
Kültürteknik Bölümü

Doç. Dr. Erkan BENLİ
A.Ü. Ziraat Fakültesi
Kültürteknik Bölümü

ANKARA
1984

ANKARA ÜNİVERSİTESİ BASIMEVİ – ANKARA, 1984

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
1. GİRİŞ	1
1.1. Toprak ve Su Kaynaklarının Geliştirilmesi	1
1.2. Tarım İşletmelerinin Kurulmalarını Bünyelerinin Geliştirilmesini ve Düzenli Olarak Çalışmalarını Sağlayan Önlemler	3
1.3. Kültürteknik Önlemlerinin Niteliği	4
2. KIRSAL YERLEŞMELER	5
2.1. Kırsal Yerleşme Biçimleri	8
2.11. Dağınık Kırsal Yerleşme	8
2.12. Toplu Kırsal Yerleşim	10
2.2. Toplu Yerleşmede Kırsal Bölgelerin Yapısı ve Örgütlenmesi	12
3. İŞLETME MERKEZİNİN SEÇİMİ VE PLANLANMASI	16
3.1. İşletme Merkezinin (Avlusunun) Seçimi	19
3.2. İşletme Merkezinde Yapıların Düzenlenmesi	22
4. İŞLETME YAPILARI	29
4.1. İşletme Konutu	29
4.2. Hayvan Barınakları	31
4.21. Süt İneği Ahırları	37
4.22. Kasaplık Sığır (Besi Sığırı) Ahırları	42
4.23. Karışık Ahırlar	44
4.24. Ağıllar	45
4.25. Tavukçuluk Tesisleri	47
4.3. Korunma ve Depolama Yapıları	52
4.31. Alet ve Makine Korunma Yapıları	52
4.32. Ürün Saklama ve Depolama Yapıları	53
4.4. Tarım İşletmelerinde İçme ve Kullanma Suyu Temini ve Pis Su Sistemleri	64
5. ÇEVRE KOŞULLARININ DENETİMİ	73
5.1. Çevre Koşullarının Denetimine İlişkin Ana Kavramlar	74
5.2. Hava ve Su Buharı Karışımının Özellikleri	80
5.3. Isı Dengesi	84
5.4. Havalandırma	88
5.5. Aydınlatma	95
6. TÜRKİYE'DE SU KAYNAKLARININ GELİŞTİRİLMESİ VE SORUNLARI	97
6.1. Su Kaynakları Potansiyeli	98

Sayfa

6.2. Su Kaynaklarından Yararlanmada Bugüne Kadar Yapılan Çalışmalar 98
6.3. Su Kaynaklarından Yararlanma Durumu 100
6.4. Su Kaynaklarının Geliştirilmesinde Karşılaşılan Sorunlar 101
7. TARIMSAL HİDROLİK 107
7.1. Hidrostatik, Temel Kavramlar ve Denklemler 108
7.2. Suyun Akışına İlişkin Temel Kavramlar 114
7.3. Açık Kanalların Proje Esasları 120
7.4. Boru Hatlarının Proje Esasları 124
7.5. Akan Suyun Ölçülmesi 132
8. TARIMSAL HİDROLOJİ 150
8.1. Yağışlar 151
8.2. İnfiltrasyon 164
8.3. Buharlaşma 167
8.4. Transpirasyon 169
8.5. Yüzey Akışları 175
9. SULAMA SUYU SAĞLAMA 205
9.1. Sulamada Yüzey Su Kaynaklarından Yararlanma 205
9.2. Yeraltı Sularından Sulamada Yararlanma 221
9.3. Sulama Pompaj Üniteleri 242
9.4. Sulama Suyunun Niteliği 253
10. TARIMSAL SULAMA 263
10.1. Toprak, Su ve Bitki İlişkileri 264
10.2. Arazinin Sulamaya Hazırlanması 270
10.21. Arazi Tesviye Projelerinin Hazırlanması 272
10.22. Tesviye Projelerinin Uygulanması 273
10.3. Sulama Yöntemleri 274
10.31. Yüzey Sulama Yöntemleri 277
10.31.1. Serbest Salma Sulama Yöntemi 277
10.31.2. Tarla Arklarından Sulama Yöntemi 278
10.31.3. Tava Yöntemi 278
10.31.4. Uzun Tava (Border) Yöntemi 279
10.31.5. Karık Sulaması Yöntemi 281
10.31.6. Çizi Yöntemi 287
10.32. Yağmurlama Sulama Yöntemi 287
10.33. Damla Sulama Yöntemi 297
10.34. Sızdırma Yöntemi 300
11. TARIMSAL DRENAJ 301
11.1. Drenaj Etüdleri 302
11.11. Taban Suyu Yüksekliği 303
11.12. Artezyen Koşulları 304
11.13. Toprak Özellikleri 305
11.14. Topoğrafik Yapı 306
11.15. Drene Olabilir Gözenek Hacmi 306
11.16. Hidrolik İletkenlik 307

Sayfa

11.17. Dren Çıkış ve Ağızlarının Belirlenmesi 307
11.18. Drenaj Katsayısının Saptanması 308
11.2. Drenaj Yöntemleri 308
11.21. Yüzey Drenaj Yöntemleri 308
11.211. Çukur Tarım Alanlarının Yüzey Drenajı 309
11.212. Düz Arazilerin Yüzey Drenajı 311
11.213. Eğimli Arazilerin Yüzey Drenajı 312
11.22. Toprak Altı Drenajı 315
11.23. Mol Drenler 318
11.24. Pompaj Kuyuları ve Tara Kuyular 319
11.3. Drenaj Teorileri 320
11.31. Düzgün Akış Koşulları İçin Geliştirilen İlişkiler 322
11.32. Düzgün Olmayan Akış Koşulları İçin Geliştirilen İlişkiler . 324
12. TUZLU, SODYUMLU TOPRAKLAR VE ISLAHI 326
12.1. Tuzlu ve Sodyumlu Toprakların Özelliği ve Oluşumu 326
12.2. Tuzlu Topraklar 327
12.3. Sodyumlu Topraklar 327
12.4. Tuzluluk ve Sodyumluluğun Toprak Verimliliğine Etkisi 328
12.5. Tuzlu ve Sodyumlu Toprakların Islahının İlkeleri 329
12.51. Yıkama 330
12.52. Kimyasal Islah Maddelerinin Kullanılması 330

ÖNSÖZ

Tarım işletmelerinde toprak ve su kaynaklarından optimum biçimde faydalanma amacını güden ve bu kaynakların korunması ve geliştirilmesine yönelen çalışmalarla birlikte tarım işletmelerinin yapısal ve fiziksel yönden gelişmesini sağlayan ve etkileri uzun süreli olan teknik önlemlerin tümüne "Kültürteknik" önlemleri veya "Meliorasyon" denilmektedir.

— Bu yapıt, Ziraat Fakültesi öğrencilerine Kültürtekniğin kırsal yerleşmeler ve işletme yapıları, tarımsal yönden su sağlanması, suyun kullanılması ve denetimi konularında temel ilke ve bilgileri vermek ve aynı zamanda uygulamada bu konularda çalışan Ziraat Mühendisleri için yararlanabilecekleri bir kaynak sağlamak amacı ile hazırlanmıştır.

— Bu kitabın düzenlenmesi ve materyalin sunulmasında A.Ü. Ziraat Fakültesi öğrencilerine Kültürteknik bölümünde şimdiye kadar bu konuda verilen derslerde kazanılan deneyim, öğretim programlarındaki gelişmeler ve Kültürteknik uygulamalarında çalışan Ziraat Mühendislerinin temel bilgi gereksinimleri gözönünde tutulmuştur.

Eserde Kültürtekniğin çalışma konularının genel bir sunuluşu yapıldıktan sonra, tarımsal yerleşim ve işletme yapılarına ilişkin temel bilgiler verilmiş ve su kaynaklarının geliştirilmesi ile ilgili genel sorunlar kısaca tartışılmıştır. Hidrolik ve hidrolojinin Kültürteknik uygulamaları ile ilgili temel ilkeleri ve kavramları belirtilmiş, tarımsal uğraşılar için su sağlanması amacı ile yerüstü ve yeraltı sularından faydalanma konularında bilgiler verilmiştir.

Daha sonraki bölümlerde sulama sistemleri, sulama projelerinin geliştirilmesi, sulama yönünden toprak, su ve bitki ilişkileri, tarım alanlarının sulamaya hazırlanması, sulama yöntemleri ve drenaj konularında etüd, planlama, projeleme ve uygulamayla ilgili temel bilgiler verilmiştir.

Eserin hazırlanmasında yardımlarını gördüğümüz Kültürteknik Bölümü Asistanlarına, şekillerin çiziminde ve metnin daktilosunda emeği geçen bölümümüz teknisyenlerine teşekkür etmek isteriz.

Tüm öğrenci ve meslektaşlarımıza yararlı olması dileklerimizle...

Ankara, Nisan 1981

Prof. Dr. Necmi SÖNMEZ
Prof. Dr. Ali BALABAN
Doç. Dr. Erkan BENLİ

1. GİRİŞ

Kültürteknigin çalışma konularının ayrıntılarına girmeeden önce, konuların genel bir görünümünün verilmesinde yarar vardır. Bu bölümde, toprak ve su kaynaklarının korunması ve geliştirilmesi ile tarım işletmelerinin daha verimli çalışmalarını sağlamak amacı ile alınması gereken teknik önlemlere ilişkin, daha sonra ayrıntıları ile incelenecek konulara hazırlayıcı ön bilgiler verilecek ve bazı terimler ile bunların anlamları kısaca açıklanacaktır.

Tarım işletmelerinde toprak ve su kaynaklarından en ekonomik yollarla yararlanma ve bu kaynakların korunması ve geliştirilmesine yönelen çalışmalarla birlikte, tarım işletmelerinin bünyesel ve fiziksel yönden gelişmelerini sağlayan ve etkileri uzun dönemli olan teknik önlemlerin tümüne "Kültürteknik" ya da "Meliorasyon" denilmektedir.

Bu önlemler içerisinde, aşağıda belirtilen teknik hizmetleri görmek olasıdır:

1.1. Toprak ve Su Kaynaklarının Geliştirilmesi

Toprağın Kullanılması ve Korunması:

Tarımsal üretimin en başta gelen etmenlerinden birisi olan toprak, uygun biçimde kullanılıp korunduğunda, kendisinden beklenilen verimi sağlayabilen bir doğal kaynaktır. Bu bakımdan, toprağın özelliklerine ve kullanma yeteneğine en uygun biçimde kullanılması ve verimliliğinin sürdürülmesi için gerekli olan önlemlerin alınması ile Toprağın Korunması gerekir. Toprağın su ve yel ile sürüklenmesi ve taşınması sonucunda ortaya çıkan "Erozyon" yanında, topraktaki besin maddelerinin çeşitli yollarla yıkanarak kaybolmaları ya da kullanılamayacak duruma gelmeleri de toprak verimliliğinin azalmasına neden olur. Böyle durumlarda alınacak kültürel ve mühendislik önlemleri ile toprağın korunması olanaklı kılınır.

Sulama:

Genel bir tanımla sulama, bitki gelişmesi için gerekli olan, ancak doğal yollarla karşılanamayan suyun toprağa verilmesidir. Sulamanın ayrıca kısa

kurak dönemlerde ürünün güvencesi olması, toprağın ve havanın serinletilmesi, toprakta bulunan fazla tuzun seyreltilmesi ya da yıkanması, toprak taban taşının yumuşatılması ve yapay gübrelerin su ile birlikte toprağa verilmesi v.b. yan yararları da vardır. Suyun sulu tarım toprağına getirilmesi, toprağın sulamaya hazırlanması ve sulamanın tarımsal üretimi artıracak ve sürekli kılacak biçimde uygulanması Ziraat Mühendisini yakından ilgilendiren konulardır.

Küçük Su İşleri:

Büyük sulama projeleri dışında kalan tarım topraklarının sulama gereksinimini karşılamak üzere küçük yerüstü ve yeraltı su kaynaklarından bağlamalar, göletler, kaptaj ve galeriler, kuyular v.b. tesislerle sulama suyu sağlanması, suyun sulama alanına getirilerek burada dağıtılması ve kullanılmasına ilişkin teknik hizmetleri kapsar. Bu tür küçük sulamaların belli başlı özellikleri şöyle sıralanabilir: 1) Uzun süreli etüd ve planlama çalışmaları gerektirmez. 2) Geliştirme süreleri kısa ve maliyeti düşüktür, 3) İşletilmeleri kolay ve bakımı köylüler tarafından yapıldığından devlete ayrıca külfet yüklemezler. 4) Kamulaştırma ve geçit hakkı gibi sorunlar yok denecek kadar azdır. 5) Hektara maliyetleri büyük sulamalara göre daha az olduğundan rantabilitesi yüksektir ve yapılan harcamaları kısa zamanda geri ödeyebilir.

Drenaj:

Tarım toprağında drenajın amacı, havadar bir kök bölgesi, tarımsal uğraş için yeter derecede kuru bir üst toprak elde etmek için kaynağı ne olursa olsun fazla suyun topraktan uzaklaştırılmasıdır. Böylece, fazla sudan zarar gören topraklarda tarımsal üretimi sürdürmek için toprak, su ve bitki arasında elverişli bir denge kurulmuş olur.

Tarım topraklarında drenaj sorunu, toprak ve topoğrafya koşullarının yüzey ve yeraltı sularının doğal bir boşaltma ağızına ulaşımının engellendiği ya da bunun istenen çabuklukla olmadığı durumlarda ortaya çıkar. O zaman, suyun yüzeyde birikmesiyle göllenmeler, toprağın yüzeye kadar su ile dolması ile bataklıklar ve ıslak topraklar ortaya çıkar. Bazı durumlarda da taban suyu istenmeyen sınırların üstüne yükselerek bitkisel üretimi sınırlar ya da olanaksız kılar.

Tuzlu ve Sodyumlu Toprakların İyileştirilmesi:

Toprak, ancak belirli niteliklere sahip olduğu durumlarda kültür bitkileri için uygun bir üretim ortamıdır. Toprakta bazı durumlarda, bitki kökleri için toksik etki yapacak ya da suyun bitki kökleri tarafından alın-

masına olanak vermeyecek miktarlarda tuz bulunabilir. Bu gibi topraklara "Tuzlu Topraklar", fazla miktarda değişebilir sodyum ihtiva eden topraklara ise "Sodyumlu" ya da "Alkali" topraklar denir. Bu sorunların ortaya çıkmalarını engelleyen önlemlerin alınması ve bu duruma gelmiş toprakların iyileştirilme yolu ile yeniden tarıma elverişli hale getirilmesi gerekir.

Su Zararlarından Korunma Önlemleri:

Toprak ve Su Koruma önlemlerinin daha çok akarsuların zararlarını önleyici yönde kullanılmaları durumudur. Tarım topraklarını tehdit eden, yerleşme alanlarının zarar görmesine neden olan dere, yandere ve çayların ıslahı ve zararsız duruma getirilmelerini içerisine alan önlemlerdir. Bu önlemler, akarsu havzalarındaki tüm su varlığının ele alınmasını ve bunlardan yararlanılmasını öngörür.

1.2. Tarım İşletmelerinin Kurulmalarını, Bünyelerinin Geliştirilmesini ve Düzenli Olarak Çalışmalarını Sağlayan Önlemler

İşletmenin Kurulması ve Büyütülmesi:

Tarım topraklarının işletmelerin gereksinmelerini karşılayacak biçimde düzenlenip dağıtılması, yani yeni tarım işletmelerinin oluşturulması ya da var olan küçük mülklerin daha ekonomik çalışan işletmelere dönüştürülmesi için toprak varlıklarının arttırılması,işlemleri bu konu içerisinde yer alır.

Toprak Toplulaştırması:

Çeşitli nedenlerle ekonomik tarım yapılmasına olanak vermeyecek biçimde parçalanmış ve küçülmüş bulunan toprak parsellerinin yeniden uygun biçim ve büyüklüklerde bir araya getirilmesi yolu ile işletmelerin daha verimli çalışmalarının sağlanması işlemine "Toplulaştırma" denir. Toplulaştırma, özellikle sulu tarım alanlarında üzerinde önemle durulması gereken bir uygulamadır.

Altyapı Hizmetleri:

Gerek tarım işletmelerinin iç bünyelerinde, gerekse işletmelerin bir araya gelmesi ile oluşan köy topluluklarında ekonomik ve toplumsal yönden gereksinim duyulan yolların yapılması, sulama suyu yanında içme ve kullanma sularının sağlanması, tarımda işgücünü daha iyi değerlendirmeye olanak verecek ve kırsal sanayinin kurulmasına zemin hazırlayacak olan elektrifikasyon uygulamaları altyapı çalışmalarını oluşturur.

Kırsal Yerleşme:

Büyük çoğunluğunun geçimini tarımsal uğraşla sağladığı kırsal toplumun daha elverişli yaşama olanaklarına kavuşturulmasında, toplumun yaşamını kurduğu ve ekonomik çabalarını sürdürdüğü kırsal alanda geniş kapsamlı yerleşme düzenlemesi çalışmalarının önemi büyüktür. Özellikle büyük sulama projelerinin Toprak Reformunu da içine alan geniş kapsamlı yerleşme düzenlemesi projeleri olarak ele alınmaları, sulamanın ekonomik ve toplumsal yararlarının tabana daha etkili biçimde yayılmasına olanak verir.

Tarımsal Yapılar:

Tarımsal çalışmaların bir bütün olarak yürütüldüğü tarım işletmelerinin bu uğraşlarını etkili bir biçimde sürdürebilmeleri için, işletme merkezinde birbirinden farklı birtakım yapı ve tesislere gereksinim duyulur. Konutlardan, hayvan barınaklarına, koruma ve saklamadan üretilen ürünlerin değerlendirilmesine dek işlev gören bu yapıların planlanması, projelenmesi ve inşaatı çalışmaları da Kültürteknik konularındandır.

1.3. Kültürteknik Önlemlerinin Niteliği

Kültürteknik önlemlerinin temel nitelikleri S ü r e k l i l i k, K â r l ı l ı k ve B ü y ü k y a t ı r ı m l a r gerektirmesidir. Bu önlemler, bir yıl ya da daha kısa dönemler için alınmazlar. Etkileri çok yıllara uzanan bir nitelik gösterir. Gerçekleştirilen tesislerden kırsal toplum uzun süre yararlanır.

Kültürteknik çalışmalarının toplumsal amaçlı olanları sözdışı edilirse, bunlar her zaman kârlı olma özelliğini taşırlar. Yani yapılan yatırımları belirli bir süre içinde geri öderler. Kültürteknik önlemlerinin uygulanmasında da rantabilite esas alınır. Kültürteknik çalışmaları arasında bir tarım işletmesinin yapacakları bulunduğu gibi kooperatif, birlik v.b. üretici örgütlerinin yapacakları ortak yatırımlarla gerçekleştirilebilenler daha fazladır. Büyük yatırım isteyen projeler genellikle devlet desteği ile ya da devletçe yapılırlar.

Ziraat Mühendisliği Lisans Programında tüm bölümlerin almak durumunda olduğu "Kültürteknik" dersinin öğretimi için hazırlanan bu eserde sırasıyla Kırsal Yerleşmeler, İşletme Merkezinin Planlanması, Tarımsal Yapılar, Su Kaynaklarının Geliştirilmesi, Tarımsal Hidrolik ve Hidroloji, Sulama Suyu Sağlama, Sulama, Drenaj ve Toprak İyileştirilmesi (Islahı) konularında genel bilgiler verilecektir.

2. KIRSAL YERLEŞMELER

Geniş anlamıyla yerleşmeler; doğa, insan ve onların yapıtlarından oluşan bir alan parçasıdır diye tanımlanabilir.

Yerleşmeler yapılarına göre kırsal (tarımsal) yerleşmeler ve kentsel yerleşmeler diye iki ana bölüme ayrılır. Bu iki yerleşme biçimini birbirinden ayıran en önemli özellikler işlevlerinde ve nüfus sayılarındadır. Kırsal yerleşmeler, adından da anlaşılacağı gibi, kırsal alan üzerinde kurulmuş, geçim kaynağı çoğunlukla tarımsal üretime dayanan, az nüfuslu bir yerleşim biçimidir. Bu tip yerleşmeler, kendilerine özgü kültürü, kuvvetli dayanışmaları ve türdeş toplumsal yapıları ile kentsel yerleşmelerden ayrılırlar.

Günümüzde, kırsal ve kentsel toplumların yaşam düzeylerinde ortaya çıkan kutuplaşma tüm ülkelerin üzerinde önemle durduğu bir konudur. Gelişmiş ülkelerde sorun, sanayinin iş gücü isteminin de katkısıyla kırsal alanın hızla boşalması biçiminde ortaya çıkmaktadır. Nitekim OECD ülkelerinde 1960–1970 yılları arasında kırsal kesimdeki nüfus azalması % 33 oranında olmuştur. Bu ülkelerin çoğunda son yıllarda tarımsal verimin artırılması ve kırsal toplumun ekonomik, sosyal ve kültürel sorunlarının çözümlenmesine yönelik büyük yatırımlar yapılmış olmasına karşın tarım kesiminde çalışanların toplam nüfusa oranı yine de hızla düşmektedir.

Gelişmekte olan ülkelerde ise sorunun niteliği farklıdır: Nüfus artışı yüksektir. Toprak dağılımı bozuk olduğundan, çoğunluk topraksız ya da az topraklıdır. Uygulanan teknoloji ve temel girdi kullanımı yeterli değildir. Üretimden, üretilen ürünlerin tüketiciye iletilmesine kadar olan süreç örgütlenmemiştir. Kırsal alt yapı yok ya da eksiktir. Sanayileşme hızı yeterli olmadığından kırsal nüfusda oransal bir azalma olsa bile toprak üzerindeki nüfus baskısı giderek artmakta, sonuç olarak da kırsal alanda düşük verim ve düşük yaşam koşulu egemen olmaktadır. Anılan bu durumun ortadan kaldırılması çoğu kez geniş kapsamlı bir K ı r s a l Y e r l e ş m e D ü z e n l e m e s i n i gerektirir. Böyle bir düzenlemenin temel amacı, yaşamını kırsal alanda sürdüren ve ekonomik çabası çoğunlukla tarıma dayalı olan toplumun, daha elverişli yaşama olanağına kavuşturulmasıdır. Bu ise, makro,

mikro ve çok yönlü (komprehensif) olmak üzere üç aşamada yapılan gerçekçi bir planlamanın etkili bir biçimde uygulanması ile gerçekleştirilir.

Makro Planlama:

Ulusal düzeyde bir planlamadır. Bu planlamanın amacı, ülkenin ekonomik ve sosyal koşullarında, temel üretim araçlarının ulusal düzeyde en uygun seçeneğe yöneltilmesidir. Bu sistemde, ulusal ekonominin bir bütün olarak gelişme hızı gözönünde tutularak tarım kesimi için planlar hazırlanır, tarımsal ürünlere olan talebi etkileyen etmenler saptanarak, ulusal pazarlarda talep artışı, ihracat olanakları, tarımsal ürünlerde fiyat tahmini v.b. yapılır.

Mikro Planlama:

Aile işletmeleri düzeyinde yapılan bir planlamadır. Bu planlamada amaç, temel üretim araçlarının, çiftçinin ortalama geliri ulusal ortalama gelir projeksiyonlarının altına düşmeyecek şekilde düzenlenmesidir. Bu sistem, ülkenin var olan koşullarında yalnız ekonomik değil, aynı zamanda sosyo-politik etmenlerin de gözönüne alınmasıyla geliştirilen "tarım işletmesi tip modelleri"ne dayanır ve böylece mikro planlama yardımıyla ulusal plan en küçük birimlere kadar götürülür.

Çok Yönlü Sistem:

Makro ve mikro düzeydeki planlar arasında bölgesel (yöresel) bir ilinti kurar. Çok yönlü planlamanın amacı, kır kesiminde canlı ve kendi kendine yaşayabilir birimler ve kuruluşlar yaratmak, köy ve kent arasındaki boşluğu kapamak, farklılıkları azaltmaktır.

Tanımdan da anlaşılacağı gibi bu sistem; sadece köydeki tarımsal kalkınmayı esas almayıp, aynı zamanda ele alınan kırsal bölgede köy ve kent arasında dengeli bir ilişki kurabilmek amacıyla tarım, sanayi ve hizmetlerin bütünleştirilmesi yollarını da araştırır. Çok yönlü planlamanın bir başka özelliği de bölge düzeyinde planlamayı zorunlu kılmasıdır. Ancak, ele alınacak bölgenin alanı çok dikkatli bir biçimde saptanmalıdır. Çünkü, bu sistemde başarıya ulaşabilmek için seçilecek bölgenin, çok yönlü planlamanın ilkelerine ve etkilerine uygun büyüklükte olması zorunludur. Bu, coğrafik ya da etnik nitelikleri ile bölünmüş bir bölge olabildiği gibi, bir akarsu havzası da olabilmektedir. Bunun yanında uygulamada bir il ya da ilçenin yönetim alanı, ya da bir kente doğrudan bağlı tüm köylerin oluşturduğu kırsal alan da bir bölge olarak kabul edilmektedir. Görüldüğü gibi bölge, küçük bir alan olabildiği gibi çok büyük de olabilmektedir. Aslında, çeşitli ülkeler-

deki uygulamalar bize, bölgenin çok küçük veya çok büyük alınmadığı hallerde daha başarılı olunduğunu göstermektedir.

Kırsal alanın bölgesel düzeyde planlanması, köy kalkınmasına ilişkin tüm konuları içerir. Bu nedenle çok yönlü planlama sosyal, ekonomik ve fiziksel planlama olmak üzere üç ana gruba ayrılır.

Sosyal Planlama:

Planlama bölgesinde nüfus durumu, nüfus artış hızı, iç ve dış göçler ve gruplaşmaların ortaya çıkardığı sorunlar aile planlaması, eğitim, sağlık ve diğer sosyal hizmetlerin planlanması gibi konuları içerir. Bu arada, yöresel önderlerin yetiştirilmesi, halkın girişkenliğinin artırılması, herşeyi devletten bekleme alışkanlığının ortadan kaldırılması, toplumun kendi olanaklarını ve dıştan gelen yardımları en iyi bir şekilde kullanabilir duruma getirmesi gibi konular da bir sosyal planlamanın çözeceği sorunlardır.

Ekonomik Planlama:

Bölgede bitkisel ve hayvansal üretimin planlanması, pazar ve pazarlama konularının düzenlenmesi, köylünün tarım bilgisinin artırılması, damızlık ve iyi tohum kullanılması, gübre, su ve toprak koruma, toprak işleme, tarımsal savaş, kooperatifleşme ve kredi gibi üretimi artıran etkenlerin planlanması konuları ekonomik planlama kapsamına girer.

Fiziksel Planlama:

Fiziksel planlama, her bir köyün fiziksel varlığını oluşturan birimlerin düzenli bir şekilde yerleştirilmesi ile, köyler arasındaki sosyal ve ekonomik sorunların en kolay bir biçimde çözümünü sağlayacak yerleşme ve ulaştırma olanaklarını düzenler.

Özet olarak denilebilir ki, bu üç ögesiyle kısaca belirtilen kırsal bölgelerin çok yönlü planlanmasında:

1) Öngörülen teknoloji düzeyinde, yeter gelirli aile tarım işletmeleri yaratılmakta ve bu işletmelerin sürekliliği korunmaya (tarımsal üretimin yeni tarımsal işletme tip modellerine uydurulmasına) çalışılmaktadır.

2) Kırsal alanda sanayinin entegrasyonu öngörülmektedir.

3) Bölgede kırsal toplumun ekonomik uğraşlarına ve sosyo-kültürel yaşantısına dolaylı ve dolaysız şekilde etki yapan bütün alt yapı tesisleri düzenlenmektedir.

4) Kırsal alanda yeterli hizmet geliştirilmesi için elverişli bir ortam yaratılmak istenmektedir.

2.I. Kırsal Yerleşme Biçimleri

Kırsal yörelerde görülen yerleşme biçimleri, çiftçinin yaşam yeri (işletme merkezi) ile tarım toprağı arasındaki ilişkiye göre dağınık ve toplu olmak üzere iki ana bölümde toplanabilir.

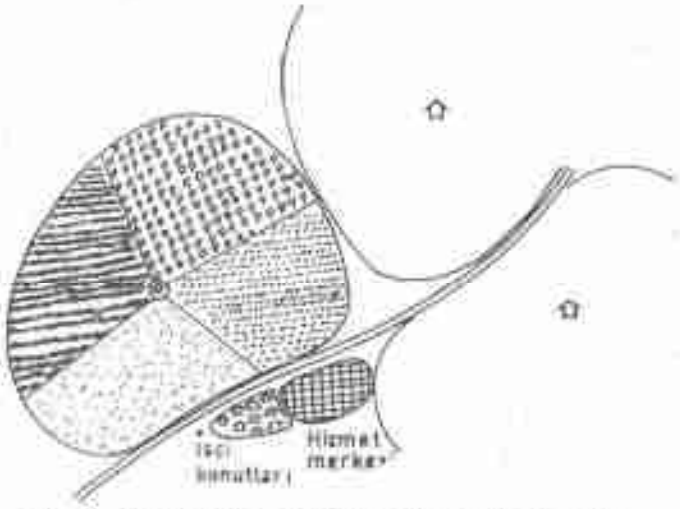
2.II. Dağınık Kırsal Yerleşme

Dağınık yerleşmelerde işletme merkezi kendi toprağının içinde ve çoğunlukla da ortasında olup, işletmeler tüm yerleşme alanına dağılmıştır. Gereksinim duyulan hizmetler ayrı bir hizmet merkezinde toplanmıştır.

Bu tip yerleşimler dağınık büyük çiftlikler ve aile işletmeleri biçiminde olmak üzere iki alt grupta toplanabilir.

Büyük Çiftlikler Biçimindeki Dağınık Yerleşmeler:

Bu tip kırsal yerleşme biçiminin (Şekil 2.1) en belirgin özellikleri şunlardır:



Şekil 2.1. Büyük çiftlikler halindeki dağınık kırsal yerleşmeler.

1) Çiftlik sahibinin yaşam düzeyi yüksektir. Tarımsal uğraşların yürütülmesinde dışarıdan işçi kullanması zorunludur. İşçiler çoğu kez kırsal alanın ayrı bir yerinde bulunan hizmet merkezinde yaşarlar. Bunun sonucunda ise, yörede amaçları değişik iki sosyal sınıf oluşur. Bu sınıfların yaşam düzeyleri arasında büyük farkın bulunması nedeniyle kararlı olmayan sosyal bir bünye ortaya çıkar.

2) Tarımsal uğraşlar randımanlıdır.

3) Hizmet merkezlerinin işletmelere olan uzaklığı fazladır. Ancak, bu sakınca eldeki motorlu araçlar sayesinde ortadan kalkabilir.

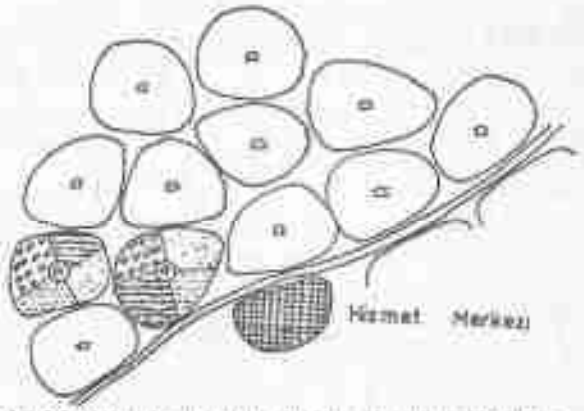
4) Komşu çiftliklere olan uzaklık eldeki olanaklar nedeniyle bir sakınca yaratmaz.

5) Bu tip yerleşmelerde uzun yol şebekelerine, elektrik ve su tesislerine gerek olduğundan, alt yapı hizmetleri pahalıdır. Bu durum bu tip yerleşmelerin en önemli sakıncalarından birini oluşturur.

Sonuç olarak denilebilir ki, dağınık büyük çiftlikler biçimindeki kırsal yerleşmeler, tarımsal uğraşların randımanlı olması yönünden yararlı ise de, toplumda bir sınıf farkının ortaya çıkması nedeniyle sakıncalıdır. Sonuçta, topraksız bir çiftçi sınıfı oluşur. Bu durum, ciddi sosyo-ekonomik sorunlara yol açabilir.

Aile İşletmeleri Biçiminde Dağınık Yerleşim:

Bu tip yerleşim (Şekil 2.2) şekli, aile işletmelerinin bünyesine uygun bir durum gösterir. En önemli özellikleri ise şunlardır:



Şekil 2.2. Aile işletmeleri biçimindeki dağınık yerleşimler.

1) Tarımsal faaliyetlerde dışarıdan işçiye gereksinme duyulmaz.

2) Çiftçi ailesinin yaşam düzeyi yeterlidir. Bölgede yaşayan ailelerin yaşam düzeyleri arasında büyük ayrılıkların olmaması nedeniyle sosyal durum stabildir.

3) Büyük çiftliklerde yararlanılan tarım yöntemlerinin uygulanması güç olduğundan, tarımsal uğraşlar pek randımanlı değildir. Tarımsal işlerde, ileri teknoloji kullanımı ve kooperatifleşme ile yaşam düzeyleri yükseltilebilir.

4) Toplulaştırılma gerçekleştirilmiş olmasına karşın, toprak niteliğinde tekdüzeliğin sağlanması güçtür.

5) Hizmet merkezine olan uzaklık, bölge ve toplum kalkınması yönünden sakıncalıdır.

6) Komşu işletmeler arasındaki uzaklığın büyük olması nedeniyle, ekonomik ve sosyal alanda karşılıklı yardımlaşmanın geliştirilmesi güçtür.

7) Bu yerleşim biçiminde de alt yapı hizmetleri pahalıdır.

2.12. Toplu Kırsal Yerleşim

Bu tip yerleşmelerde çiftçi, yerleşim alanının belirli bir yerinde bulunan köyde toplum halinde yaşar. Bu nedenle, işletme merkezleri köyde, tarım toprakları ise köy dışındadır. Toplu yerleşme, geleneksel ve planlı toplu yerleşme olmak üzere iki alt gruba ayrılabilir.

Geleneksel Toplu Yerleşim:

Bu tip yerleşme herhangi bir planlamaya dayanmadan kır toplumunun tarihsel gelişimi içerisinde kendiliğinden oluşmuş bir yerleşim biçimidir. Bu yerleşmelerin şekillenmesinde su temini, güvenlik, ulaşım, toplum halinde yaşama, savunma v.b. gereksinmeler etkili olmuştur (Şekil 2.3).

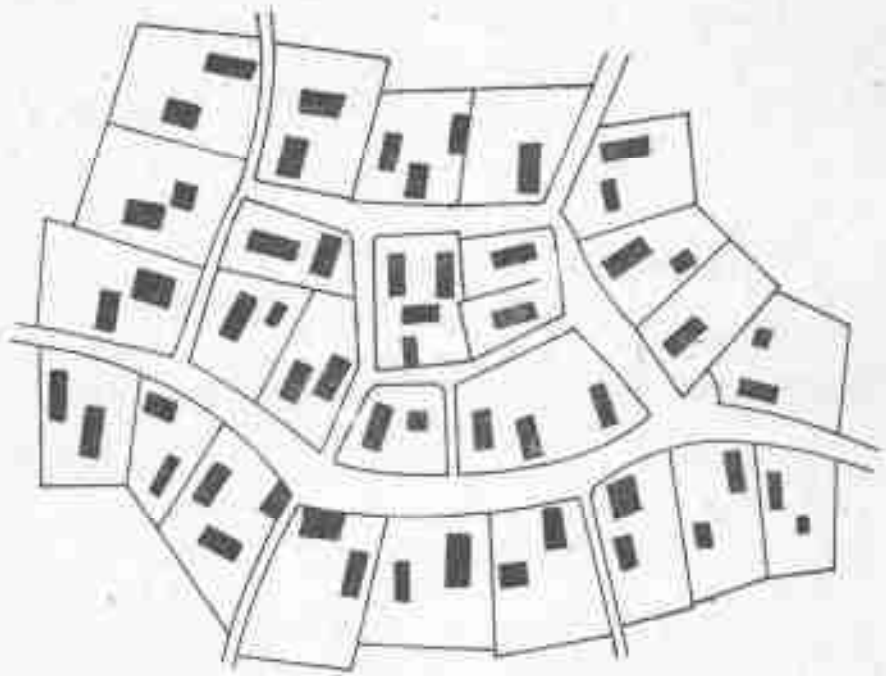
Planlı Toplu Yerleşim:

Bu yerleşme biçimi yukarıda değinilen yerleşim şekillerinde görülen ve kır toplumunun sosyo-ekonomik yaşamına olumsuz etki yapan faktörlerin ortadan kaldırılabilmesi için kırsal yerleşme düzenlenmesine duyulan gereksinmeler sonucu doğmuştur. Kırsal yerleşme düzenlenmesinden güdülen amaç ise, tarımsal üretimi artırmak, artan üretimin sağladığı yararları daha yüksek seviyedeki yaşamın sosyal yararları ile dengeleyerek sosyo-ekonomik bir optimuma eriştirmektir.

Bu optimuma erişmede, kırsal yerleşmenin ana karakteri çoğunlukla geleneksel olan ülkelerde planlı toplu yerleşim, alt yapı yatırımlarının maliyetinin düşük olması, amaç edinilen sosyal ve kültürel çevrenin daha kolay gerçekleştirilebilmesi, üretim araçlarının iyi planlanması durumunda çiftçi ailelerine yeterli gelir sağlanabilmesi olanağını vermesi nedeniyle üzerinde önemle durulan bir yerleşme biçimidir (Şekil 2.4).

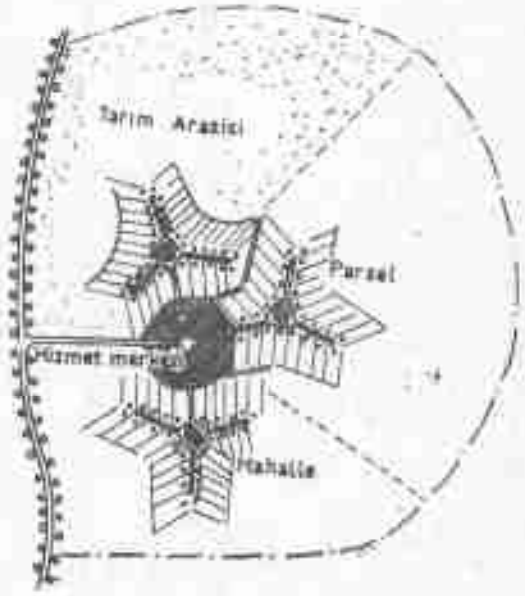
Aile tarım işletmeleri için çok uygun olan bu yerleşme biçiminin en belirgin özellikleri şöyle sıralanabilir:

1) Çiftçi aileleri için yeterli yaşam düzeyi sağlanabilir.



Tarım Arazisi

Şekil 2.3. Geleneksel Toplu yerleşim.



Şekil 2.4. Planlı toplu yerleşim.

2) Yerleşme bölgesindeki ailelerin yaşam düzeylerinin birbirine benzemesi nedeniyle kararlı bir sosyal düzen oluşur.

3) Arazi toplulaştırılması ve kooperatifleşmenin uygulanması sonucu, tarımsal uğraşlar randımanlıdır.

4) Hizmet merkezlerine olan uzaklık kısadır. Toplum kalkınması ilkeleri başarıyla uygulanabilir.

5) Komşu işletmeler arasındaki uzaklık azdır. Bu durum, karşılıklı ekonomik, sosyal yardımlaşmalar ve güvenlik yönünden uygundur.

6) Yol şebekeleri, elektrik ve su tesisleri öbür yerleşme biçimlerine göre kısadır. Bu nedenle, alt yapı tesislerine yapılan yatırımlar azdır.

2.2. Toplu Yerleşmede Kırsal Bölgelerin Yapısı ve Örgütlenmesi

Kırsal bölgenin örgütlenmesine geçmeden önce ülkemizdeki kırsal yapının durumuna kısaca değinmekte yarar vardır.

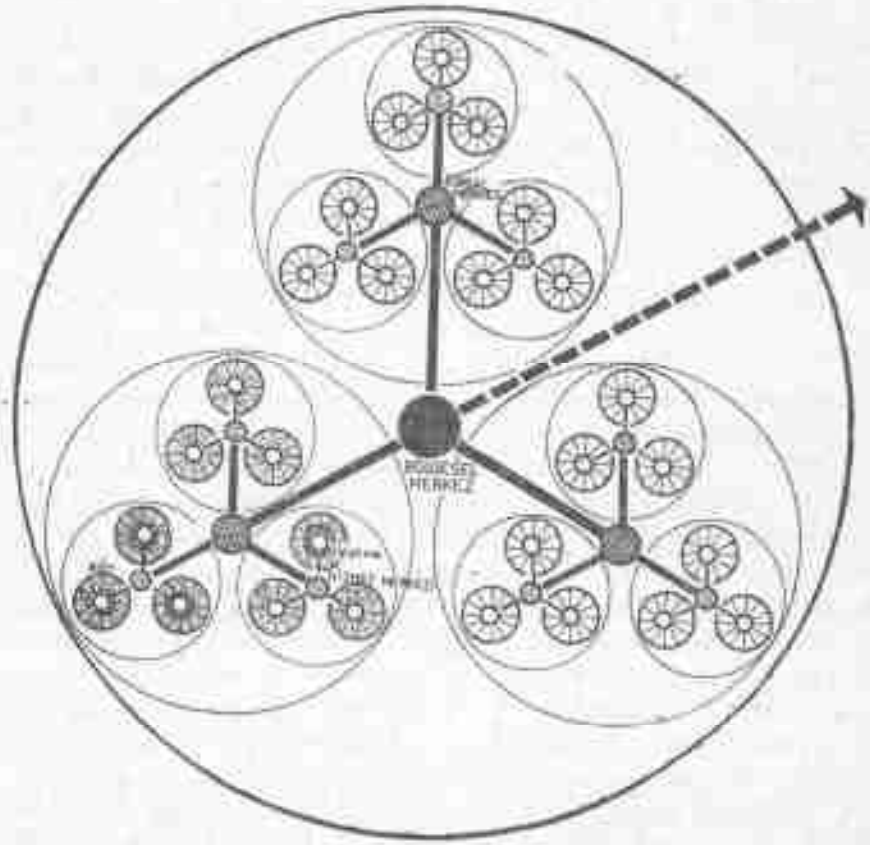
Nüfusumuzun çoğunluğu kırsal alanda yaşamaktadır. Kırsal yöreden kentlere olan göçler sonucunda kırsal nüfusun toplam nüfusumuza oranında bir düşme görülmekte ise de, kırsal alanda yaşayanların sayısında sürekli bir artış olmaktadır. Örneğin, 1950 yılında yapılan nüfus sayımına göre kır nüfusunun ülke nüfusuna oranının % 81.5, 1960 ve 1975 yıllarında ise sırası ile % 73.7 ve % 60 olduğu, buna karşın 1950 yılında yaklaşık 17 milyon olan kırsal nüfusun 1960 da 20.5 milyona, 1975 de ise 25 milyona yükseldiği saptanmıştır.

Kırsal nüfusumuzu oluşturan bu 25 milyon insan, bugünkü görünümüyle 88 000 dolayında kırsal yerleşme biriminde yaşamaktadır. Eldeki bilgiler, ülkemizde yerleşmelerin çok dağınık olduğunu ve sayılarında sürekli bir artışın bulunduğunu göstermektedir. 1946 yılında il, ilçe, bucak merkezleri, köy muhtarlıkları, mahalle, kom, mezra ve benzeri küçük yerleşimlerle birlikte 64756 yerleşim birimi olduğu saptanmıştır. Üçüncü beş yıllık kalkınma planında ise bu sayı, 74000 olarak belirtilmektedir. Bu yerleşme yerinin 23303 ü toplu, 12337 si dağınık olmak üzere toplam 35640 köy, kanununun uygulandığı ve yasal yönden köy olarak tanımlanan yerleşim birimleridir. Geriye kalan 34740 ı ise, idari yönden köy kanununun uygulandığı yerleşimlere bağlı çiftlik, mahalle, mezra, kom, oba v.b. diye anlandırılan az haneli yerleşme birimleridir.

Kırsal yerleşmelerimizin çoğunun nüfusu azdır. 1965 yılı envanterlerine göre kırsal yerleşmelerin % 57.9 unun nüfusunun 500 kişiden az olduğu ve bu yerleşimlerde toplam kır nüfusunun % 40.2 sinin yaşadığı saptanmıştır.

Kırsal yerleşmelerin dağınık ve nüfusça az olmaları yanında toprak mülkiyeti düzensiz, işletme toprağı çok parçalı ve tarımsal üretimde rantabilite çok düşüktür. İşletmelerin örgütlenmesi yetersiz veya hiç yoktur. Ekonomik yönden kalkınabilmek için üretimi artırıcı modern tarım yöntemlerini uygulayamamaktadırlar. Sonuç olarak kırsal yörelerdeki tarım işletmelerimiz kendi kendine yeterli olamamaktadır. Öteyandan ülkemiz koşullarında sosyo-ekonomik ve kültürel hizmetlerin tümünün her yerleşme birimine götürülmelerine olanak yoktur. Götürülen bireysel hizmetler ise, yerleşimlerin küçük ve dağınık olması nedeniyle bütün bölgeyi olumlu yönde etkileyememektedir.

Bu nedenle, kırsal bölgelerin kalkındırılma çabalarında özlenen olumlu gelişmeyi sağlayabilmek için, hizmet götürülürken kırsal yerleşmeler arasında yeniden bir örgütlenmeye gidilmektedir. Bu örgütlenme dört farklı düzeyde yapılmaktadır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Kırsal yerleşmenin bölge düzeyinde örgütlenmesi.

1) Aile tarım işletmeleri,

2) Belirli sayıda tarım işletmelerinden oluşan "Köy",

3) Belirli sayıda köy gruplarına hizmet sağlayan "Kırsal Merkez",

4) Tüm kırsal bölgeye hizmet eden "Bölgesel Merkez".

Aile tarım işletmeleri, kırsal bölgedeki tarımsal uğraşların bir bütün halinde yürütüldüğü en küçük birimleri oluşturur. Kırsal bölgede yapılacak planlama çabalarında başarılı olabilmek için planın işletme düzeyine kadar indirilmesi gerekir. Bu nedenle, tarım işletmeleri kırsal alanın gelişmesinde önemli bir unsurdur. Yerleşme düzenlenmesinde, işletmelerde daha uygun yaşam, daha iyi üretim sağlayabilmek için "Aile İşletmesi Tip Modelleri" hazırlanır. Bu modeller, projede öngörülen yaşam düzeyini, düşünülen mekanizasyon düzeyinde ve aile iş gücü ile gerçekleştirilebilecek büyüklükte olmalı ve yaşam düzeyinin sürekliliğini güven altına almalıdır.

Köy, büyük bir çoğunluğunun geçimini tarımdan sağlayan ailelerin yaşadıkları ve ekonomik uğraşlarını sürdürdükleri toplum olarak tanımlanır. Geleneksel yerleşim düzeni gösteren ülkemizdeki kırsal yerleşim biçiminin her birisi, geçmişte, ekonomik ve sosyal yönden kendi kendine yeterli bir birim olma çabası içinde olmuştur. Bu çaba sürekli olarak devletçe de desteklenmiştir. Bütün bunlara karşın, yerleşme birimleri arasında sosyo-ekonomik bir ilinti kurulamamış, harcanan olanaklara rağmen ülke çapında özlenen kalkınma düzeyine ulaşılamamıştır.

Bölge düzeyinde sağlıklı bir kırsal toplum yaratmak ancak, köy kalkınmasının gerçekleşmesiyle sağlanabilir. Köylerimizin çok dağınık ve küçük birimlerden oluşması, kamusal hizmetler ve alt yapı tesislerinin pahalıya mal olmasına neden olmaktadır. Bu durum, geleneksel yerleşim düzeninde, her köye sosyo-ekonomik hizmetlerin yeterince götürülerek köy kalkınmasının gerçekleştirilmesini zorlaştırmaktadır. Her köye hizmet götürmek yerine birkaç köyün gereksinimi olan hizmetlerin bir merkezde toplanmasıyla "Kırsal Merkezler" oluşturulmuştur. Kırsal merkezler sayesinde, hizmetlerin, daha geniş bir alana ve nüfusa hizmet etmesi sağlanmış olmaktadır. Bu merkezlerdeki sosyo-ekonomik hizmetlerden yararlanacak köy sayısı ve bu köylerin merkeze uzaklıkları bölge koşullarına bağlı olarak değişir. Kırsal merkez, ilkokul, ortaokul, halkeğitim merkezi, sağlık ocağı, ürün koruma ve pazarlama tesislerini, tarım makinaları tamirhanelerini içerebilir. Bunun dışında buralara yapılacak konutlarda kamu personelinin kır kesiminde sürekli kalmaları sağlanabilir. Bu nedenle kırsal merkezler, çevresinde bulunan önemli sayıda kırsal yerleşme biriminin sosyo-ekonomik ve kültürel gereksinimlerine cevap verebilecek bir şekilde donatılmalı ve

gelecekteki gelişimin doğuracağı gereksinimleri de karşılayabilecek potansiyele sahip olmalıdır.

Kırsal merkezler, hizmet ettikleri köyler grubunun bütün ekonomik, sosyal ve kültürel sorunlarını karşılamaya yeterli değildir. Bazı hizmetler, topluluklar belli bir büyüklüğe ulaşmadığı takdirde pahalıya mal olmaktadır. Çünkü, nüfus arttıkça kişi başına gider azalmakta belli bir büyüklükte bu optimuma varmaktadır. Başka bir deyişle, bazı hizmetlerin rasyonelliği hizmet edilen toplum nüfusunun belirli bir düzeyin altında olmamasını gerektirir. Bu nedenle, birkaç kırsal merkezin bağlandığı "Bölgesel Merkez"ler oluşturulur. Bu merkezler daha fazla nüfusu gerektiren ve kırsal merkezlere getirilmeyen, bölgenin kalkınmasına katkıda bulunacak her türlü hizmeti içerirler. Bölgesel merkezler, kırsal endüstrinin kurulacağı yerleşme birimleridir.

3. İŞLETME MERKEZİNİN SEÇİMİ VE PLANLANMASI

Genel anlamda tarım, toprağı ve tohumu kullanarak bitkisel ve hayvansal ürünlerin üretilmesi ve bunların çeşitli aşamalarda değerlendirilmesidir. Üretim kaynakları toprak, su, emek ve sermaye (gübre, enerji, ilaç, tohumluk ve öteki ara girdiler) gibi fizik girdileri ile üretkenlik artışı sağlayan teknolojiden oluşur. Ülkemizde toprak ve su kaynaklarımızın sınırlı olduğu gözönünde bulunursa kısa ya da uzun dönemli ürün gereksiniminin karşılanmasında tarımsal verimi arttıran yeni bilgi ve teknolojinin başarı ile uygulanmasının önemi açıktır.

Tarımsal üretimin bir bütün olarak yürütüldüğü birimler "Tarım İşletmesi" olarak tanımlanabilir. Bu niteliği ile bir tarım işletmesi bitkisel ve hayvansal ürünlerin üretildiği ve değerlendirildiği bir fabrikaya benzetilebilir. Bu fabrikanın yönetildiği, çiftçi ailesinin yaşadığı ve tarla dışı hizmetlerin planlanıp yürütüldüğü yere ise "İşletme Merkezi" denir. İşletme merkezi tarımsal üretimdeki tüm girdilerin başlangıcı, çıktıların ise dönüş yeridir. İşletme merkezi çok öğesi olan bir sistem olarak işlev görür. Kullanılan kaynakların üretimdeki verimliliğine etki yapar. İşletmenin biçimine göre değişmekle birlikte çiftçinin zamanının yaklaşık %30-60'ı işletme merkezinde geçer. Daha önce de belirtildiği gibi işletme merkezi, kırsal yerleşmenin tipine göre toplu kırsal yerleşmede köyde, dağınık yerleşmede ise işletme toprağının sınırları içinde bulunur.

Tarımsal faaliyetlerde bulunan işletmelerin bu faaliyetlerini istenilen biçimde ve rasyonel olarak yapabilmesi için işletme merkezinde birbirinden farklı yapı ve tesislere gereksinim vardır. Yapıların cins ve miktarları işletmenin biçimine ve büyüklüğüne göre değişirse de bunlar genellikle; konutlar, hayvan barınakları, koruma ve depo yapıları, ürün değerlendirme ve pazarlama yapıları, köy toplum yapıları ve öbür yapılar olmak üzere altı bölümde toplanabilir.

İşletmelerin tipine, büyüklüğüne ve çevre koşullarına bağlı olarak yukarıda sayılan yapıların hepsine ya da gereksinim ve olanaklara göre bir bölümüne rastlanır. Tüm tarımsal yapılardan beklenen en önemli istek, üreti-

me katkılı ve daha yüksek ürün kalitesinin sağlanmasında yardımcı olmalarıdır. Bu nedenle, tarımsal yapı ve tesislerden beklenen bazı önemli işlevlerin bilinmesinde yarar vardır. Bu işlevlerin önemlileri şöyle sıralanabilir:

1) Yapılar, iklim koşullarına, arzu edilmeyen canlı ve cansızlara, ses, yangın v.b. çevre ögelerine karşı bir korunma sağlamalıdır.

2) İşletmede işleri kolaylaştırmalı ve işletmecilik yönünden yararlı olmalıdır. Bu nokta, yapıların iyi bir çevre denetimi ve yeterli alan sağlaması, çeşitli yapı birimlerinin işgücünden ekonomi yapacak biçimde düzenlenmeleri ve yapıların çok yönlü kullanmaya olanak vermeleri ile gerçekleştirilebilir.

3) Tarım işletmelerindeki yapı ve tesisler, kendilerinden beklenilen işlevlerden vazgeçilmeden olanaklar ölçüsünde ucuza yapılmalıdır.

4) Yapı ve tesisler, işletme sahibine kıvanç vermeli ve estetik bir görünüşe sahip olmalıdır.

İşletme yapı ve tesislerinin sözü edilen bu işlevleri yerine getirmeleri, bölgenin doğal koşullarına, işletmenin biçimine ve yapıların kullanım durumuna göre değişiklik gösterir. Bunun yanında, yapıların çeşit ve miktarlarına; işletmenin nüfusu, üretilen bitkisel ve hayvansal ürünlerin miktarları, iş ve gelir hayvanlarının cinsi ve sayıları, işletmede üretilen ürünlerin işletme içinde tam veya yarı işlenmiş duruma getirilme çalışmaları, iklim koşulları, işletme sahibinin varlığı ve özel istekleri etkili olmaktadır.

Bir işletmede gereksinme duyulan yapılar değişik düzeylerde bir yatırımı zorunlu kılar. Yapılacak yatırıma genel olarak etki yapan faktörler şöyle sıralanabilir:

1) İşletmenin tipi: İşletme merkezinin (avlusunun) düzenlenmesine ve binaların çeşit ve sayılarına büyük ölçüde etki yapar. Tarım işletmelerinin biçimi, bölgeden bölgeye, bir bölge içerisinde yöreden yöreye değişebilir. Bazı tip işletmelerin yatırımı öbürlerinden yüksektir. Örneğin, monokültür tarım yapan bir işletmenin bina yatırımı aynı büyüklükteki polikültür tarım yapan işletmeye göre daha azdır. Genel bir deyişle, entansif çalışan işletmelerde bina yatırımı, ekstansif çalışanlara göre yüksektir. Bu nedenle, işletme merkezinin planlanmasında işletmenin var olan biçimi ve yakın gelecekte ortaya çıkabilecek değişiklikler gözönünde bulundurulmalıdır.

2) İşletme büyüklüğü: Öbür koşullar aynı kalmak koşulu ile, çoğunlukla küçük işletmelerde binalara yapılan yatırımın işletme sermayesine olan oranı, büyük işletmelere göre daha yüksektir. Bunun nedeni, örneğin konut gibi, bazı gereksinmeleri karşılayacak yapıların işletme büyüklüğüne bağlı olmaksızın belirli bir büyüklükte yapılması zorunluluğundadır.

3) Verimlilik: Genel olarak bitkisel ve hayvansal üretimde görülen artışlar, yeni binaların yapılmasını veya var olanların genişletilmesini gerektireceğinden, işletmede bina sermayesinin yükselmesine neden olur. Ancak, bu durum sahipleri tarafından işletilen işletmeler için söz konusu olup, başkalarınca çeşitli şekillerde işletilen işletmeler için geçerli değildir.

4) Gelir durumu: Bina yatırımının fazla olması bazı durumlarda yüksek gelirin nedeni, bazı durumlarda ise, yüksek gelirin bir sonucudur. Fakat, her iki durumda da gelir düzeyi ile bina yatırımı arasında olumlu bir ilişki vardır.

5) İklim koşulları: Çoğunlukla binalara yapılan yatırım iklim koşullarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Örneğin, iklim koşullarının sert geçtiği bölgelerde ağır yapılar gerekeceğinden buralarda binalara yapılacak yatırımlar ılık iklim bölgelerinde aynı amaç için yapılacak olanlara göre yüksek olacaktır. Çünkü, iklimi sert yörelerde sıcaklık, yağış, rüzgar v.b. gibi çevre koşullarından daha dikkatli bir şekilde korunmak zorunluluğu vardır.

6) Mülkiyet durumu: İnsanlarda, sahip oldukları nesneleri daha iyi daha güzel yapma ve bundan kendine bir övünme payı çıkarma özelliği vardır. Bu özelliğin bir sonucu olarak, mülkiyetin verdiği övünç, binalara yapılan yatırımı yükseltmektedir. Bu durum, verimlilik ve gelir düzeyindeki artışa koşut olarak ortaya çıkıyor ise uygun olabilir. Değilse bina yatırımının işletme sermayesi içindeki oranının gereğinden fazla artmasına neden olacağından, işletmenin sürekliliğinde olumsuz etkileri görülür.

Ayrıca tarımla uğraşan halkın kökeni, gelenek ve kültür düzeyleri, tarım yöntemlerinde ortaya çıkan değişmeler, yeni uygulamalar ve iş ekonomisi sağlayan yeni araç ve gereçlerin kullanılması, yörenin ulaşım ve pazar durumu gibi etkenler de binalara yapılan yatırıma etkili olan diğer nedenleri oluşturur.

Olağan koşullarda bulunan sağlıklı bir tarım işletmesinde bina ve tesislere yapılacak yatırımın, normal koşullar altında, işletme aktif sermayesinin % 20-25 i arasında olması istenir.

Tarımsal yapıların üretime katkılı olmaları bunların önce işlevsel olarak planlanmalarını zorunlu kılar. Bu bakımdan planlamada aşağıda belirtilen noktalar önemle gözönünde bulundurulmalıdır.

1) Tarım işletmelerinde yapı ve tesislere yapılacak yatırım, işletmelerin gereksinim ve gelir düzeylerini aşmamalıdır.

2) Yapı ve tesisler işletme biçimi ve tarım yöntemlerine uygun olmalıdır.

3) Yapı ve tesisler işletme biçimi ve tarım yöntemlerinde zamanla ortaya çıkabilecek değişikliklere kolayca uyabilmelidir.

4) Yapı ve tesislerin birbirlerine göre konumlarının saptanmasında ve bireysel düzenlemede, işgücünde ekonomi sağlama ön planda tutulmalıdır.

5) Yapı ve tesislere yatırılacak kaynak sınırlı ise, sürekli yapılar yerine geçici yapılar gözönünde bulundurulmalıdır.

6) Planlamada, işletmede çok yönlü bir kullanıma olanak verecek ve verimliliğin yükseltilmesine katkıda bulunacak yapılara öncelik verilmelidir.

3.1. İşletme Merkezinin (Avlusunun) Seçimi

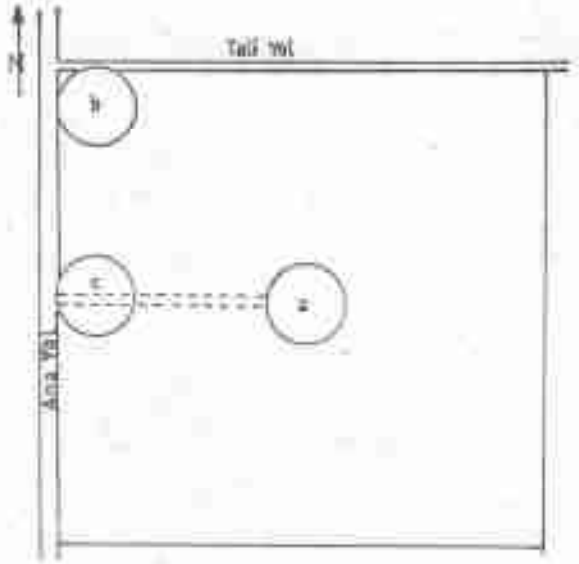
Kırsal yerleşme bölümünde belirtildiği gibi, tarım işletmeleri kırsal alanda toplu ya da dağınık yerleşmeleri oluştururlar. Toplu yerleşmelerde işletmeler, belirli bir yerde toplanmışlardır. Dağınık yerleşmelerde ise tüm yerleşme alanına dağılmışlardır. Tarım işletmelerinin merkezi, kendi toprakları içerisindedir. Yerleşme biçimi ne olursa olsun işletme merkezleri aynı ilkelerden yararlanarak düzenlenirler. O nedenle, burada değineceğimiz faktörler dağınık yerleşmelerde işletme merkezinin, toplu yerleşmelerde ise, köyün yapı ve tesislerinin yapılacağı yerin (köy yeri) seçimi için geçerlidir.

Olağan koşullar altında, işletme merkezi yerinin seçiminde gözönünde bulundurulması gereken faktörler; 1) İşletme merkezinin araziye göre konumu, 2) Topoğrafik koşullar, 3) Su sağlama, 4) Toprak koşulları, 5) Yön ve görünüm, 6) Egemen rüzgarlar olmak üzere altı bölümde toplanabilir.

İşletme Merkezinin Araziye Göre Konumu:

İşletme merkezinin araziye göre yerinin seçilmesinde tarlaların yeri ve dağılışı gözönünde bulundurulmalıdır. İşletme merkezinin yeri, bütün tarlalara ve faaliyet merkezlerine kolayca erişebilecek biçimde seçilmelidir. Ulaşım olanağı sağlayan yolların kısalığı işletmede verimliliği artırır. Hayvanlar, otlatma alanlarına ulaşmak için az yol almalı, tarla faaliyetlerinde yararlanılan alet ve makinalar en kısa yoldan kullanılacağı yerlere ulaşılabilmelidir. Bu nedenle, tarladan işletme merkezine, işletme merkezinden tarlaya, çalışma yerlerine gidiş ve gelişleri kısaltmak amacıyla; işletme avlusunun işletme arazisi ortasında yerleştirilmesi uygun olabilir (Şekil 3.1.a). Ancak, bu durumda işletme merkezinin ana yola özel bir yolla bağlanması gerekecektir. Bu yolun ek yapım ve bakım külfeti yanında merkezin ana yoldan uzak olması, öteki hizmetlerin sağlanmasında daha fazla yatırımı zorunlu kılacaktır.

İşletme merkezinin, arazinin bir köşesine yerleştirilmesi durumunda (b) köşedeki tarlalara olan uzaklık artar. Alt yapının ucuz olmasına karşın, avlunun gelişmesi iki yönde sınırlandırılacağı için, böyle bir durum arzu edil-



Şekil 3.1. İşletme avlusunun araziye göre konumu.

mez. Avlu yerinin arazinin yol kenarındaki sınırın ortasında seçilmesinin (c) birçok yararları vardır. Tarlalara olan uzaklık oldukça kısalmış, işletme sahibi ek bir yol yapım ve bakım sıkıntısından kurtulmuş olur. Bu nokta, işletmede ailenin sosyal tesislerle ilişkisi ve işletmede üretilen ürünlerin taşınması bakımından da önemlidir. Aynı zamanda işletme avlusunun gelişmesine üç yönde olanak verir. Çiftlik avlusunun ana yol ya da ikincil yol kenarından seçilmesi daha çok kişisel bir yeğleme işi olup, yoldaki trafiğe ve yolun durumuna bağlıdır. Ana yolda ulaşım yoğunluğunun fazla olması durumunda avlu yeri ikincil yol kenarında seçilebilir.

İşletme arazisi her zaman şekilde gösterildiği gibi kare ya da dikdörtgen biçiminde olmayabilir. Böyle durumlarda yine yukarıda belirtilen ilkeler gözönünde bulundurularak uygun bir avlu yeri seçilebilir.

Topoğrafik Koşullar:

Topoğrafik koşullar tarım arazisinin belirli bir amaç için kullanılışlılığına, drenaj ve çiftlik uğraşlarına etki yaptığından avlu yerinin seçiminde gözönünde bulundurulur. İşletme avlusu kurulacak yerin yüksekçe ve drenaj koşullarının iyi olması istenir. İşletme merkezinin arazinin yüksekçe yerlerinde kurulması; drenaj kolaylığından başka arazinin kolayca denetimine ve görünümün güzel olmasına olanak verir. İşletme avlusundaki binalar çev-

resinde drenaj koşullarının iyi olması insan ve hayvan sağlığı, depolanan ürünler ve binaların ömürleri bakımından da önemlidir. İşletme avlusunun iç ulaşımı, drenajı iyi avlularda daha kolay sağlanır ve bakım giderleri azalır. Uygun eğimli bir avlu yerinin seçilmesi, yüzey sularının binalar çevresinden kolayca uzaklaşmasını sağlar.

Su Sağlama:

Günümüzde çağdaş tarım işletmelerinin su tüketimleri her geçen gün artmaktadır. Bu nedenle, işletmenin gereksinimi olan içme ve kullanma suyunun, işletme merkezindeki bir kaynaktan sağlanması, yeğlenmesi gereken önemli bir noktadır. Böyle bir su kaynağı, işletme merkezi yakınındaki yeşil alan ve bahçelerin sulanmasında da kullanılabilir.

Toprak Koşulları:

Geçmişte, işletme avlusu için en fakir toprakların seçilmesi ilkesi benimsenmişti. Bunun nedeni verimli toprakların yalnızca tarıma ayrılmış olmasıdır. Fakat bugün işletme merkezinde, yeşil alanlar, meyvelik, rüzgar siperleri v.b. tesislere de yer verilmektedir. Bu tesislerin hepsi yetişme ve gelişme bakımından verimli topraklara gereksinim gösterir. O nedenle, işletme avlusunda iyi ve fakir topraklar elverişli bir oranda bulunmalıdır. Böylece iyi toprakların işletme merkezinin organik ögelerine, fakir toprakların ise yapılara ayrılması düşünülebilir. Kumlu ve çakıllı topraklar, bitki gelişmesine uygun olmaları, yapılar için iyi bir zemin oluşturmaları nedeniyle işletme merkezi için elverişlidirler.

Yön ve Görünüm:

İşletme avlusunun yolu güney, kuzey, doğu veya batısına yerleştirilmiş olması, farklı durumlar ve etkileri ortaya çıkarır. Çünkü güneş ışınlarının, mikropların başlıca düşmanı olması nedeniyle, güneş ve binaların konumu arasında önemli bir ilişki vardır. Binaların konumu, yıl boyunca güneş ışınlarından iyi bir şekilde yararlanılacak biçimde seçilmelidir. Bu amaçla özellikle konut ve hayvan barınaklarındaki geniş pencereli yüzleri güneye bakmalıdır. Ayrıca güneş ışınlarından kışın yararlanma, yazın ise korunma için yeterli önlem alınmalıdır. İşletme avlusunda binaların yönlendirilmesinde bir başka önemli etken de görünümdür. Özellikle konutun, kır yaşamının tüm güzelliklerinden yararlanabilecek bir görüşe sahip olması, işletmedeki bireylerin mutluluğu bakımından önemlidir.

Egemen Rüzgarlar:

Egemen rüzgarların yönü, işletme yapılarının düzenlenmesine ve rüzgar siperlerinin yeri ve büyüklüğüne etki edeceğinden, avlunun seçiminde

gözönünde bulundurulmalıdır. İşletme avlusu, egemen rüzgarlar evden öteki binalara esecek biçimde yönlendirilmelidir.

İşletme avlusunda binaların düzenlenmesinde kış rüzgarlarından korunma ve yaz meltemlerinin serinlik veren etkisinden yararlanma olanakları gözönünde bulundurulmalıdır. Kış rüzgarlarına karşı doğal rüzgar siperlerinden yararlanma, yapay rüzgar siperlerinin yapım külfetini önler. Bu nedenle, işletme avlu yerinin seçiminde çevrede bulunabilecek bir koru ya da tepeden doğal bir rüzgar siperi olarak yararlanma düşünülmelidir. İşletme avlusunda ağaçlar, çitler ve yapay rüzgar siperleri uygun biçimde düzenlenirse, hem kış rüzgarlarından korunma hem de yazın gölge sağlama bakımından yararlı olurlar.

Avlu içindeki binaların birbirlerine göre yerleştirilmelerinde avlu içinin egemen rüzgarlardan korunmasına, bunun yanında egemen rüzgarların hayvan barınaklarının istemeyen kokularını konut ya da öteki servis binalarına taşımamasına özen gösterilmelidir. Aynı zamanda rüzgarın yönü ile herhangi bir binada çıkabilecek yangının ötekilerine geçmesi arasındaki ilişki de gözden uzak tutulmamalıdır.

3.2. İşletme Merkezinde Yapıların Düzenlenmesi

İşletme avlusunda binaların düzenlenmesinde gözönünde bulundurulacak temel faktörler; iş ekonomisi, yangından korunma, gelecekteki genişleme ve estetik düşüncelerdir.

1) İş ekonomisi: Çiftçinin günlük uğraşlarının büyük bir bölümü işletme avlusunda geçtiğinden binalar arasındaki yürüme uzaklığının en az düzeye indirilmesi avlunun kullanışlığında en önemli etkenlerden biridir. Bu bakımdan, binaların avlu içerisinde düzenlenmesinde faaliyetlerin tam anlamıyla incelenmesi gerekir. Böyle bir etüd ile avluda her gün yapılan işlerle, yılın bir bölümünde ya da mevsimlik olarak yapılan işler arasında bir ayırım yapmak olanağı bulunur. Bu analizler aynı zamanda çeşitli hareketlerin yürümekleri, boş mu, yüklü mü olacağını, hayvan ya da makina gücü ile mi yapılacağını göstermelidir. İşletme avlusunda var olabilecek ikinci derecede binalar ilişkili oldukları binalara kolay erişilecek bir biçimde düzenlenmelidir. Örneğin süthane inek ahırına, yem deposu hayvan barınaklarına yakın olmalıdır. Ürün depolama yapıları tarladan gelen yollar yakınına yerleştirilmelidir. Hayvan barınakları çayır ve mer'alara giden yollar üzerinde yerleştirilir ve bunların yem depoları ile ilişkileri gözönünde bulundurulur.

İşletme merkezinde yapıların bir avlu çevresinde düzenlenmeleri, en uygun ve randımanlı olanıdır. Bu şekildeki düzenlemede belli başlı bütün

yapılar, merkezi bir işletme avlusuna bakar. Bu merkezi avlunun genişliği, tarım alet ve makinalarının hareketini kısıtlamamalıdır. Bu amaçla kullanılacak genişlik en az 20 m, uzunluk ise işletmenin tipi ve büyüklüğüne bağlı olarak 30-60 m kadar olabilir. Çoğunlukla işletme avlusu ana yola bir avlu yolu ile bağlanır. Bu yolun genişliği en az 5 m olmalıdır. Konut bu yolun bir tarafına yerleştirilir. Bu tip düzenlemenin birçok yararları vardır. İşletme merkezine gelenler öteki yapıların arasından geçmeksizin doğrudan eve gelebilirler.

Yangından Korunma:

İşletme merkezinin planlanmasında yangından korunmaya karşı gereken önem verilmelidir. İşletmede depolanan yataklık, ot, saman gibi maddelerin yanma dereceleri yüksek olduğundan işletme avlusundan her zaman yangın tehlikesi söz konusu olabilir. Bu nedenle, olası bir yangının bir yapıdan öbürüne sıçramasının önlenebilmesi amacıyla egemen rüzgarlar da gözönüne alınarak binalar arasında yeterli açıklık bulundurulmalıdır.

Binaların birbirlerine göre durumlarının saptanmasında rüzgarın, yangın kıvılcımlarını bir yapıdan diğerine sıçratmamaları için gerekli önlemler alınmalıdır. Yanıcı maddeler ayrı bir yerde ve öteki yapıları güvenliğe alacak bir uzaklıkta depolanmalıdır. Yangına karşın güvenlik yönünden, koşulların uygun olması durumunda, işletme avlusunda bir yangın havuzunun yapılması düşünülmelidir.

Gelecek Genişleme:

Günümüzde tarım işletmelerinde çağdaş tarım yöntemlerinin uygulanması yıldan yıla artmaktadır. Bu durum, işletme avlusunda binaların genişletilmesini gerektirmektedir. Bu nedenle, işletme avlularının bu genişlemelere uyacak esneklikte planlanmaları zorunludur. İşletme binalarının genişlikleri genel olarak, binaların işlevlerine bağlı olduğundan, binaların kapasitelerinin artırılması, uzunluklarının artırılması ile sağlanır. Bu bakımdan işletme avlusunda yapılar zamanla uzatılabilecek şekilde düzenlenmelidir.

Estetik Düşünceler:

İşletme avlusunun planlanmasında, estetiğe olanaklar ölçüsünde uyulmalıdır. Avlu içindeki yapılar konuttan bakıldığı zaman en güzel kır görünümünü sağlayacak şekilde düzenlenmelidir. Gerçi mimari bakımdan, işletme avlusunu oluşturan binaların aynı formda olması zorunlu değilse de hatlar, renkler, kullanılan malzeme ve boyutlar bakımından bir uyumun sağlanmasına özen gösterilmelidir.

Hayvan yemleme yerleri, hayvan barınakları ve yeter derecede güzel görünüme sahip olmayan binalar, avluda uygun bir ağaçlama ile perdelenmelidir.

İşletme avlusunun yeri seçildikten sonra, inşaata başlamadan önce, planlamaya etkili bütün etkenler gözönünde bulundurularak, kağıt üzerinde işletme avlusunun tam bir planı (durum planı) hazırlanmalıdır. Böyle bir planda avlu ve binaların gelecekteki gereksinimleri karşılayıp karşılamayacağı hakkında karar verilir. Aynı zamanda, gerekli değişiklikler kağıt üzerinde kolayca yapılabilir.

Avlu planlarının geliştirilmesine ilişkin ilke ve aşamaları belirtmeden önce, avlu içindeki yapıların düzenlenmesinde uygulamada karşılaşılan örneklere ve bunların yarar ve sakıncalarına değinmek uygun olacaktır.

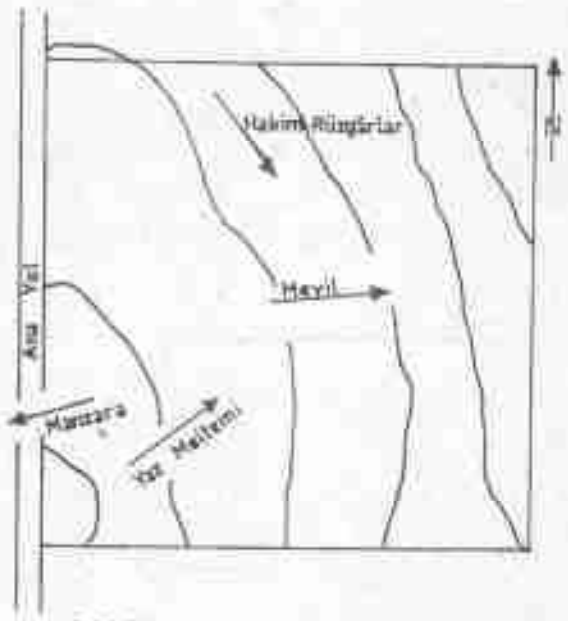
Avlu planlarının geliştirilmesinde işletme merkezini oluşturan binaların birbirleriyle ilişkisini çok iyi incelemek gerekir. İşletme merkezini oluşturan binalar ya toplu ya da dağınık olarak yerleştirilebilir. Bunlardan birinci uygulama en yaygın olanıdır. Yapılar bir avlu içerisinde birbirine yakın veya bitişik olarak inşa edilir. Böylece işgücünden ekonomi sağlanır. Bu tipin işletmeye sağladığı diğer yararlar ise binalar için daha az arsanın kullanılması, inşaatta maliyet düşüklüğüdür. Buna karşın, yangın tehlikesi olasılığının fazlalığı ve sağlık koşullarının yetersizliği önemli bir sakıncadır. Binaların gelişme olanakları az veya hiç yoktur.

İkinci düzenleme şeklinde ise, binalar birbirlerinden yeterince ayrılmışlardır. Yangın tehlikesi kolayca önlenebilir ve daha uygun sağlık koşulları sağlanabilir. İşletmedeki yapı ve tesislerinin genişleme olanağı vardır. Buna karşın bu tip düzenlemede işletme avlusu için daha geniş bir alana gereksinim duyulur ve binalara yapılan yatırım yüksektir. Ancak, bu tipin en önemli niteliği her türlü topoğrafik koşullarda kolaylıkla uygulanabilen avlu düzeni karakterini göstermesidir. Bu nedenle, örnek olarak aldığımız ve ana uğraşı sütçülük olan işletmede bu tip bir avlu düzenlemesinde izlenecek ilkelere değinilecektir.

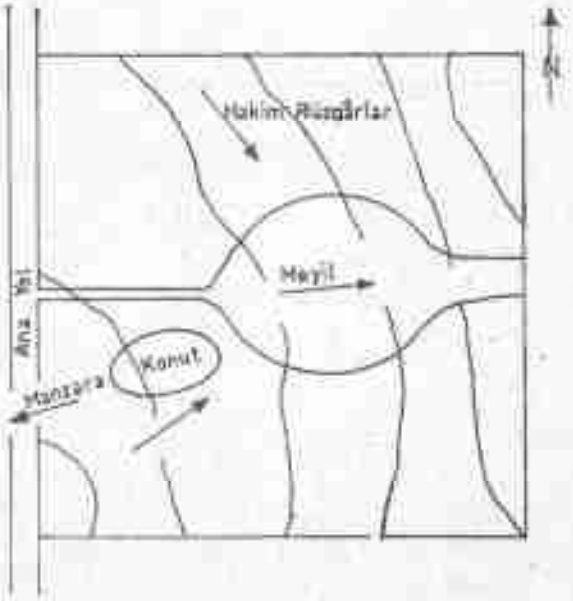
İşletme avlusunun planlanması şu aşamalarda gerçekleştirilir.

1) Avlu yeri seçilir seçilmez buradan topoğrafik haritasının çıkarılması, planlamada birinci aşamayı oluşturur. Bu harita üzerinde, eş yükseklik eğrileri, yollar, egemen rüzgarların yönü (yaz ve kış), meyil ve görünüm gösterilir (Şekil 3.2). Bu amaçla hazırlanan haritaların ölçekleri 1/200–1/500 arasında değişir.

2) İkinci aşamada, avlu giriş yolu, konut ve servis avlusu ana hatları ile harita üzerine yerleştirilir (Şekil 3.3).



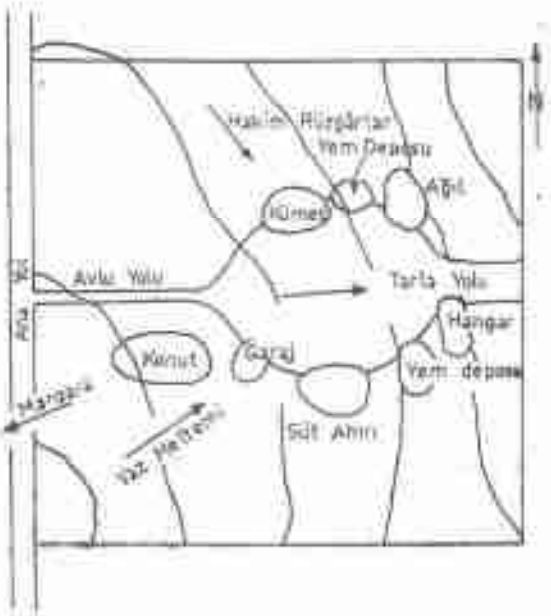
Şekil 3.2. Avlu yerinin topoğrafik haritası.



Şekil 3.3. Servis avlusu ve konutun yerleştirilmesi.

Konut için düşünülen yer, işletmenin en yüksek ve havadar kısmında olmalıdır. Yaz meltemleri ve kış rüzgarları işletmeyi yalayıp konuta gelmemelidir. Ev, ana yoldan en az 30 m içerde olmalıdır. Eğer ana yoldaki trafik çok yoğun, gürültülü ya da yol çok tozlu ise, bu uzaklık 50–60 m ye çıkarılabilir.

3) İşletmenin tipine göre belli başlı yapı grupları, konutla olan ilişkileri de gözönüne alınarak avlu etrafına yerleştirilir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Avluda belli başlı binaların yerleştirilmesi.

Tarım işletmelerinde hayvan barınakları en önemli yapı gruplarındandır. Çift sıralı ahırlar, genişlik çoğunlukla 10–11 m kadardır. Uzunlukları barındırılacak hayvan sayısına göre değişir. Çift sıralı ahırlar avluda güney-kuzey doğrultusunda yerleştirilir. Böylece, iki sırada bulunan hayvanların güneş ışınlarından eşit olarak yararlanması sağlanmış olur. Tek sıralı ahırlar, ilke olarak doğu batı doğrultusunda yerleştirilir.

Hayvan barınaklarının hemen yanında yeşil yem gereksinimin karşılanması için silo ya da hiç olmazsa haftalık yem gereksinimini karşılayacak yem depoları olmalıdır. Koku, sinek ve gürültünün önlenmesi için hayvan barınakları, konuttan en az 30–40 m uzakta yapılmalıdır. Yem depoları, yem taşımayı kolaylaştırmak için hayvan barınaklarına yakın olmalıdır. 15–20 m lik bir açıklık, hem taşıma hem yangından korunma için yeterlidir.

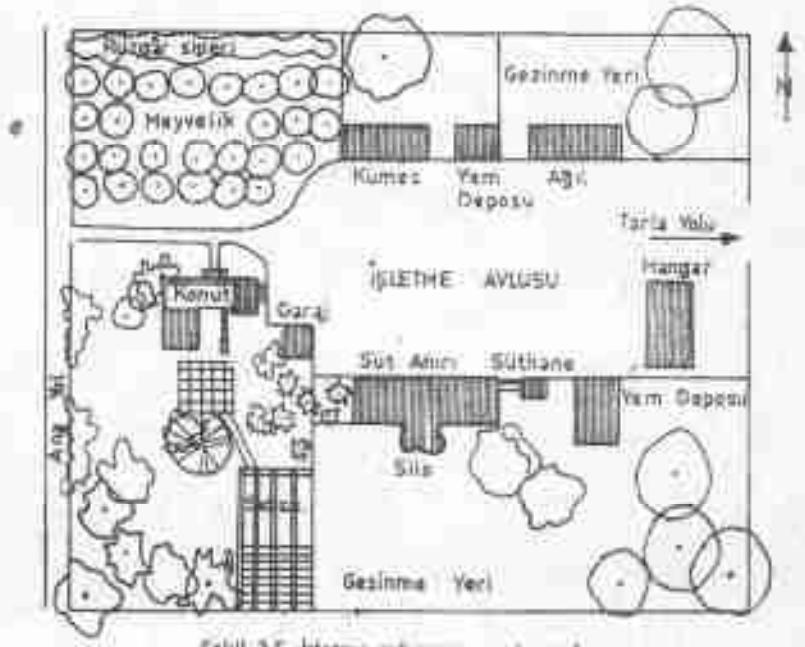
Yemlemede ve yumurta toplamada verimliliği sağlamak için tavukçuluk tesisleri eve yakın yerleştirilmelidir. Tavuk kümeslerinin normal olarak konuttan 30 m uzaklıkta olmaları yeterlidir. Kış aylarında güneş ışınlarından yararlanmak için kümeslerin ön yüzü güneye bakar ve doğrudan bir gezinme avlusuna açılır.

Koyun ağılları ve kasap hayvan sundurmaları da sürünün büyüklüğüne ve mer'aların yerine göre hayvan barınaklarına ayrılan alanda düşünülür. Ancak, bunlar daha çok avlunun tarla yoluna yakın kısmına yerleştirilir.

Alet ve makina hangarları ahırlar yakınına yapılabilirse de yangın tehlikesi ve gürültüye karşı bir önlem olarak, bu binaların hayvan barınaklarından en az 15 m uzaklıkta olması önerilir. Bu yapılar için yer seçiminde işletme merkezinin tarla yolu ile olan yakın ilişkisi gözönünde bulundurulur.

4) Belli başlı işletme yapı grupları avluda yerleştirildikten sonra, öteki yapıların yerleri seçilir. Bu binalar için de yer seçiminde etkili bir düzenlemenin ilkelerine uyulur. İşletme avlusunda yapı gruplarının, hayvan gezinme yerlerinin çevrelenmesinde çit ve padoklara gerek vardır. Hayvan gezinme yerlerinin etrafında dikenli teller kullanılabilir. Fakat kafes teller ve kalın çıtalı çitler bu amaca uygundur.

5) Bu aşamada, avlunun kesin vaziyet planı tanımlanır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. İşletme avlusunun vaziyet planı.

Binaların yerleri saptandıktan sonra, her bir bina ölçek dahilinde vaziyet planı üzerine geçirilir. Avlunun bahçe, meyvelik, çitler, kapıları gibi eklentileri yerleştirilir. Eğer avluda ek yapay rüzgar siperine gereksinme duyuluyor ise, bunlar yerleştirilir. Rüzgar siperleri çeşitli büyüklükteki birkaç ağaç sırasından oluşur. Bunların, yaz mevsiminde olduğu kadar kışın da işlevlerini yapabilmeleri için, yapraklarını dökmeyen ağaçlara da yer verilmelidir. Rüzgar siperlerinin uzunluk ve genişlikleri rüzgarın şiddet ve yönüne bağlı olacaktır. Bazı durumlarda tek sıra ağaçlar olabildiği gibi 50–60 m genişlikte de olabilirler. Normal koşullarda 10–20 m genişlik yeterlidir.

Rüzgar siperleri yanında, işletme avlusu ve dolayında görünümün güzelleştirilmesi, gizlenmesi gereken bazı binaların ayrılması için ek ağaçlamaya gereksinme duyulabilir. Daha sonra avlunun yeşil alanları da düzenlendikten sonra işletme avlusunun planlaması bitirilmiş olur.

Kağıt üzerinde hazırlanan bu planın, tam olarak uygulanması yıllar alabilir. Yeni kurulan işletmelerde hangi binalara öncelik verileceği işletmenin şekline ve gereksinmelere bağlıdır. İnşaatta işletme evine ve ana binalara öncelik verilmelidir. Plân üzerinde gösterilen ikinci derecedeki yapılar belki hiç gerçekleşmeyebilir. Ancak, iyi bir planda, gelecekteki gelişmeler de doğruya en yakın bir biçimde yer almalıdır.

4. İŞLETME YAPILARI

Bu bölümde tarım işletmelerinde üretime doğrudan ya da dolaylı biçimde etki yapan belli başlı yapıların genel nitelikleri ile planlamada gözönünde bulundurulacak temel ilkeler kısaca incelenecektir.

4.1. İşletme Konutu

Konutların işlevi, yalnızca içerisinde bulunan insanları dış koşullardan korumak değil, aynı zamanda sağlık koşullarına uygun, rahat bir yaşam sağlamaktır. Bu bakımdan ister kentte ister kırsal alanda olsun, içerisinde yaşayan bireylerin konutlardan bekledikleri farklı değildir. Yararlanılan standartlar ve planlama ilkeleri aynıdır. Ancak, uygulamada kırsal konutlar, kenttekilerden biraz değişik olarak işletmelerin var olan koşullarına göre planlanır. Bu değişiklik, planlama ilkelerinin ve gereksinimlerine göre ayarlanmasından ortaya çıkmaktadır. Buna karşılık yemek hazırlama, dinlenme, temizlik, konuk kabulü, uyuma gibi faaliyetlerin oluşacağı alanların bir düzen içinde yerleştirilmesi, malzemenin kullanılışı, inşaat tekniğine ilişkin ilkeler konut nerede yapılırsa yapılsın hemen hemen aynıdır.

Tarımsal işletmelerde konutlar işletmenin ayrılmaz bir parçası olduğundan, planlamada konutların tarımsal uğraşlara uygunluk göstermesinin sağlanabilmesi önemlidir. Konutlar, aynı zamanda işletmenin bir iş merkezi olarak da kabul edilebilir. Bu nedenle, kentlerdekinden farklı olarak, çalışma yerlerinin, mutfağın boyutları ve konumu, yiyeceklerin hazırlandığı ve korunduğu yerlerin, yıkanma yerlerinin amaca uygun bir şekilde düzenlenmesi gerekir.

Bir işletme merkezinde konut yerinin seçilmesinde, kentlerdekine göre daha geniş olanaklar vardır. Öbür işletme yapıları ile olan ilişkilerine dikkat edilmek suretiyle konut; görünüm, eğim, güneş ışınları ve rüzgardan korunma gibi etkenlerin en uygun bir biçimde düzenlenmesinin sağlanabileceği bir yerde yapılmalıdır. Günlük yaşamın yorucu uğraşlarından sonra insanı huzura kavuşturacak güzel bir ev bahçesinin kurulma olanaklarının

varlığı da, işletmelerde konutların daha çekici bir duruma getirilmesine yardımcı olur.

Konutlarda çeşitli alanların aile gereksinmelerine yeterliliklerinin sağlanması, işletme evinin konforunda önemli bir etkendir. Yine aynı nedenle, pencere ve kapıların sayı ve boyları, merdivenler, bunların uygun yerlere yerleştirilmesi ve öteki ayrıntılar da konutlardaki faaliyetlere uyacak şekilde düzenlenmelidir.

Konutların fonksiyonel bir biçimde planlanmasında gözönünde bulundurulacak faktörler üç bölümde toplanabilir:

1) Her oda, düşünülen yararlanma şekline uygun bir biçimde planlanmalıdır. Bu amaçla odalar, eşya ve möblenin uyumlu bir şekilde düzenlenmesi ve aile bireylerinin normal iş ve uğraşları için yeterli alana sahip olmalıdır.

2) Konutta odalar ve çeşitli alanlar uygun ve yer artımı sağlayacak biçimde düzenlenmelidir.

3) Konutu oluşturan ögeler, konut içerisindeki geliş gidişi ve iş sirkülasyonunu aksatmayacak şekilde planlanmalıdır. Planlamada aynı zamanda işletmenin ekonomik gücü, yörenin töreleri, eldeki iş gücünün niteliği ve çevre koşulları da gözönünde bulundurulmalıdır.

Konutların belirli bir koşula uyacak şekilde planlanmasında da birçok seçenekler olabilir. Bunların başlıcaları:

(1) Konutun ön yüzünün sokakla ilişkisi,

(2) Kış güneşi ve yaz meltemlerinden yararlanma,

(3) Odaların sayısı ve büyüklükleri,

(4) Kat sayısı ve konutun şekli,

(5) Genişleme olanağı.

Bütün bu seçeneklere karşın planlamada ilk adım, bütün konutlar için esas olan birimlerden işe başlamaktır. Çünkü, konutların ortak niteliklerinin saptanması, ayrıcalıklarının saptanmasından çok daha önemlidir. Ana ilkeler bulunduktan sonra fonksiyonel planlar özel koşullara, işletme sahibinin isteklerine göre değiştirilebilir veya düzenlenebilir.

Her konut planlamasında yerine getirilmesi gereken ana ilke, "öncelik alanları" denilen ve her konutta bulunması zorunlu olan ana birimlere ilişkin alanların planlanmasıdır. Öncelik alanları üç grup altında toplanabilir.

1) Sosyal yaşantı alanları: Bu bölüm konutun, ailenin oturması, grup faaliyetleri, okuma, çalışma, konuk kabul etme, eğlenme ve yemek yeme

yerleridir. Bu yer, konutun topluma açık kısmı olarak da düşünülebilir. Oturma odasına ek olarak bu ana birim, antre (giriş), hol, taraça, yemek odası v.b. birimleri de içerir.

2) Dinlenme alanları: Bu bölüm evin özel veya dinlenme köşesidir. Dinlenme alanı, yatak odaları, hela, banyo ve özel eşyalar için depolardan oluşur. Çoğunlukla konutlarda "sosyal yaşantı ve dinlenme" yerleri tek bir birim olarak planlanır. Eğer diğer katlarda ve ek kanatlar da yatak odaları var ise, bunlar da aynı şekilde gizlilik ve dinlenme koşulları gözönünde bulundurularak planlanır.

3) İş alanları: Bu bölüm konutun iş yerleridir. Ev kadını, günlük çalışma zamanının % 50 sine yakın bir kısmını buralarda geçirir. Bu kısımdaki birimler mutfak, iş odası ve çamaşır yıkama yerinden oluşur. Aile yemeklerinin yenmesi, evdeki araç, gereç ve erzak için de bu bölümde yer sağlanmalıdır.

Bununla birlikte bu üç alan bir konut içerisinde birbirinden kesin çizgilerle ayrılamaz. Buna karşın yine de bir konut planı, planlama ilkesi yönünden bu üç ana birimi mutlaka içermelidir. Çünkü bu birimlerin birbirleriyle olan ilişkileri çok önemlidir. Bir konutun değeri bu üç ana alanın uyumlu bir şekilde düzenlenmesi ile ölçülür.

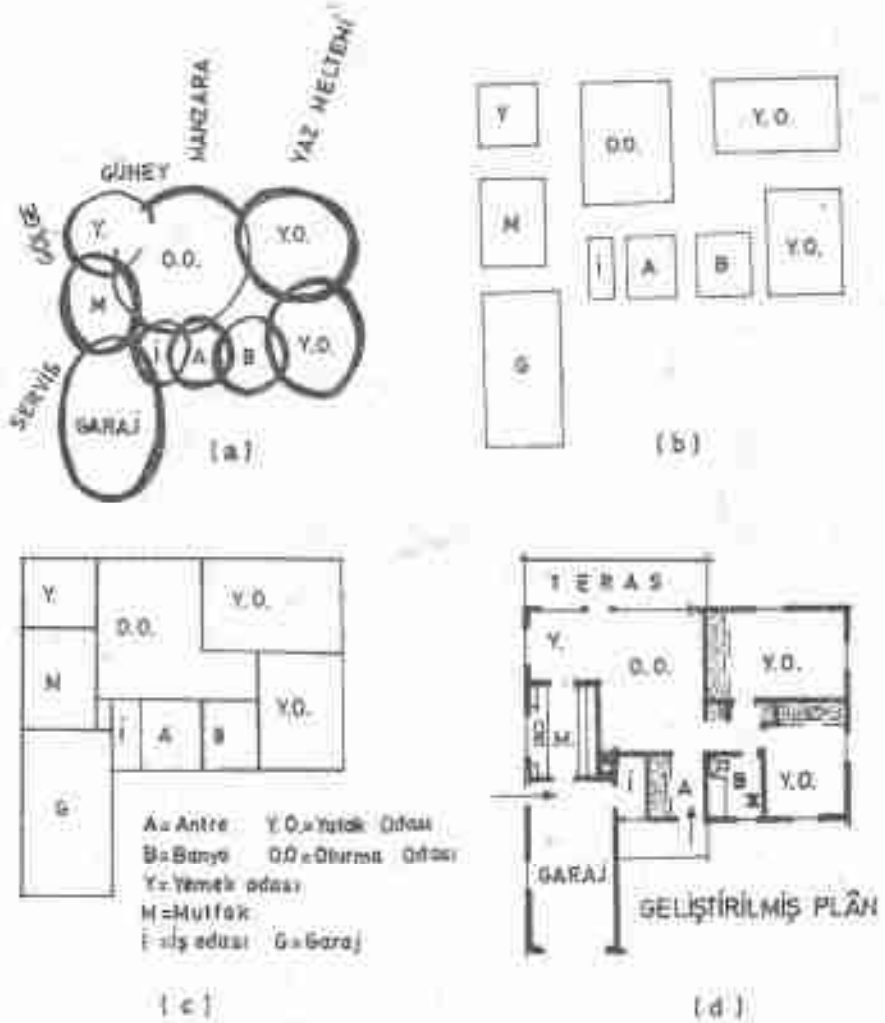
İşletme merkezinde konutun yerleştirilmesinde, yol ve işletme avlusuna göre konumu gözönünde bulundurulur. Konutu oluşturan birimlerin birbirleriyle olan ilişkilerinin saptanmasında dış koşullar, manzara, yaz meltemleri ve güneş ışınları gözönünde bulundurulur. Şekil 4.1 de bir işletme konutunun planlanmasındaki aşamalar şematik olarak gösterilmiştir.

4.2. Hayvan Barınakları

Tarımsal işletmelerde hayvan barınakları, işletmedeki en önemli yapı gruplarındandır. Hayvancılık fazla bakım ve özene gereksinme gösterdiğinden, çiftçi zamanının çoğunu burada geçirir. Bu nedenle hayvan barınakları planlanırken hayvanların özel istekleri yanında insan faktörü de sürekli olarak gözönünde bulundurulmalıdır.

Bir tarım işletmesinde hayvan barınaklarının çeşidi ve büyüklüğü, hayvancılığın biçimine ve hayvan sayısına göre değişir. Hayvan barınaklarının kapasitesi, işletmenin çayır mer'a varlığına, kesif ve kaba yem üretimi ile ekonomik olanaklarına göre hesaplanmış olan hayvan sayısı için yeter büyüklükte olmalıdır.

Tarımsal işletmelerdeki hayvancılığın biçimi yetiştirilecek hayvan türlerine, işletmenin özel koşullarına ve pazar isteklerine göre değişmektedir.



Şekil 4.1. İşletme konutunun planlanma aşamaları.

İşletmede yapılacak hayvancılığın biçimi ise, hayvan barınaklarının planlanmasına etkili olmaktadır.

Hayvan barınakları planlanırken genel olarak aşağıdaki ilkeler gözönünde bulundurulur:

1) Hayvan barınaklarının, işletme merkezinde öbür yapılarla bütünleşmeye olanak verecek şekilde yerleştirilmesi,

2) Hayvanların optimal çevre isteklerinin karşılanması,

3) İşgücünün randımanlı bir şekilde kullanılması,

4) Üretimin artırılması ve üretimde kalitenin yükseltilmesi,

5) Barınakların ekonomik olması.

Hayvan barınaklarında hayvan sağlığı ve optimum üretim için gerekli olan koşullar, bugünün inşaat tekniği, malzeme ve ekipmanları ile kolayca sağlanabilirse de, ekonomik koşullar ve işletme programı her zaman çevre koşullarının uygun bir şekilde denetimine olanak vermeyebilir. Bundan başka bölgenin doğa koşulları ve hayvancılığın şekli de, inşaatın şekline etki yapar.

Doğa koşulları, farklı bölgelerdeki planlamalarda ayrılıkların ortaya çıkmasına neden olur. Örneğin, güney bölgelerinde, ön yüzü açık kümesler, yarı açık ahırlar, bu bölgelerde yapılan hayvan barınaklarının ortak niteliklerindendir. Kontrollu sıcaklık ve havalandırma zorunlu değildir. Yazın yüksek sıcaklığa karşı korunma, kışın ısıtmadan daha önemlidir. Buna karşılık, orta ve doğu bölgelerindeki hayvan barınakları daha korunmuş olarak yapılırlar.

Hayvan barınaklarının planlanmasında en önemli noktalardan biri de çevre istekleridir. Hayvanların cins, ırk ve yaşlarına bağlı olarak bu isteklerin optimum sınırlarından farklılık görülürse de, bütün hayvanlar için ortak olan yemleme, su, sıcaklık, bağıl nem, havalandırma, aydınlatma, sağlık koşulları ve hareket olanağı gibi çevre istekleri planlamada daima göz önünde bulundurulur.

Hayvansal üretimde yemleme çok önemlidir. Çeşitli hayvan ırklarının yem istekleri bugün artık bilinmektedir. Yemle hayvan ilişkileri sınırlı (duraklı ahır sisteminde yemlemenin belirli zamanlarda yapılması nedeniyle), kendi kendine yemlemede sınırsız veya mer'a hayvancılığında olduğu gibi hayvanın kendi çabasına bağlıdır. Beslemenin amacı, tüketilen yeme karşılık gerek nicelik gerek nitelik yönünden en yüksek verimi elde etmektir. Bu da, tekniğine uygun bir yemleme ile sağlanabilir.

Su hayvansal üretimde esastır. Sağlık koşullarının yerine getirilmesi hayvan barınağının temizliği ve hayvanın su gereksinimi ile ilgilidir. Bu nedenle, işletmedeki hayvan ırkı ve sayısı dikkate alınarak, gerekli suyun her zaman ve kolayca temin edilmesi istenir.

Hayvanlar için optimum çevre sıcaklığı geniş sınırlar arasında değişir. En son araştırmalardan elde edilen sonuçlar, eskiden inanıldığı gibi, hayvanların çoğu kez soğuk havalardan çok fazla korunmaya gereksinme duymadıklarını ortaya koymuştur. Yine yapılan araştırmalar 30°C nin üstündeki sıcaklıklarda hayvanların dondurucu hava koşullarından daha çok etkilen-

diklerini göstermektedir. Bu nedenle, sıcak yaz aylarında gölgeliklerin sağlanması, üzerinde önemle durulacak bir konudur. Fazla sıcaklık ekstremleri ve ani sıcaklık düşmeleri yemleme verimine ve dolayısıyla üretim miktarına olumsuz yönde etki yapar.

Hayvan barınaklarında bağıl nemin hayvanlar üzerindeki etkisini sıcaklıkla birlikte düşünmek gerekir. Çünkü belirli sıcaklıklarda, belirli sınırlar içinde değişen bağıl nemin hayvanlar üzerindeki etkisi hemen hemen aynıdır.

Hayvan sağlığı, barınak havasının temizliği ile yakından ilgilidir. Barınak havasının temizliği ise, hayvanların yaydıkları ısı, su buharı ve oluşan zararlı grazların, oluşum hızına uygun bir şekilde dışarı atılmasıyla, başka bir deyişle, havalandırma ile sağlanabilir. Barınaklar açık yapıldığı takdirde havalandırma bir sorun değildir. Fakat durgun, nemli ve sıcak havanın yeter derecede değiştirilme olanağına sahip olmayan kapalı binalar sakıncalıdır. Havalandırma, kışın nem yoğunlaşmasının önlenmesi, yazın ise hava akımının sağlanması için gereklidir. Havalandırmayı sağlayabilmek için gereken hava akımı, hayvan cinsine göre değişir. Önemli olan nokta hava akımının, hayvan sağlığını olumsuz yönde etkilemeyecek bir düzeyde tutulmasıdır.

Hayvan barınakları planlanırken yeterli aydınlatma sağlanmalıdır. Çünkü, aydınlatma, özellikle hayvan barınaklarında sağlık koşullarının teminide önemlidir. Hayvanların öncelikle doğal aydınlatmadan yararlanmasına çalışılmalıdır. Bunun için, bırakılacak pencere boşluk alanı, hayvan cinsine ve barınağın fonksiyonuna göre değişir. Pencere alanının hayvan barınağında günlük işlerin kolayca yapılabilmesi için yeterli aydınlığa olanak vermesi istenir. Pencere alanlarının artırılmasıyla doğal ışığın şiddet ve miktarı da artar. Bu durumda ise, soğuk kış aylarında ısı kayıpları fazla olur. Bu nedenle, hayvan barınaklarında pencere yüzeyleri hesaplanırken bölgenin iklim koşulları, yapının işlevi ve hayvan ırkı gözönünde bulundurulmalıdır.

Hayvan barınaklarında doğal aydınlatmanın yanında yapay aydınlatma da yapılır. Yapay aydınlatmanın amacı, doğal aydınlatma olanağının olmadığı zamanlarda işlerin aksamadan yürütülmesidir.

Bir başka çevresel istek de, hayvanların hareket olanağıdır. Aslında, hareket olanağı özellikle işletme ve yemleme sitemlerine bağlı bir çevre koşuludur. Çabuk semirme için hayvanların hareket etmesi pek istenmez ise de, hayvan yetiştirmede ana öğelerden birisidir.

Hayvan barınaklarının projelenmesinde gözönünde bulundurulacak diğer önemli bir nokta da, işgücünün randımanlı bir şekilde kullanılmasıdır. Hayvansal üretim, bitkisel üretime göre daha fazla iş saatine gereksinme gösterir. Örneğin, süt ve yumurta üretiminde yapılan işin % 80 i yapılar

içinde ve çevresinde toplanır. Hayvansal üretimde yapılan işler başlıca şöyle özetlenebilir:

1) Yemleme,

2) Sulama,

3) Yataklık değiştirme,

4) Gübrenin kaldırılması,

5) Üretilen ürünün toplanması ve işlenmesi,

6) Hayvanın gruplara ayrılması, kastre edilmesi, boynuzlarının kesilmesi, işaretlenmesi, aşılanması gibi özel işler,

7) Hayvanların pazara gönderilmesidir.

Bu noktaların incelenmesinden de görüleceği gibi harcanan zamanın ve yapılan işin büyük bir kısmı malzeme ile ilgili olup, malzemenin toplanıp araçlara yüklenmesi, taşınması, boşaltılma ve dağıtılması aşamalarını kapsamaktadır. Bu işler, bazı araç ve gereç kullanarak elle yapılabildiği gibi, ekonomik yönden gelişmiş işletmelerde modern alet ve ekipmanlar yardımıyla otomatik olarak da yapılır. Bu nedenle, herhangi bir hayvancılık işletmesinde hayvan barınaklarının planlanması ve projelenmesinde sorunlar saptanır, çeşitli seçenekler üzerinde durulurken ekipman ve makinaların işgücünden ekonomiyi sağlayacak şekilde seçilmesine özen gösterilmelidir.

Hayvan barınakları projelenirken özellikle yemlemede işçilikten ekonomiyi sağlayacak önlemler üzerinde durulmalıdır. Bu konuda, dikkat edilecek noktalar şöyle sıralanabilir.

1) Malzeme, depo hacmini azaltacak ve yemlemeyi kolaylaştıracak şekilde işlenir (otun balyalanması, kesilmesi, mısırın koçanlarından ayrılması gibi).

2) Taşımada kolaylık sağlayabilmek için malzeme, kullanılma yeri yakınında depolanmalıdır.

3) Hayvanların depodan kendi kendilerine yem yemeleri olanağı sağlanmaya çalışılmalıdır (yer seviyesindeki ot yığınları ve yatay silolar gibi).

4) Depo ve yemlik arasında otomatik konveyör tesisi olasılığı araştırılmalıdır.

5) Konsantre yem deposu, yerçekimi ile doldurulabilecek veya boşaltılabilecek şekilde yapılmalıdır.

6) Yem öğütme, karıştırma ve yükleme işleri birlikte olmalıdır.

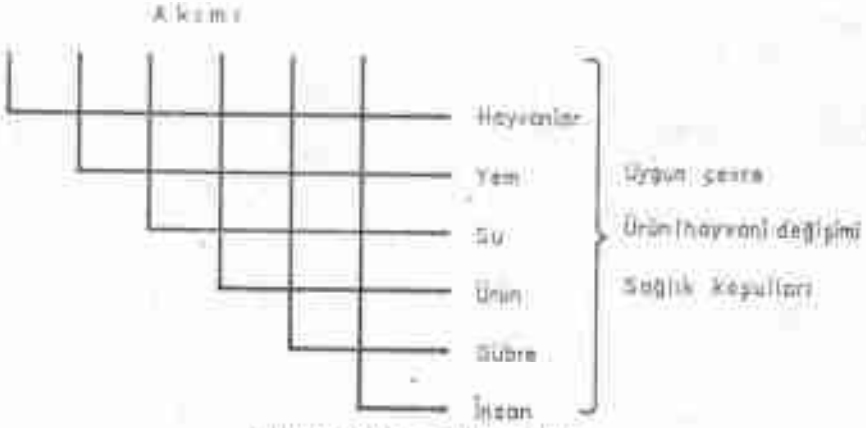
7) Barınak dışındaki yemlemede yemlikler, silo ve konsantre yem deposu arasına yerleştirilmelidir.

8) Binalar gübrenin randımanlı bir şekilde çıkarılmasına olanak verecek şekilde düzenlenmelidir.

9) Yem depolama, yem işleme ve yemleme alanları arasında etkili bir gidiş geliş sağlanmalıdır.

10) Taşıma uzaklığını kısaltmak için bir seferde taşınan yem miktarı artırılmalıdır.

Yukarıda sıralanan bütün işler malzeme ile ilişkilidir. Malzemenin önce yüklenmesi, sonra taşınması, daha sonra da boşaltılması sözkonusudur. Bu işlerin yapılmasında insan gücünden mi, yoksa makinadan mı ya da bunlardan ne oranda yararlanılacağı, işlerin makina ile yürütülmesi durumunda, mekanizasyonun nasıl olacağının saptanması gerekir. Bu amaçla herhangi bir hayvancılık işletmesinde hayvan barınaklarının planlanmasında önce "Malzeme akım diyagramı" hazırlanır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Malzeme akım diyagramı.

Hazırlanan bu diyagram da gözönünde bulundurularak hayvan barınaklarının planlanması şu aşamalarda gerçekleştirilir.

1. Sorun belirlenir.
2. Malzeme akım diyagramı hazırlanır.
3. Çeşitli planlama seçenekleri incelenir.
4. Kullanılacak araç ve gereç seçilerek bunların mekanizasyon düzeyi saptanır.
5. Karar verilen seçenek, planlama ilkeleri yönünden değerlendirilir.
6. Araç ve gereçlerin kesin seçimi yapılır.
7. Uygun çevrenin sağlanması için ortam ve yapılar projelenir.

Tarım işletmelerinde hayvan barınakları ahırlar, ağıllar ve tavukçuluk tesisleri olmak üzere üç ana bölümde toplanabilir. Tüm bu yapıların planlanmasında yukarıda belirtilen ilkelere uyulur.

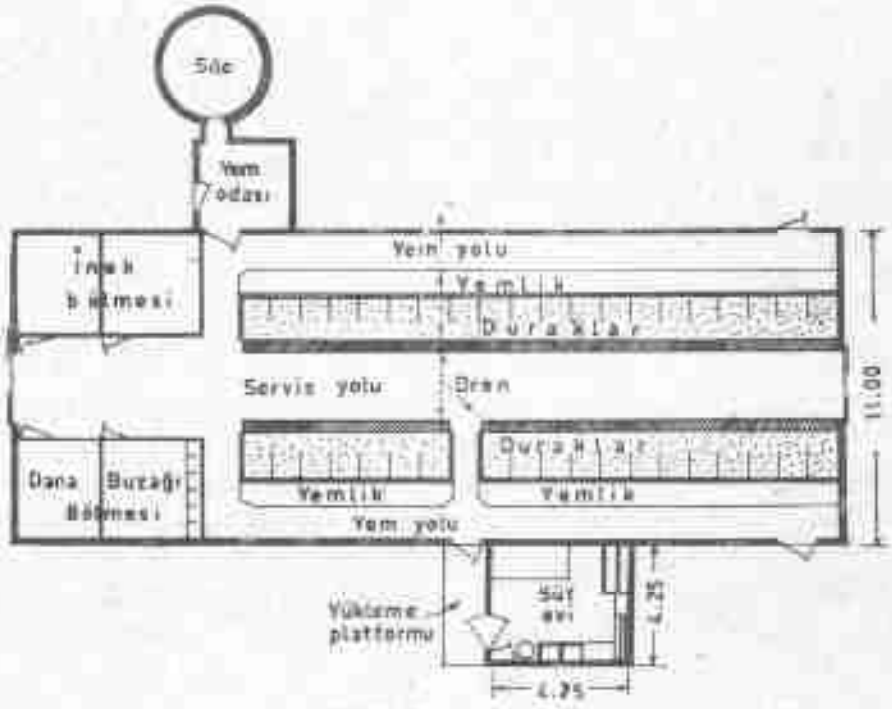
4.21. Süt İneği Ahırları

Süt ineği ahırları, duraklı (bağlı), serbest (açık) ve duraklı serbest ahırlar olmak üzere üç biçimde düzenlenirler.

Duraklı (bağlı) Ahırlar:

Duraklı (bağlı) ahırlara kapalı ahırlar da denir. Duraklı ahırlarda ineklerin dinlenme, yemleme, sulama ve süt sağım işleri kendileri için ayrılmış olan duraklarda olur. Gübre ve sidik, sidik kanalı dolayında toplanır. Günde bir ya da iki kez taşınır. Süt inekleri günün bir kaç saati dışında kışı ahırlarda bağlı olarak geçirirler. Yemleme ve süt sağma ayrı bir süt sağım yerinde yapılabilir (Şekil 4.3).

Kapalı ahırlar, tek sıralı, iki veya ikiden fazla sıralı olarak düzenlenebilirler. Burada ahırda barınacak inek sayısı etkili olmaktadır. En fazla 10 ine-



Şekil 4.3. Bir süt ineği ahırı.

gün barındırılacağı ahırlar tek sıralı olarak düzenlenirler. İnek sayısının artmasına paralel olarak ahırlar iki veya daha fazla sıralı yapılabilirler. Başlangıçta inek sayısının az olmasına karşın, gelecekte bu sayının artırılması düşünülüyorsa inek ahırları iki sıralı olarak planlanmalıdır. Bu nedenle, ahırlar projelenirken, işletmenin gelecekteki hayvan varlığının çok iyi bilinmesi gerekir.

Tek sıralı ahırlarda, iyi bir doğal aydınlatma için uzun eksenleri doğu-batı yönünde yönlendirilir. Böylece, bütün gün boyunca ahır içine güneş ışınlarının girme olasılığı sağlanmış olur. Ahırların üç ya da dört sıralı olarak düzenlenmesi istenmez. Bu düzenleme şeklinde yönlendirilme nasıl yapılırsa yapılsın, yeterli bir doğal aydınlatma gerçekleştirilemediği gibi, havalandırma olanakları da kısıtlıdır. İnek ahırlarının en iyi düzenleme şekilleri iki sıralı olanlardır. İki sıralı ahırlar en çok 10-12 m genişlikte yapılırlar. Uzun eksenlerinin kuzey-güney doğrultusunda yerleştirilmesiyle yeterli aydınlatma sağlanmış olur. Havalandırma, en etkili olarak iki sıralı ahırlarda gerçekleştirilebilmektedir.

İki sıralı ahırlarda inekler ya içeri (birbirlerine) veya dışarı bakarlar. İneklerin içeri bakmaları halinde yem yolu ortada, dışarı bakmaları halinde ise servis yolu ortadadır. Birinci durumda, yemleme kolay ve çabuk yapılır, fakat temizlik ve sağım işleri zaman alıcıdır. Hayvanlarda ortaya çıkabilecek bir hastalık daha çabuk yayılır. Bunun dışında bu düzenleme şeklinde ahıra yapılacak yatırım fazladır. İkinci şekilde ise, yemleme uzun zamanda gerçekleştirilir. Temizlik ve sağım işleri daha kolay ve çabuk yapılır. Özellikle temizliğin makina ile yapıldığı işletmelerde ahırlar, inekler dışarı bakacak şekilde planlanmalıdır.

Serbest (Açık) Ahırlar:

Serbest (açık) ahır sistemi olarak tanımlanan bu ahırlar üç yanı kapalı özellikle güney ya da doğu yüzü açık, üstü örtülü yapılardır. Serbest ahır sisteminde süt inekleri ahırda ya da ahıra bitişik gezinme yerinde dolaşırlar.

Serbest ahır sistemi, inşaat maliyeti ve iş ekonomisi yönünden kapalı sisteme göre daha uygundur. Ancak, inşaat maliyeti yönünden ekonomik olabilmesi için inek sayısının en az 29 olması gerekir. Çünkü, serbest sistemde ayrı bir sağım yeri ve hatta süt odası inşaatı zorunludur. Bu da inşaat maliyetini artırır.

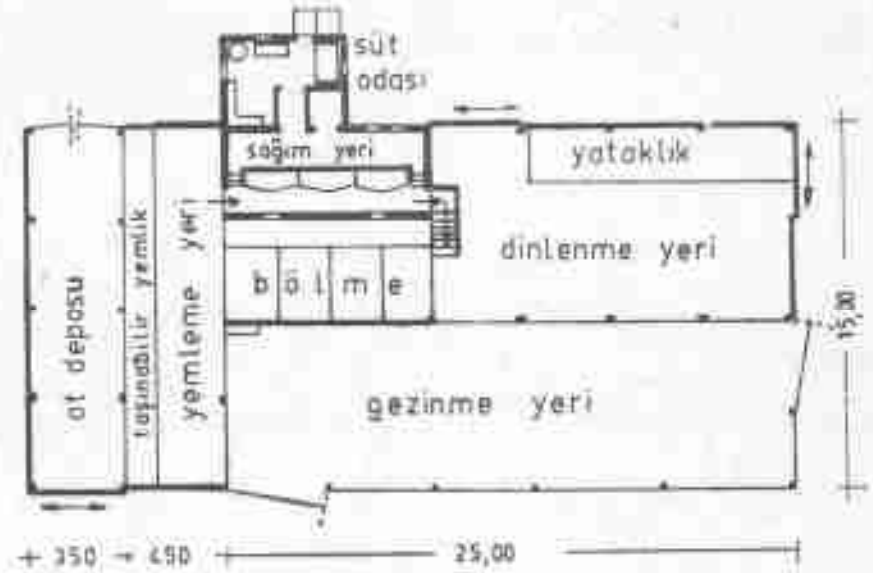
Bu sistemin iş ekonomisi sağlanması yönünden özellikle üç niteliği vardır.

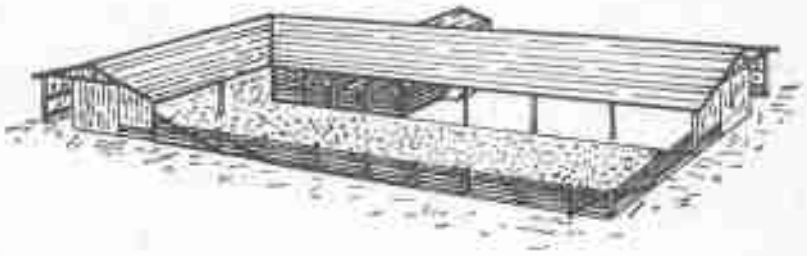
1) Ahırda gübrenin birikmesine izin verildiğinden, gübre yılda bir veya iki defa çıkarılır.

2) İnekler ayrı bir sağım yerinden geçirilerek sağım işi kolayca yapılır.

3) Hayvanlar silaj ve kuru ot gibi yemleri kendi kendilerine yemeleri sağlanır.

Serbest ahırlar, aynı çatı altında veya ayrı olabilen dört birimden oluşur (Şekil 4.4).





Şekil 4.4. Serbest ahır sistemi.

1) Dinlenme yeri: Üstü kapalı bir alan olup, zemine yataklık serilir fakat inekler burada yemlenmez. Yataklık malzeme burada depolanabilir.

2) Gezinme yeri: İneklerin temiz hava aldığı ve dolaştığı, zemini kaplanmış yerdir.

3) Yemleme yeri: Üstü kapalı bir alan olup, hayvanların yemlenmesi ve sulanması burada yapılır.

4) Sağım yeri ve süt odası: Burası, ineklerin sağıldığı bir alan ve sütün işlenineeye ya da pazarlanıncaya kadar depolandığı bir yerden oluşur.

Bu birimlerin büyüklüğü ahırda barındırılan hayvan sayısına göre saptanır. Bu sistemin başarılı olabilmesi için, sistemi oluşturan birimlerin birbirleriyle olan ilişkilerinin iyi bir şekilde planlanması zorunludur.

Her iki sistemin birbirlerine göre yararlı yönleri vardır. Bu noktalar şu şekilde sıralanabilir:

Duraklı Ahır Sistemin Yararlı Yönleri:

1) Her bir ineğin özel bakımı kolaylıkla yapılır.

2) Hırçın inekler daha kolay kontrol edilir.

3) İneklerin görünümü daha iyidir.

4) Daha az yataklık kullanılır.

5) İşçi, sıcaklığı değişmeyen bir ortamda çalışır.

Serbest Ahır Sistemin Yararlı Yönleri:

1) İnek sayısındaki değişmelere kolayca uyulur.

2) Süt sağımı kolay ve çabuk yapılır.

3) İlk yapım harcamaları düşüktür.

4) Ahırdan gübrenin çıkarılması daha kolaydır.

5) Daha iyi kalitede ve daha fazla gübre elde edilir.

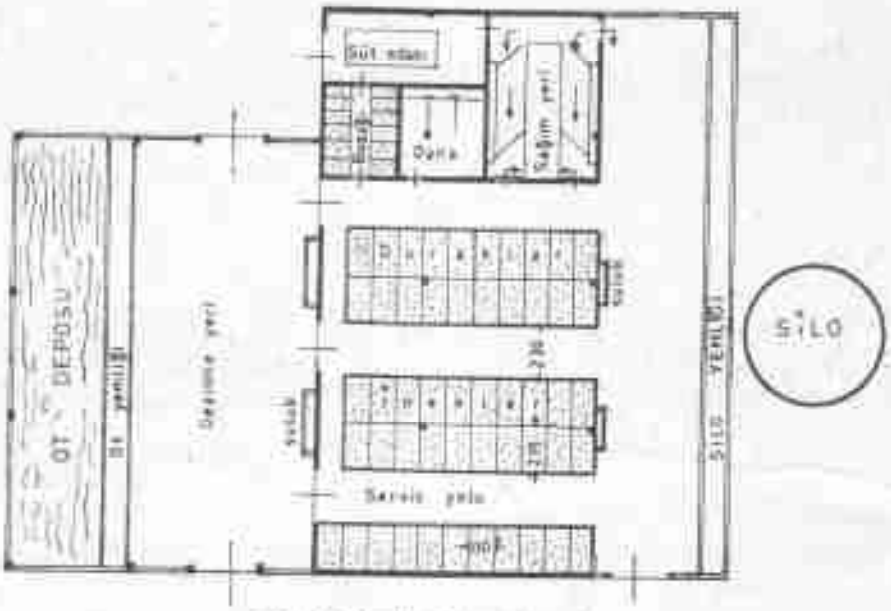
6) İş ve zamandan ekonomi sağlanır.

7) Yangına karşı sürünün güvenliği daha kolay sağlanır.

Duraklı Serbest Ahırlar:

Bugün sığır yetiştiriciliğinde duraklı ve serbest ahır sistemleri dışında üçüncü bir sistem uygulanmaktadır. Duraklı serbest ahır olarak tanımlanan bu sistem, adından da anlaşılacağı gibi hem bağlı ahırların hem de serbest ahırların bazı niteliklerini içermektedir. Bu sistemde, her inek için özel bir durak planlanmıştır. Yataklık serilmiş bu duraklarda inekler bağsız olarak bulunurlar. Duraklarda yemlik kısmı olmayıp, yemleme ve sulama ahır içerisinde özel bir yemleme yerinde veya gezinme yerlerinde yapılmaktadır. Geniş bir alan kaplayan pencere ve kapılar fazla soğuk olmayan mevsimler-

de tamamen açılarak temiz havadan yeterince yararlanma olanağı sağlanabilmektedir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Duraklı Serbest ahır planı.

Bağlı ve serbest ahırların niteliklerine sahip olması nedeniyle duraklı serbest ahırlar, bunların yararlı yönlerini de içerir. Bunun dışında sistemin kendine özgü yararları da vardır. Bu yararlar şöyle özetlenebilir:

1) Durak uzunlukları sığırların boylarına uygun olarak yapıldığından, gübre doğrudan servis yoluna dökülmektedir. Bu durum, gübrenin taşınması ve servis yolunun temizlenmesinde zaman ve işgücünden ekonomi sağlamaktadır. Örneğin, mekanik ekipmanların kullanımı halinde 50 başlık bir inek ahırının temizliği 20 dakikada tamamlanmaktadır.

2) Yataklık, yalnızca duraklara serilmekte, bu durum ise, % 75 oranında daha az yataklık kullanılmasına neden olmaktadır.

3) Temiz altlık üzerine yatmaları nedeniyle ineklerde sağımdan önceki meme yıkama işi daha çabuk ve kolay olmakta, süt kalitesi yükselmektedir.

4) Kapalı ve açık ahırlarda, ineklerde görülen meme ezilmeleri bu sistemde hemen hiç görülmez.

5) Süt üretimi ve kalitesi diğer sistemlerdekinden daha iyi olmaktadır.

6) Her bir ineğin alan gereksinimi serbest ahırlara göre az olmakta, bu da bina maliyetini düşürmektedir.

7) Hayvanlar barınak içinde kendilerine ayrılmış duraklarda rahat bir şekilde yaşamakta, yaralanma, barelenme ve hastalık durumları daha kolay izlenebilmektedir.

8) Bu sistemde, barınak içinde çoğunlukla, yalnızca servis yolu betonlanır. Durak tabanına altlık serileceği için bu kısmın zemini sıkıştırılmış toprak olarak bırakılır. Bu durum ise barınak maliyetinde ekonomiyi sağlar.

Duraklı serbest ahırlarda, duraklar tek sıralı olabildiği gibi iki veya ikiden fazla sıralı olarak da düzenlenmektedirler. Bir ve iki sıralı ahırlarda, duraklar çoğunlukla ahırın uzun kenar boyunca, ikiden fazla sıralı ahırlarda ise, bunlar kısa veya uzun kenar boyunca ve bu kenarlara dik olarak dizilirler.

Durak boyutları sığırların yaş ve canlı ağırlıklarına göre saptanır. İnekler için çoğunlukla durak genişliği 110–220 cm, uzunluk ise 205–215 cm dolayında alınmaktadır.

Buraya değin belirtilen noktalardan da anlaşılacağı gibi duraklı serbest ahırlar dinlenme alanı dışında yemleme, gezinme, süt sağım yerleri gibi diğer nitelikleriyle serbest ahırların aynıdır (Şekil 4.5). Fakat, son yıllarda çeşitli ülkelerde, özellikle süt ineği ahırlarının bu sistemde inşa edildikleri veya serbest ahırların bu şekle dönüştürüldüğü görülmektedir. Yapılan uygulamalarla hayvan sağlığı, üretim, işgücü ve maliyet yönlerinden daha olumlu sonuçlar verdiği anlaşılan bu sistem ülkemizde de başarı ile uygulanabilir.

4.22. Kasaplık Sığır (Besi Sığırı) Ahırları

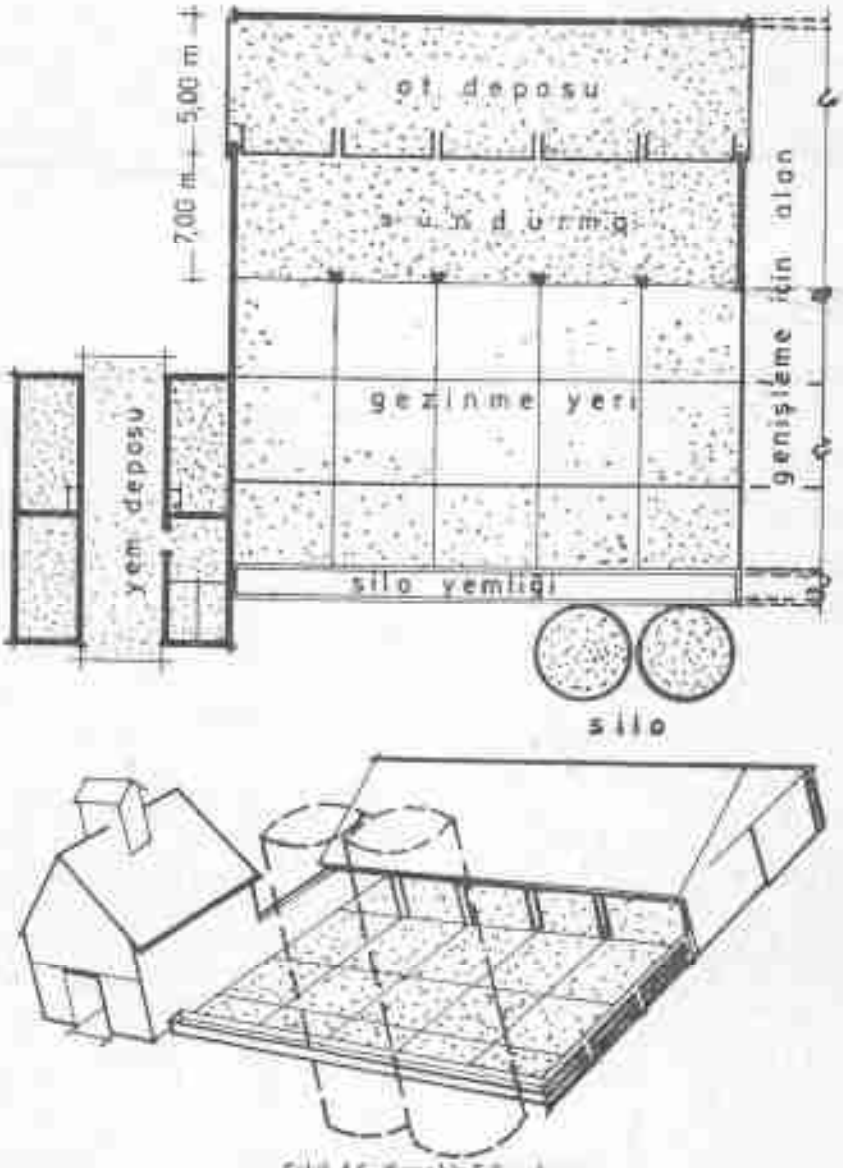
Kasaplık sığır ahırlarının süt ineklerinin ki kadar korunmuş olmasına gerek yoktur. Gözönünde bulundurulacak başlıca nokta, hayvanların özellikle yavrulama zamanında rüzgar ve fırtınalardan korunmasıdır. Bazı bölgelerde, doğal olarak korunmuş yerler ve ağaçlar bu tip bir korunma için yeterlidir. Kasaplık hayvanlar vücut sıcaklıklarını koruyabilmek için aldıkları besinin bir kısmını ısıya çevirdiklerinden kuru oldukları sürece soğuktan etkilenmezler. Aynı nedenle, bu hayvanların gölgelikler v.b. önlemlerle yaz sıcaklıklarından korunmaları gerekir.

Kasaplık sığır barınakları sundurmalar ve ahırlar olmak üzere iki grupta toplanabilir.

Hayvanların dış koşullardan korunmasında sundurmalar ahırlardan daha çok kullanılır. Genel olarak sundurmaların açık cepheleri güney veya doğuya bakar. Diğer üç cephesi kapalıdır. Sundurmalar bazı koşullarda (L) şeklinde de düzenlenebilirler. (L) nin bir ayağı, ekseni doğu-batı yönünde

olacak şekilde yerleştirilir ve güney cephesi açık bırakılır. (L) nin diğer ayağı batı kısmında yapılır ve doğu tarafı açık bırakılır. Bu şekilde hem kuzey ve hem de batı rüzgarlarından korunulmuş olunur. Meralarda gölge sağlayabilmek amacıyla dört cephesi açık sundurmalar inşa edilebilir.

Kesaplık sığır yetiştiriciliğinde kapalı ahırlar, ancak çok soğuk bölgelerde yapılırlar. Bu binalar hem ot, hem yem için depo ve hem de hayvanlar için barınak görevini görürler (Şekil 4.6). Bazen, bu binalar aynen durallı

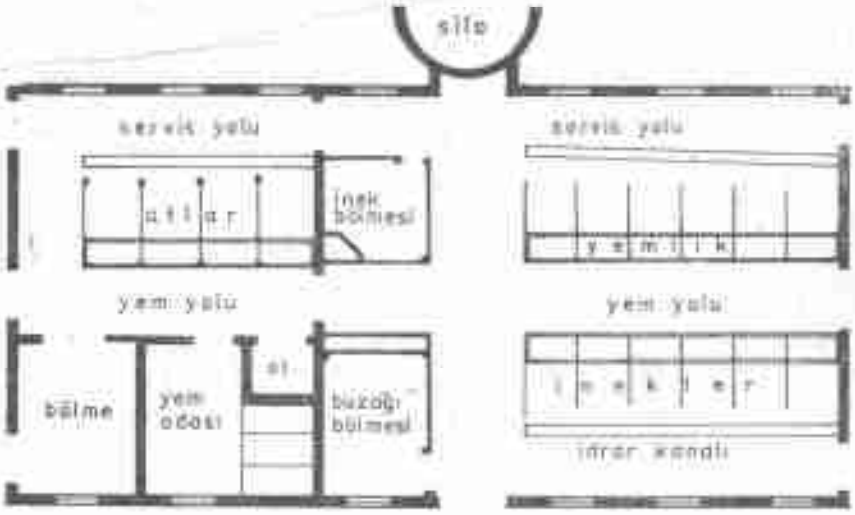


Şekil 4.6. Kesaplık Sığır ahırı.

süt ineği ahırlarında olduğu gibi inşa edilip üst kat yem depolarına, zemin kat ise hayvanlara ayrılır. Ancak, barınak kısmında duraklara yer verilmez. Diğer bir şekil ise orta kısımda yem deposu, yanlarda hayvanların barınması için sundurmaların bulunmasıdır.

4.23. Karışık Ahırlar

Bu tip ahırlar, özellikle polikültür küçük aile tarım işletmelerin en önemli yapıları olup, işletmedeki çeşitli hayvanları aynı binada barındırmak için inşa edilirler. Ülkemizde karışık ahırlarda barındırılan hayvanlar sığır, manda, koyun, at, katır ve merkeptir. Bu ahırların inşaasında dikkat edilecek en önemli nokta, uygun çevre koşullarının sağlanması; özellikle havalandırma ve doğal aydınlatma olanaklarının iyi bir şekilde düzenlenmesidir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Karışık ahır.

Karışık ahırlarda aynı cinsten olan hayvanlar ayrı kısımlarda bulundurulur. İşletmenin çeşitli cinsteki hayvan varlığı sürekli olarak aynı değildir. Bu nedenle, karışık ahırlar, işletmedeki hayvan cins ve sayısında ortaya çıkabilecek değişikliklere kolayca uyularak yeniden düzenlenmesine olanak verecek bir biçimde planlanmalıdır. Ahır taban planı ise, farklı cins ve yaştaki hayvan grupları için gerekli alan hesap edilerek yapılır. Bu alanın büyüklüğü iklim koşullarına göre değişebilirse de, aşağıda verilen değerler ülkemizde rahatlıkla uygulanabilir (Cetvel 4.1).

Cetvel 4.1. Karışık ahırlarda alan gereksinimi.

Hayvanın cinsi	Alan (m²)	Hayvanın cinsi	Alan (m²)
İnek	6,00	Az	8,00
Dana	3,50	Toklu	0,60
Öküz	8,75	Kuzu	0,70
Buzağı	1,20	Keçi	0,70
Manda	4,50	Kuzu	0,50
Tay	2,40	Oğlak	0,50

Karışık ahırların genişlikleri çoğunlukla 10–11 metredir. Uzunlukları ise, içinde barındırılacak hayvan sayısına göre ayarlanır. Genişlik bazı durumlarda 9–12 m, uzunluk 11–24 m, hatta daha fazla olabilir. Bu genişlikteki ahırlar çift sıralı olarak düzenlenirler, bir ya da iki katlı olarak planlanırlar.

4.24 Ağıllar

Ağılların planlanması ve inşasında gözönünde bulundurulması gereken en önemli nokta, hayvanların soğuk rüzgarlar ve ıslak koşullardan korunmasıdır. Koyunlar aslında, kalın kürkleri nedeniyle düşük sıcaklıklara karşı doğal olarak dayanıklıdır. Ancak, kuzulama mevsiminde ve kırkımdan sonra soğuklardan korunmaya gereksinme duyarlar.

Koyunlar, soğuğa karşı dayanıklı bir bünyeye sahiptirler. Bu nedenle, ağılların, kuzulama mevsimi ve soğuk iklimlerde kırkımdan sonra kısa bir süre dışında, sıcak tutulmalarına gerek yoktur. Çoğunlukla ağılın kapılarının kapatılması ile yeterli sıcaklık sağlanabilir.

Koyunlar için yüksek sıcaklık dereceleri, düşük sıcaklıklardan daha zararlıdır. Araştırmalar, sıcaklığın sıfırın altına düştüğü zamanlarda bile hayvan sağlığı ve veriminde herhangi bir olumsuz etki görülmediğini ortaya koymuştur. Ancak, kuzulamış hayvanların birkaç gün ve kuzuların kısa bir süre için dört tarafı kapalı, fakat havadar ve aydınlık kısımlarda barındırılmaları gerekir. Kapalı ağıllarda optimum sıcaklık 6–14°C arasında olmalıdır. Kuzular için 10–14°C, kasaplık hayvanlar için ise 12–16°C arasındaki sıcaklıklar uygundur. Hayvanların rahatı için yazın ağıllarda serbest hava açımı ve gölgelikler sağlanmalıdır.

Koyunlar, kuru havayı severler. Barınak havasının fazla nemli olması hayvanların sağlığına olumsuz yönde etki ettiği gibi, yünün nitelik ve niceliğini de düşürmektedir. Bu nedenle, ağıl içinin bağıl nemi hiçbir zaman % 80 in üzerinde olmamalıdır.

Koyunlar, havasız kapalı ağıllarda zarar görürler. Açık sundurmalarda bol temiz hava akımı sağlanabilir. Kuzulama mevsiminde veya kırkımdan

sonra ağıllar kapatıldığı zaman zararlı cereyanlar oluşturulmadan havalandırma temin edilmelidir. İyi projelenmiş hava emicileri ve bacaları gereken hava akımını sağlarlar. Havalandırma sistemlerinin kapasiteleri iklim koşullarına göre saptanır.

Hayvanların sağlığı ve ağıl içindeki işlerin en iyi şekilde yapılabilmesi için yeterli aydınlatmanın sağlanması zorunludur. Açık binalarda yeterli doğal aydınlatma temin edilebilirse de geniş sundurmaların kapalı cephelerinde ek pencere yüzeyine gereksinme duyulabilir. Kapalı ağıllarda taban alanının 1/25–1/20 si oranında pencere yüzeyi düşünülmelidir. Gündüzleri doğal aydınlatmanın yeterli olmadığı zamanlarda ve geceleri hayvan bakımının kolaylıkla yapılabilmesi için yapay aydınlatmada sağlanmalıdır. Bu amaçla 30 lux'lük bir aydınlatma şiddeti yeterlidir.

Ağıllarda koyunlar için ayrılacak alan, hayvanın yaşına, büyüklüğüne ve yetiştirme şekline göre değişir. Koyunlar için çoğunlukla 0.75–1.00 m² yer hesap edilir. Bir kuzulu koyunlar 1.20–1.50 m², iki kuzulu koyunlar 1.50–1.75 m² lik alana gereksinme duyarlar. Kuzular için 0.40–0.50 m², toklular için ise 0.50–0.75 m² yeterlidir. Koçlar ayrı bölümlerde barındırılacaksa herbir koç için 3.00–4.00 m², bir arada olmaları halinde ise 1.50–2.00 m² lik alan düşünülmelidir. Doğum yapacak koyunlara ayrılacak kapalı bölme 1.50 m² olmalıdır. Bu genişlikteki bir bölmeye altı koyun rahatlıkla yerleştirilir.

Ağıl için saptanan alanın yaklaşık olarak iki katı kadar gezinme yeri ayrılmalıdır.

Ağıl Tipleri:

Ağıllar çoğunlukla açık veya kapalı sundurmalar, korunmuş binalar şeklinde düzenlenir ve inşa edilirler. Bunun yanında küçük sürülerin diğer hayvanlarla birlikte barındırılmaları olanağı da vardır. Tarım işletmelerinde küçük koyun sürülerinin barındırılmasında diğer binalara eklenmiş sundurmalardan yararlanılabilir. Çoğunlukla 50–100 ve daha fazla koyundan oluşan sürüler için ayrı ve bağımsız ağıllar yapılır.

Güney veya doğu cephesi açık sundurmalardan kış mevsiminde güneş ışınlarından iyi bir şekilde yararlanılır. Kasaplık sığır ahırlarında olduğu gibi (L) ve özellikle (U) şeklinde düzenlenen açık sundurmalar çok yaygındır. Büyük kapılı, kapalı sundurmalar ek sıcaklık sağlayabilmek amacıyla kuzulama mevsiminde kapatılabilirler. Diğer zamanlar açık tutulurlar.

Kapalı ağılların en yaygın şekli ise, üst katta yem deposu, ortada ot deposu ve yanlarda birer sundurma bulunan tipidir.

4.25. Tavukçuluk Tesisleri

Kümesler, yumurta ve et üretimi ile civciv yetiştirmek amacıyla planlanırlar. Bu nedenle kümesler, işletme şekline ve iklim koşullarına bağlı olarak çok farklı şekillerde planlanıp, inşa edilirler. Bunlar, sıcak bölgelerde hayvanları iklim koşullarından koruyan basit yapılar şeklinde olabileceği gibi soğuk bölgelerde duvar ve tavanı tecrid edilmiş, havalandırma olanaklarının otomatik olarak sağlandığı bir veya birden fazla katlı modern yapılar şeklinde de planlanabilir. Bunun dışında işletme şekline uygun olarak kümesler, tünekli veya kafesli sistemlerden birine göre de yapılabilirler.

Kanatlı hayvanlar çeşitli parazit ve hastalıklara karşı duyarlıdır. Bu nedenle, kümeslerde sağlık koşullarının sağlanmasına özen gösterilmelidir. Kümeslerin planlanmasında gözönünde bulundurulacak fonksiyonel istekler aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

1) Hayvan sağlığını koruyabilmek ve yüksek kalitede ürün elde edebilmek için kümeslerde optimum çevre koşullarının sağlanması,

2) Zararlı hava akımlarından korunmuş kuru bir zemin,

3) Kışın yeterli sıcaklığın sağlanması ve bol miktarda güneş ışınlarını alması,

4) Yazın serin olması,

5) Kolay temizlenmesi,

6) İşgücünden ekonominin sağlanması,

7) Folluk, tünek, yemlik ve suluklar için yeterli alan.

Kümeslerde kuruluk herşeyden önce kümes yapılacak yerin drenajının iyi olması ile sağlanabilir. Bunun dışında döşeme ve çatı sisteminin yapımına özen gösterilmeli, özellikle rutubet yoğunlaşmasını önlemek için tavan tecridi yapılmalıdır. Yeterli havalandırma sağlanması ve kümes güney cephesinden güneş ışınlarını yeterince ve serbestçe alabilmelidir.

Kış aylarında kümeslerde yeterli sıcaklık duvar ve tavanın tecridinin yapılması, kapı ve pencerelerin sağlam, fazla ısı kaybına olanak vermeyecek şekilde olmasıyla uygun havalandırma ve ek ısıtma ile sağlanabilir. Soğuk mevsimlerde bol miktarda güneş ışınlarını alabilmesi için pencereler güney cephesine konmalı ve pencere alanı bu iş için yeterli olmalıdır. Pencere yerinin seçiminde ve çatı teşkilinde solar oriyantasyon ilkelerine uyulmalıdır.

Yaz aylarında kümeslerin serin olabilmesi için kümes yeri gölge verecek ağaçlar yanında seçilmeli veya gölgelik ağaç yetiştirilmelidir. İyi bir tavan tecriti ve yeterli havalandırma kümes içinin serinliğinin sağlanmasında gözönünde bulundurulacak önlemlerdir.

Tavukların Çevre İstekleri:

İşletmenin bulunduğu bölgenin iklim koşulları kümes hayvanlarının yetiştirilmesinde, özge bir deyişle, kümeslerin planlanmasında etkilidir. Kümeslerin planlanmasında etkili olan çevre koşulları ise, özellikle sıcaklık, bağıl nem, havalandırma, aydınlatma ve kümes havasının temizliğidir.

Tavuklar için en uygun çevre sıcaklığı hayvanın yaşına bağlı olarak geniş sınırlar arasında değişir. Tavuklar için optimum sıcaklık 13–18°C dir. Soğuk bölgelerde kümes içi sıcaklığı düşebilir. Ancak bu değer hiçbir zaman 3°C nin altına inmemelidir. Sıcaklığın düşmesi hayvanların normal fizyolojik faaliyetlerine olumsuz yönde etkili olmakta ve yem tüketimini arttırmaktadır. Yüksek sıcaklık dereceleri ise üretimi düşürmektedir.

Civcivler çevre koşullarına karşı daha duyarlıdırlar. Bu nedenle ilk günlerde 30–35°C lik sıcaklığın sağlanması zorunludur. 1–8 haftalık civcivler için optimum sıcaklık 18–32°C, kasaplık piliçler için ise 20–32°C dir. Tavukların aksine, civciv kümeslerinde sıcaklığın optimum değerin altına inmesi istenmez.

Sıcaklığın yukarıda verilen sınırlar içinde kalması koşuluyla, kümes içi bağıl nemi % 75–80 arasında değişebilir. Bağıl nem oranının düşmesi, özellikle sıcak kümeslerde tozlanma olasılığını arttırdığından sağlık koşullarının bozulmasına neden olur. Bu durumda hayvanlarda solunum yoluyla ortaya çıkan hastalıklar görülür ve üretim nitelik ve nicelik olarak düşer. Çok soğuk koşullarda bağıl nem en fazla % 65 olabilir.

Kümes içinde uygun sıcaklık ve bağıl nemin sağlanabilmesi ancak, yeterli bir havalandırmayla sağlanır. Hava akım miktarı ve bununla ilişkili olarak havalandırma baca ve havalandırıcıların kapasiteleri bölge koşullarına göre saptanmalıdır.

Kümeslerde sağlanması gereken diğer bir çevre koşulu da aydınlatmadır. Yeterli doğal aydınlatmanın sağlanabilmesi için pencere alanı kümes taban alanının 1/20–1/25 i arasında olmalıdır. Pencereler olanak oranında kümesin güney cephesine yerleştirilmelidir. Bu yerleştirme sırasında solar oriyantasyon ilkelerine uyumda özen gösterilmelidir. Böylece, kış mevsiminde güneş ışınlarının serbestçe kümesin içine girmesi sağlanmış olur. Cephesi güneye yöneltilmiş bu gibi kümeslerde saçak çıkıntılarıyla veya kümes avlusunda yetiştirilen ağaçlarla gölgelendirme sağlanarak sıcak mevsimlerde güneş ışınlarının girmesi kısıtlanmalıdır. Genişliği fazla olan kümeslerde yeterli doğal aydınlatmanın sağlanabilmesi için kuzey-güney doğrultusunda yönlendirilmeli ve pencereler doğu ve batı cephelerine dağıtılmalıdır.

Elektriksel aydınlatma yapılan pencereli kümeslerde tavukların bulunduğu düzeyde 15 lux, kasaplık piliç kümeslerde 10 lux'lük aydınlatma şiddeti yeterlidir. Penceresiz kümeslerde bu değerin 20 lux olması önerilmektedir. Kafesli sistemlerde bloklar arasında aydınlatmanın düzgün olmasına özen gösterilmelidir.

Civcivlerin bulunduğu bölümlerde başlangıçta aydınlatmanın fazla olması, büyümelerine paralel olarak bunun azaltılması istenir. Civcivler 9 günlük oluncaya kadar aydınlatma gücü 3 Watt/m² olmalıdır. 10–19 günlükler için 1,5 Watt/m² ve 20 günden sonra ise 0,5 Watt/m² yeterlidir.

Tavukların Alan İstekleri:

Tavukların alan istekleri, işletmenin şekline, hayvan ırkına ve yaşına göre değişir. 4 haftalığa kadar civcivlerin barındıkları kümeslerde civciv başına 450–500 cm² lik alan yeterli olmaktadır. 4–10 haftalık hayvanlar için bu değer 925–950 cm², 10–20 haftalıklarda ise 0,2 m² alınabilir.

Tavuk kümeslerinde yemlik ve suluklarin kümes içinde yerleştirilme şekline göre alan gereksinimi saptanmalıdır. Yemlik ve sulukların tünekler (ızgara) üzerine yerleştirilmesinin düşünüldüğü durumlarda her bir tavuk için 0,12-0,15 m² lik bir alan hesaplanmalıdır. Yemlik veya suluklardan birinin ızgara üzerinde olması halinde 0,23–0,25 m², her ikisi kümes tabanında ise 0,28–0,30 m² lik yer yeterli olmaktadır.

Tel kafesli kümeslerde alan gereksinimi, hayvan ırkına, bir kafesteki tavuk sayısına ve kafeslerin tertip şekline göre değişir.

Tarım işletmelerinde işletmenin şekline uygun olarak hazırlanacak kümes planlarında yukarıda değinilen noktalar dışında yemlerin depolanacağı kısım ile yumurtaların geçici bir zaman korunacağı bir odanın da gözönünde bulundurulması gerekir. Yemlerin depolanacağı kısmın büyüklüğü, hayvan sayısına ve yemlerin işletmede üretilip üretilmediğine bağlı olarak değişir. Hayvan sayısı az olan işletmelerde ayrı bir yem deposuna gereksinme duyulmaz. Büyük sürülerin bulunduğu kümeslerde ise ek bir yem deposunun tesisi zorunludur. Yem deposu olarak tesis edilecek yerin büyüklüğü besleme ile ilgilidir. Beslemede farklı rasyonlar kullanılırsa da, depo için yapılacak hesaplarla civcivlerin sekiz hafta içinde 2 kg, piliçlerin 3 aylık oluncaya kadar 7 kg yem tükettikleri varsayılır. Tavuklar için ise günde tüketilen yem miktarı 115 gr olarak alınabilir. Depolanacak yemin hacim ağırlığı, yem cinsine göre farklılık gösterirse de bu değer yaklaşık olarak 0,65 t/m³ kabul edilebilir.

Kümes Tipleri:

Tarım işletmelerinde kümesler; bölgenin iklim koşullarına hayvan sayısına ve işletmenin şekline göre çeşitli şekillerde planlanıp inşa edilirler. Bu nedenle kümesler, inşa şekline göre 1) Taşınabilir kümesler, 2) Sabit kümesler; taban tertibine göre ise, 1) Tünekli (klasik) kümesler, 2) Kafesli kümesler olmak üzere iki gruba ayrılırlar.

Taşınabilir kümesler iklim koşullarının uygun, tavuk sayısının az olduğu durumlarda düşünülebilir. Bu tip kümesler kısmen veya tamamen kapalı olabilir. Çoğunlukla kullanılan malzeme tahta ve kümes telidir. Taşınabilir kümeslerin boyutları en fazla 3.50 x 4.50 m olarak alınabilir.

Sabit kümesler, çoğunlukla dört taraflı duvarlı, iklim koşullarına bağlı olarak yapı elemanlarından bazıları veya tamamı tecrit edilmiş, kontrollü bir havalandırma ve ısıtma olanağına sahip kümeslerdir. Bunlar, tünekli ve tel kafesli kümesler olmak üzere iki şekilde planlanabilirler.

Tünekli (Klasik) Kümesler:

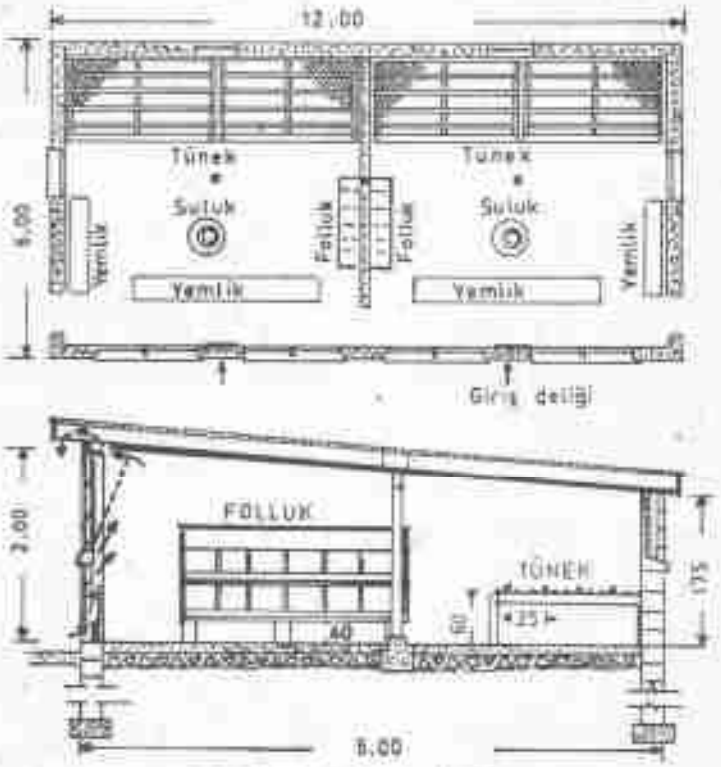
Klasik tip kümeslerde, tavuklar kümes içinde ve gezinme yerinde serbetçe hareket olasılığına sahiptir. Kümes taban genişliği tavuk sayısına bağlı olarak 6–12 m arasında değişir. Küçük sürülerin (200–250) barındırıldığı yapılarda genişlik 6–7 m arasında olabilir. Kümes uzunluğu hayvan sayısına göre saptanmalıdır (Şekil 4.8).

Tüneklerin kümes içindeki tertibi çeşitli şekillerde yapılabilir. Tünekler, kümesin uzun kenarı boyunca yerleştirilip kümesin geriye kalan kısmı hayvanların gezinmelerine, yemlik ve sulukların yerleştirilmelerine ayrılabilir. Bu tip kümeslerde tünekler, taban alanı üzerinde fazla bir yer kaplamazlar. Bunun dışında, tünekler kümes tabanının 2/3–3/4 ünü kaplayacak genişlikte de yapılabilirler. Tünekler dışında kalan alandan servis yolu olarak yararlanılır. Izgara tabanlı kümesler olarak da adlandırılan bu tip kümeslerde servis yolu genişliği folluklarin yerleştirilme şekline ve uygulanan mekanizasyona göre 90–200 cm genişliğinde olabilmektedir.

Tüneklerin bulunduğu kısımda kümes tabanı düz olabileceği gibi çukur olarak da yapılabilir. Bu şekil, tavuk gübresinden kış mevsimi boyunca kümes içinde birikiminde kolaylık sağlar. Tüneklerin altındaki gübre çukurunun derinliği 50–60 cm olmalıdır.

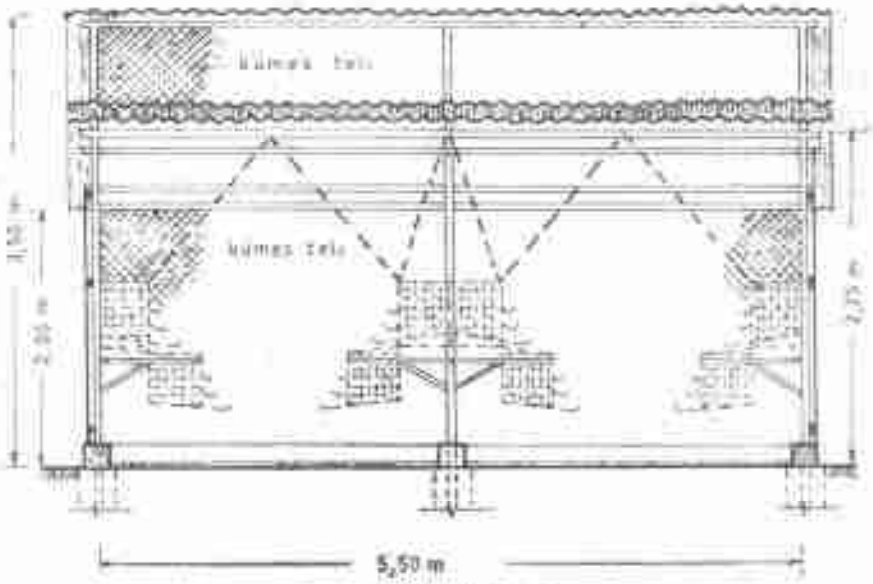
Kafesli Kümesler:

Tavukların klasik tip kümeslerde yetiştirilmesinin hiçbir sakıncası olmamasına karşın, son yıllarda bu sistem, çevre koşullarının daha iyi kontro-



Şekil 4.8. Basit bir tünekli kümes.

tüne, birim alanda daha fazla tavuk barındırılmasına ve daha yüksek randıman sağlanmasına olanak verdiği gerekçesiyle uygulamada büyük ilgi görmektedir. Nitekim, aynı büyüklükteki bir kümeste yer tavukçuluğunda 1 m² alanda 4-5 tavuk beslenmesine karşın kafes tavukçuluğunda değişik tipteki kafesleri kullanmak suretiyle bu sayı 18-20 tavuğa kadar çıkabilmektedir. Böylece, aynı boyutlaki bir kümeste daha fazla sayıda tavuk beslenmesi olanağı ortaya çıkmaktadır. Diğer taraftan, bu sistemde yumurta veriminin diğer sisteme göre % 3-10 oranında daha fazla olduğu, buna karşın tavuk başına yılda 3.6-4.3 kg yem artımının sağlandığı ileri sürülmektedir. Kafesli kümeslerin en önemli sakıncaları, ilk tesis masraflarının tünekli kümeslere göre yüksek olmasıdır. Özellikle, yemleme ve sulamanın otomatik sistemlerle yapıldığı kafesli kümeslerde maliyet daha da artmaktadır. Ancak, bütün sakıncalarına rağmen bu sistem tavuk yetiştiriciliğinde başarı ile uygulanmaktadır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Kafesli kümes.

4.3. Koruma ve Depolama Yapıları

İşletmede üretilen ürünün tüketimine veya pazara sevkine kadar depolanıp, saklandığı, alet ve makinaların dış etkenlerden korunduğu her türlü yapıya koruma ve depolama yapıları denir. Bu nedenle, koruma ve depolama yapıları, alet ve makina koruma yapıları (hangarlar) ve ürün depolama yapıları olmak üzere iki grup altında toplanabilir.

4.31. Alet ve Makina Koruma Yapıları

Bu yapılar, alet ve makinaların yıpranmasını önlemek ve kullanma ömürlerini artırmak amacıyla planlanıp inşa edilirler. Tarımın makinalaşması ile birlikte işletmelerin alet ve makina koruma yerlerine olan gereksinmeleri artmıştır. Çünkü, tarımsal alet ve makinaların pahalı onarımlarından kaçınmak ve ömürlerini uzatmak için bunların itinalı bir şekilde bakım ve korunmaları gerekir. Bu nedenle, günümüzde alet ve makina koruma yapıları makinalaşmış tarımın ana ögelerinden birisi haline gelmiştir.

Alet ve makina koruma yapılarında aranılan genel istekler, 1) İklim koşullarının olumsuz etkilerinden korunma, 2) Çeşitli tip alet ve makinalar için yeterli park yeri temini ve 3) Makinaların kolayca hareketine olanak verecek iyi bir düzenleme biçimi olmak üzere üç grup altında toplanabilir. Bu nedenle, alet ve makina koruma yapıları planlanırken aşağıdaki noktalar daima gözönünde bulundurulmalıdır.

1) Traktör, kamyon gibi pahalı araçlar fazla itina ve bakıma gereksinme gösterirler.

2) Treyler, pulluk gibi alet ve edavat iklim koşullarından kısmen korunmalı ve iyi bir düzenleme içinde bulundurulmalıdır.

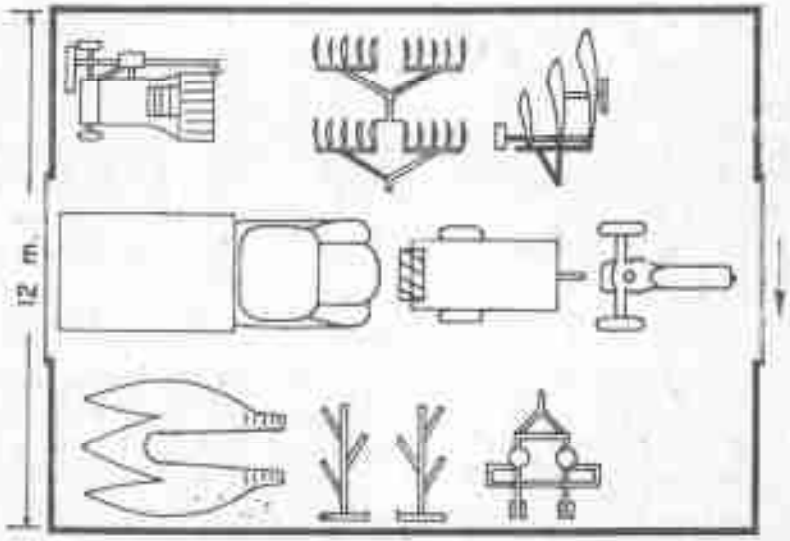
3) Onarım ve bakım işleri için iyi bir atölye olmalıdır.

4) Yağlama ve yakıt ikmali gibi servis işleri için gerekli alan sağlanmalıdır.

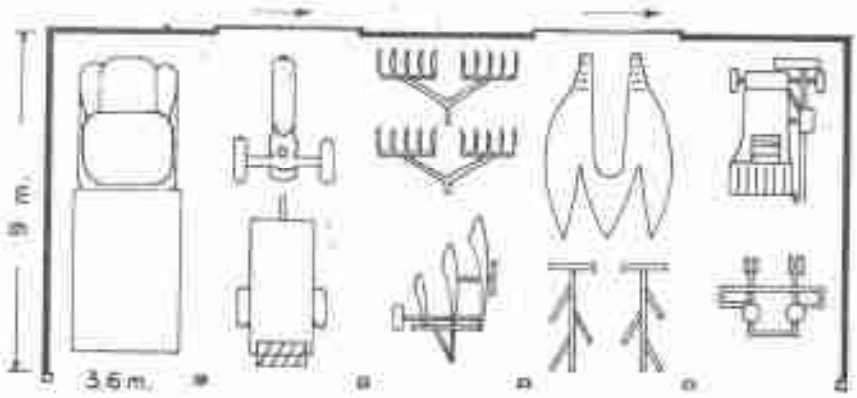
Hangarlar, çeşitli tip ve büyüklükte planlanabilirler. Bunda, işletme şekli ve büyüklüğünün etkisi vardır. Küçük ve orta büyüklükteki tarım işletmelerinde onarım ve bakım kısmı ile alet ve makinaların park edildiği kısım aynı çatı altında düşünülmelidir. Büyük işletmelerde ise, üniteler ayrı binalar halinde planlanabilir. Şekil 4.10 ve 4.11 de, dört tarafı kapalı bir hangar ile sundurma tipi bir hangarda alet ve makinaların düzenlenmesi gösterilmiştir.

4.32. Ürün Saklama ve Depolama Yapıları

Ürün saklama ve depolama yapıları tahıl, yeşilyem, meyve ve sebze ile kuru ot, saman vb. tarımsal ürünlerin depolandığı yapıları içerir. Tarımsal ürünlerin depolanmasına hizmet eden bu gibi yapılar, ürünlerin tüketilinceye veya pazara sevk edilinceye kadar nitelik ve niceliklerinin olanaklar ölçüsünde korunması amacıyla planlanıp inşa edilirler. Bunların çeşit ve kapasiteleri, işletmenin şekline ve büyüklüğüne bağlıdır.



Şekil 4.10. Kapalı tip bir hangar.



Şekil 4.11. Sundurma tipi bir hangar.

Tarım işletmelerindeki ürün saklama ve depolama yapılarının başlıca işlevleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

1) İklim koşullarının ve zararlıların (böcekler, kemirgen ve mikroorganizmalar) depolanan ürüne nitelik ve nicelik yönünden vereceği zararları azaltmak.

2) Pazar fiyatlarını izleyerek ürünlerin en yüksek fiyatla satış olanağını sağlamak.

3) İşletmenin gereksinimini karşılayacak miktarda yem depo ederek işletme hayvancılığını güvence altına almak.

4) Mevcut koşullara göre ürünleri çeşitli aşamalarda işlemek suretiyle bunların kıymetlendirilmesine olanak hazırlamak.

İklim koşullarının, kemirgenlerin ve mikroorganizmaların meydana getirdiği zararlar ürün çeşidine bağlı olarak değişik şekilde kendini gösterir. Diğer taraftan, özellikle mikroorganizmaların faaliyetleri iklim koşulları ile yakından ilişkilidir. Bu nedenle, bu zararlı etkenlerin önlenmesi, bütün tarımsal ürünler için aynı olmayıp, ürün çeşidine ve depolama amacına göre değişmektedir.

Tahıl Depoları

Buğday, arpa, çavdar, mısır, nohut v.b. gibi taneli ürünlerin depolandığı yapılara tahıl depoları adı verilir. Tahıl depolarının planlanması ve inşasında gözönünde bulundurulması gereken başlıca noktalar şu şekilde sıralanabilir:

1) Yapıların, depolanan ürününün düşey ve yatay basıncına karşı yeterli mukavemette olması,

2) Depolanan ürünün kurutulmasının zorunlu olduğu durumlarda, gerekli önlemlerin alınmış olması,.

3) Ürünün zararlılardan koruyabilmesi için fümügasyona uygun olması.

4) Doldurma ve boşaltma işleminin kolayca yapılması.

Tahılın doğal haliyle depolarda korunabilmesi için, depo içinde optimum hava koşullarının sağlanmasına çalışılmalı, tahıl zararlılarına karşı korunmalı ve mikroorganizmaların zararlı faaliyetleri önlenmelidir. Tahıl, genel olarak kapalı ve korunmuş yapılarda depolandığından doğal hava akımı çok yavaş olmaktadır. Bu nedenle, depolanacak tahılın rutubet oranının belirli bir sınırın üzerinde olmaması istenir. Aksi halde depoda kurutulabilmesi için gerekli önlemler alınmalıdır.

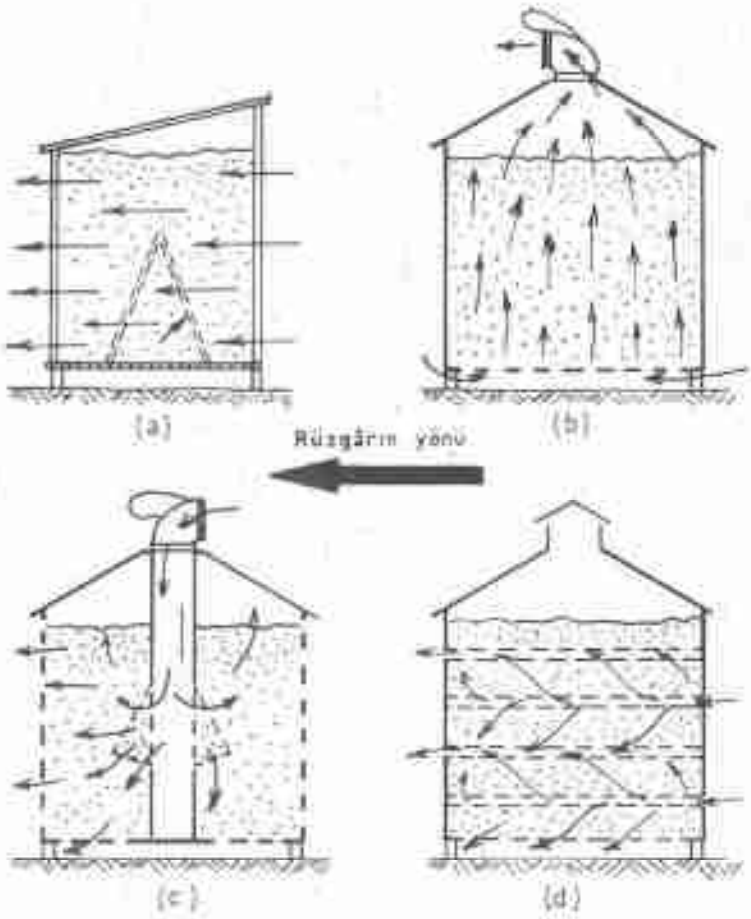
Depolanacak tahılın içerdiği rutubet miktarı belli bir sınırın altında olmalıdır. Bu sınır, tahıl çeşidine, yetiştirilip depolandığı yerin iklim koşullarına ve depolama süresinin uzunluğuna göre değişir. Tahılın sahip olması istenen rutubet miktarı sıcaklığa bağlı ise de buğday, sorgun, dane mısır, yulaf ve arpa gibi ürünler için optimum rutubet oranının % 13 olması önerilmektedir. Diğer taraftan, örneğin soya fasulyesinin depolanabilmesi için bu değerin % 11 i aşmaması istenir.

Depolanan tahılın rutubet oranının emniyet sınırının altında olması yanında, depo havasının sıcaklık ve rutubetinin de fazla olmaması arzu edilir. Rutubet ve sıcaklığın artması halinde tahılın korunması güçleşir. Tahıllarda enzim faaliyetleri ve kemirgenlerin oluşturdukları zarar artar. Mikroorganizmalar aktif duruma gelir. Bunun sonucu olarak tahıllarda küflenme görülür. Ürünün niteliği düşer. Mantarı zararlılar bağıl nem % 65-70 in üstünde olan ortamlarda daha kolay üremektedir. Bu nedenle, depo havasının bağıl nemi bu sınırın üzerine çıkmamalıdır. Bu da ancak, tahıl rutubet oranının % 13 civarında olması ile sağlanabilir.

Tahıllarda rutubet ve ısı artışı havalandırma ile önlenebilir. Havalandırmanın birinci amacı fazla rutubetin, ikincisi ise solunum ısısının dışarı atılmasıdır. Havalandırma, doğal ve mekanik olarak yapılır. Doğal havalandırma ile tahıllarda rutubetin azaltılması iki yolla olur. Birincisinde deponun duvar veya tabanındaki açıklıklar yardımıyla oluşan doğal hava akımı sonucunda diffüzyonla, ikincisinde havanın taneler arasındaki hareketi sonucunda rutubet miktarı azalır. Şekil (4.12) de tahıl depoları ve bazı doğal havalandırma sistemleri gösterilmiştir.

Mısır Serenleri

Mısır depolama yapılarının planlanması ve inşaasında gözönünde bulundurulacak ilkeler ve bunlarda aranılan genel istekler çoğunlukla diğer tahıl



Şekil 4.12. Çeşitli tahıl depoları ve doğal havalandırma sistemleri.

depolarındakiyle aynı olmasına karşın, bu yapıların kendilerine özgü bazı ayrıcalıkları vardır. Bunun başlıca nedeni, mısır hasat edilmesinden hemen sonra korunmuş bir ambarda emniyetle depolanamayacak kadar fazla nem içermesidir. Bu bakımdan koçanlı mısırın, havalandırmanın doğal veya mekaniksel olarak sağlandığı seronlerde depolanması gereklir.

Mısır serenlerinde aranan başlıca özellikler şöyle özetlenebilir:

1) Doldurma sırasında ve doldurmadan sonra mısırın oluşturduğu yatay ve düşey basınçlara yeterli mukavemet,

2) Rüzgar ve kar yüküne karşı emniyet,

3) Mısırın olgunlaştırılması ve kurutulması için yeterli havalandırma olanağına sahip olması,

4) Yapım ve bakım masraflarının düşük olması,

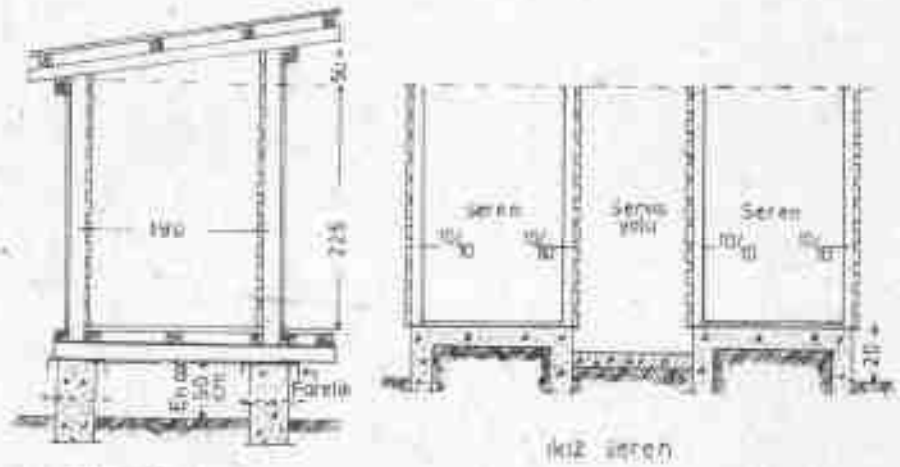
5) Doldurma ve boşaltmada kolaylık sağlanması,

6) Ürünün yağmur, kar ve rutubetten korunması,

7) Kemiricilere, böceklere ve yangına karşı yeterli emniyetin sağlanması.

Herhangi bir serenin uzunluğu depolanacak mısır miktarının, yüksekliği ise serenin doldurulmasında kullanılan sistem ve vasıtaların bir fonksiyonudur. Özellikle, havalandırma doğal hava akımı ile sağlanıyorsa, genişlik, iklim koşullarına bağlı olarak 1.50-3.0 m arasında değişir. Seren genişliği belirtilen değerlerden daha geniş tutulduğu zaman havalandırma kanal ve tünellerinin düşünülmesi gerekir.

Uygulamada farklı malzemeden yapılmış çeşitli tip serenlerden yararlanır. Ancak, en yaygın olanı, duvarları ahşap çıtalı dikdörtgen serenler ile ikiz serenlerdir. İkiz serenler aslında aralarında bir servis yolu bulunan ve aynı çatı altında düzenlenmiş iki dikdörtgen serenden oluşur (Şekil 4.13).



Şekil 4.12. Uygulamada yaygın olarak kullanılan dikdörtgen ve ikiz serenler.

Serenlerde duvar yüzeyinin en az % 8-10 u kadar delik veya yarık bulunmalıdır. Açıklık oranının artması kurutma işini hızlandırır ise de yağış ve karın seren içine girme olanağı artacağından, bu durum sorun yaratabilir. Duvarların kaplanmasında 10,15 veya 20 cm genişlikteki tahtalar 2-4 cm aralıkla çakıldığı zaman meydana gelecek açıklığın alanı duvar yüzeyinin % 15-20 si arasında olmalıdır.

Yeşil Yem Siloları

Hayvanların beslenmesi için yeşil yem olarak kullanılan her çeşit bitkinin, doğal ve taze olarak bulunamadığı mevsimlerde, aynı tazeliğe yakın bir durumda ve kuru haline göre daha yüksek bir gıda değerine sahip olacak şekilde korunması, işletme hayvancılığının garanti altına alınmasında ve dolayısıyla hayvancılığın başarı ile yürütülmesinde önemi büyüktür. Yeşil yemlerin besin değerinden pek az bir kayıpla ve ekşi yem halinde korunması ancak silolarla yapılabilir. Bu nedenle silolar, yeşil yemi hayvanlar tarafından yenilebilecek koşullar altında koruyabilen yapılar olarak tanımlanabilir.

Hayvanlar tarafından yenilen bütün yem bitkileri, yeşil yem halinde silolanabilir. Ancak, bu amaçla en yaygın olarak kullanılan yem bitkileri, mısır, sorgum, sudan otu, yonca ve soya gibi bitkilerdir. Yeşil yem, silode besin değerini tedrici olarak kaybeder. Bu kaybın birinci nedeni, bitki bünyesindeki karbonhidratların bir kısmının fermantasyon yolu ile asitlere çevrilmesidir. Meydana gelen asitler, çoğunlukla laktik ve asetik asittir ve bunlar silo yemine ekşimtrak bir tat verirler. Besin kaybına neden olan diğer bir etken ise, yeşil yemin hava ile temasa gelmesidir. Bu nokta, silonun korunmuş olarak yapılması, silolanacak yem bitkisinin kıyılıp, iyice sıkıştırılarak hava boşluklarının en aza indirilmesi ve silodan çıkarılan günlük yem miktarının ayarlanması ile ortadan kaldırılabilir.

Siloların inşasındaki başlıca amaç, silo yeminin fermantasyonunu arzu edilen düzeyde tutmak ve yemi hayvanlar tarafından iştahla yenilecek şekilde koruyabilmektir. Bu noktaların yerine getirilebilmesi için silo yapıları aşağıdaki özellikleri içermelidir.

1) Silolar, yeşil yemin ortaya koyduğu yatay ve düşey basınçlara karşı yeterli mukavemette olmalıdır.

2) Kullanılan inşaat malzemesi yeşil yemin suyunu emmemelidir.

3) İnşaat malzemesi yeşil yemin suyundan etkilenmemelidir.

4) Duvarların şekli ve yüzeyi, yeşil yemin hava cepleri oluşturmadan oturmasını sağlayacak şekilde pürüzsüz olmalıdır.

5) Silo duvarları hava geçirmemelidir.

6) Yapı, yemin bozulmasına olanak vermemelidir.

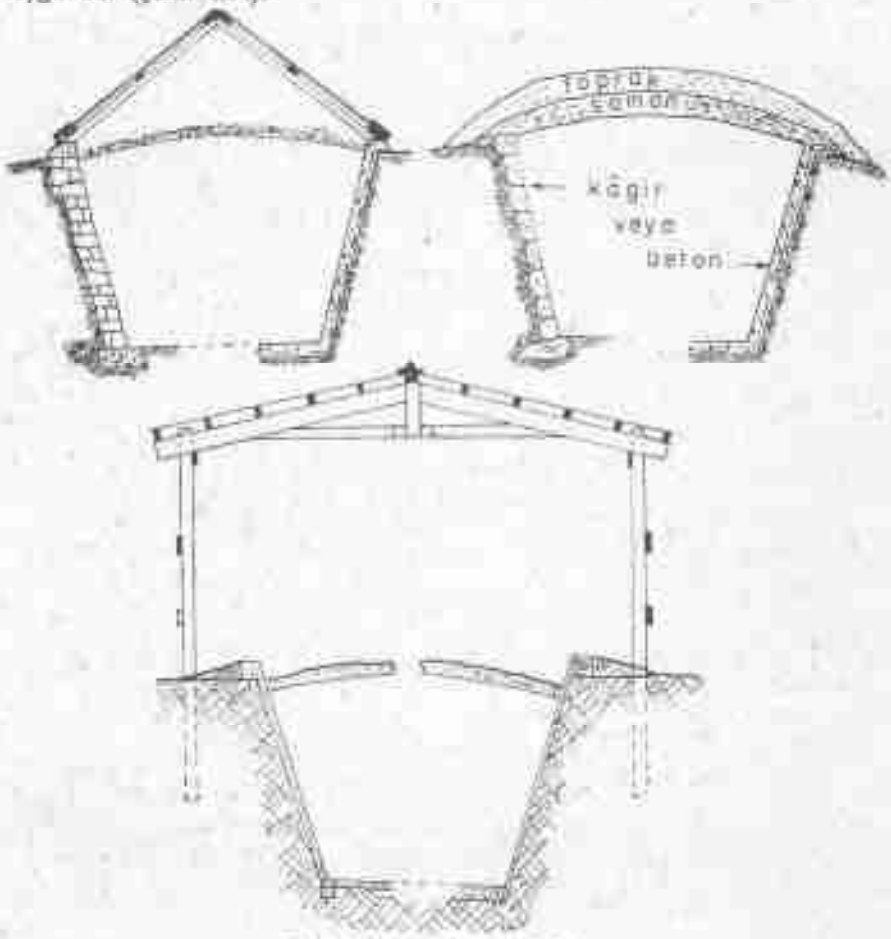
Silolar, çeşitli özelliklerine göre sınıflandırılırlar. Ancak uygulamada en çok kullanılan silo tipleri yapılışlarına göre düşey silolar, yatay silolar ve geçici hendek silolar olmak üzere üç gruba ayrılabilir.

Silo tipinin seçiminde işletmenin gereksinimi, elde mevcut olanak (para) ve zaman, ilk yapım masrafı, bakım masrafı ve silolama randımanı gibi faktörler gözönünde bulundurulur.

Düşey silolar tuğla, beton veya metal yapılar olarak inşa edilirler. Bu yapıların ilk yapım masraflarının yüksek olmasına karşılık görünüşleri güzel, servis ömürleri uzun, yangına karşı emniyetleri yüksektir. Silaj en iyi bu tip silolarda depolanabilir. Boşaltıcı ve konveyörlerin kullanılmasıyla besleme programındaki el emeği en az düzeye indirilir. Büyük hayvancılık işletmelerinde 7–10 m çapında büyük silolar inşa edilebilir.

Yatay siloların görünüşleri güzel olmamakla birlikte birim yeşil yem hacminin silolama maliyeti düşük ve otomatik yemlemeye uygundur.

Geçici hendek silolar ise, daha çok kuraklık, binaların yanmış olması veya daha başka beklenmeyen durumlarda kullanışlıdır. Bunlar, aynı zamanda elde yeterli sermayenin bulunmadığı zamanlarda da soruna ucuz bir çözüm sağlarlar. Bununla birlikte geçici hendek silolardaki yem kayıpları, diğer silo tiplerine göre çok daha yüksektir. Bu tip silolar, daha çok yeraltı su sızıntılarının bir sorun oluşturmadığı kurak ve yarı kurak bölgeler için uygundur (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. Hendek silo tipleri.

Silo yeminde meydana gelen kayıplar yapı tipine, yeşil yemin olgunluk derecesi ve su içeriğine, kıymadaki inceliğe, yeşil yemin havadan tecridindeki başarıya bağlıdır. Daimi düşey silolarda bu kayıp % 5–12, daimi yatay silolarda % 10–30, geçici hendek silolarda ise % 15–50 arasında değişir.

Meyve ve Sebze Depolama Yapıları

Bu yapılar, yetiştirme mevsimi dışında meyve ve sebzelerden yararlanmayı; çiftçinin pazar fiyatlarını izleyerek, ürünün uygun zamanlarda uygun fiyatlarla pazara sürümünü sağlar.

Meyve ve sebzeler, çoğunlukla sıcak havalarda ve normal oda sıcaklığında uzun zaman korunamazlar. Meyve ve sebzeler düşük sıcaklık derecelerinde ve yüksek bağıl nemde depolanırlar. En uygun sıcaklık, donma noktasının hemen üzerinde olan değerlerdir. Birçok bölgelerde ortalama kış sıcaklığı, ürünlerin bozulmadan birkaç hafta ve hatta birkaç ay depolanmasına olanak verir. Ancak, depolamada en iyi sonuç, çevre koşullarını kararlı bir düzeyde tutan ve donmayı önleyen iyi tecrid edilmiş yapılarda sağlanır. Ortalama sıcaklığın yeter derecede düşük olmadığı sıcak bölgelerde, genellikle mekaniksel soğutmaya gereksinme duyulur.

Depolanacak meyve ve sebzelerin üzerleri yaş olmamalı, toplanması, sandıklanması ve depoya nakli itina ile yapılmalıdır. Depolamadan önce, meyve ve sebzelerin çürük olanları ayıklanmalıdır.

Depolama sıcaklığı, meyve ve sebzenin çeşidine göre değişir. Ancak, ürünlerin depolandığı yerin çoğunlukla karanlık olması arzu edilir. Bu yapılarda havalandırma, sadece kokunun atılması yönünden değil, aynı zamanda arzu edilen sıcaklık ve rutubetin sağlanması için de gereklidir. Pencere ve havalandırıcılar, tercihan sıcaklığın düşük olduğu geceleyin açılmalı veya çalıştırılmalıdır. Depolamada hava bağıl neminin, ürünün çeşidine göre belirli bir düzeyin altında olmaması istenir.

Deponun duvar ve tavanları, rutubetin depolanan ürünler üzerinde yoğunlaşmasına olanak vermemek için, iyi bir şekilde tecrid edilmelidir. Ürün üzerinde yoğunlaşan serbest su çürümeyi hızlandırır. Tecrid malzemesi yüzeyinde rutubetin yoğunlaşmaması için yapı elemanlarına buhar kesicileri yerleştirilmelidir. Buhar kesiciler, normal depolarda yapı unsurlarının sıcak tarafına, mekanik olarak soğutulan depolarda ise, dış tarafa yerleştirilmelidir.

Meyve ve Sebze Depolarında Aranılan Temel İstekler:

Meyve ve sebzelerin depolama koşulları çoğunlukla ürünün çeşidine, hasat koşullarına, olgunluk derecesine ve büyüklüğüne bağlıdır. Genellikle

dikkat edilmesi gereken nokta, hepsinin düşük sıcaklık derecelerine ve yüksek bağıl neme sahip ortamlarda depolanmalarıdır.

Ekseri meyve ve sebzeler depolandıkları zaman solunum sonucu ortama ısı yayarlar. Bu ısı, yüksek sıcaklıklarda süratle artar. Meyve ve sebzeler optimum sıcaklık koşullarında depolandıkları takdirde solunum ısıları düşer. Bu durumda soğutma gereksinimleri fazla değildir. Düşük sıcaklık derecelerinde ürünün bozulmadan depolanma süresi daha uzun olur. Solunum ısısı, genellikle Kcal/ton/24 saat birimi ile ifade edilir. Soğuk hava ve mekaniksel soğutma bu ısı yükünü absorbe eder. Cetvel 4.2 de çeşitli meyve ve sebzelerin optimum depolama koşulları, depolama süreleri ve solunum ısıları gösterilmiştir.

Cetvel 4.2. Çeşitli meyve ve sebzelerin depolama koşulları

Ürünün cinsi	Sıcaklık °C	Bağıl nem %	Solunum ısısı Kcal/ton/gün	Depolama süresi
Armut	— 2,0-0,0	85-90	175	1,5-7 ay
Çilek	— 1,0-0,0	80-85		7-10 gün
Elma	— 1,0-0,0	85-90	175	2- 5 ay
Greyfurt	0,0	85-90	115	6- 8 hafta
Limon	+10,0- +14,5	80-90	150	1- 2 ay
Kayısı	— 1,0-0,0	80-85		1- 2 hafta
Kiraz	— 1,0-0,0	80-85	375	10-14 gün
Portakal	0,0- + 1,0	80-90	175	8-10 hafta
Şeftali	— 0,5-0,0	80-85	250	2- 4 hafta
Üzüm	— 1,0-0,0	80-85		3- 6 hafta
Bezelye	0,0	90		1- 2 hafta
Domates (yeşil)	+13,0 +21,0	80-90	600-750	3- 5 hafta
Domates (olgun)	+ 7,0 +10,0	80-90		7-10 gün
Fasulye	0,0 + 2,0	80-90		2- 4 hafta
Havuç	0,0 + 2,0	90-98	200-350	4- 5 ay
Ispanak	0,0	90-95		10-14 gün
Karnıbahar	0,0 + 2,0	90-95		2- 3 hafta
Karpuz	+ 2,0 + 4,5	75-85		2- 3 hafta
Kavun	+ 2,0 + 4,5	75-85		2- 4 hafta
Kereviz	0,0 + 2,0	90-95	175-325	2- 4 ay
Lahana	0,0	90-95		3- 4 ay
Marul	0,0 + 2,0	90-95	150-250	2- 3 hafta
Pazarsa	+ 2,0 +10,0	90-95	175-375	3- 5 ay
Salatalık	+10,0	90-95		2- 3 hafta
Soğan	0,0	70-75	250	

Depolama yapılarında tecrid gereksinimi ve soğutma ile ilişkili olarak yapılacak ısı dengelemesi hesapları, solunum ısısını da içermelidir. Bu nokta, özellikle solunum ısısının çok yüksek olduğu yüksek sıcaklık derecelerinde bilhassa önemlidir. Çünkü, meyve ve sebzeler düşük sıcaklık derecelerinde depolandıkları takdirde, solunum ısısının az olması nedeniyle soğutma yükü gereksinimi fazla değildir. Buna karşın, depolanan sıcak sebzelerin ilk aşamada bırakıldığı soğutma yükü ise fevkalade önemlidir. Depolama

koşulları ne kadar iyi olursa olsun birçok sebze ve meyveler ancak, birkaç gün veya hafta niceliğ ve niteliklerini yitirmeden korunabilirler.

Meyve ve sebze depolarında her cins ürünün ayrı ünitelerde depolanması önerilir. Bunun başlıca nedeni, ürünlerin birbirlerinden farklı optimum istekleri olması ve bazılarının etrafa hoş olmayan kokular yayabilmesidir. Örneğin, elma ve kereviz bazı sebzelerden hoş olmayan kokuları bünyelerine alabilmekte, turp ve lahana ise bu kokuları ortama kolaylıkla yayabilmektedir.

Depo Tipleri:

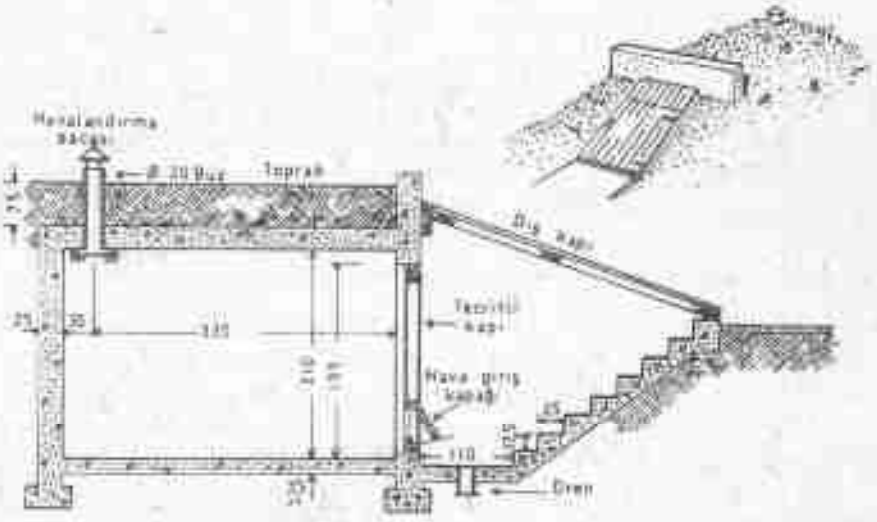
Meyve ve sebzeler, basit yapılarda depolanabildiği gibi, özel mekanik ekipmanlarla soğutulmuş ve yapı elemanları tamamen tecrid edilmiş modern binalarda da depolanabilirler. Bu amaçla seçilecek depo tipinin saptanmasında en önemli etken depolamanın ekonomik yönüdür. Bunun için, depolama ile yükselen giderlerin pazar fiyatlarıyla karşılaştırması yapılmalıdır. Zira, olgunlaşma süresi ve hasadı belli mevsim içinde olan sebze ve meyvelerin, aynı süre içinde bol miktarda pazara sürülmesi fiyatların düşmesine neden olur. Buna karşın, iyi bir depolama daha uzun bir süre içinde pazarlama olanağını verir. Fakat bu süre içinde ürünün niceliğinin düşmesi ve depolama ile giderlerin yükselmesi de olağandır. Diğer taraftan depolamanın tarım işletmesi bünyesinde mi yoksa ticari amaçla inşa edilmiş depolarda mı yapılmasının daha ekonomik olacağı incelenmelidir. Aynı şekilde kooperatifler kurarak fazla sayıda işletmenin yararlanacağı depoların inşa olanaklarında gözden uzak tutulmamalıdır.

Basit yapılarda ilk yapım ve depolama giderleri düşüktür. Buna karşın modern depolarda depolama süresi uzun ve ürün kaybı azdır. Mevsimlere göre fiyatlarında büyük dalgalanmalar göstermeyen sebzelerin nisbeten basit yapılarda, aksine, fiyatları mevsimlere göre büyük değişiklikler gösteren ürünlerin, işletmenin ekonomik olanakları da dikkate alınarak, özel soğutma tesisatını içeren depolarda saklanması önerilir.

Bu depolama şekli, işletmenin ekonomik olanaklarının çok kısıtlı olduğu ve depolama periyodu süresince çevre sıcaklığının fazla düşük olmadığı bölgelerde uygulanır. En ucuz ve basit depolama şeklidir. Bunlarda ürün kaybı fazladır. Bu tip deponun yapımı için, açılan çukura patates yumruları doldurulur ve bir yığın oluşturulur. Sonra üzeri bir kat saman veya tahıl sapı, bir kat toprak olmak üzere iki defa örtülür. Saman katlarının yüksekliği 30 cm, toprağınki ise 15.0 cm olmalıdır. Bu depolama şeklinde, toprak tabakaları yağış sularının içeri girmesini önler, saman katı ise tecrid görevini yapar. İlk saman katmanı sonbahar mevsiminde, diğer tabakalar ise soğuklar artınca döşenmelidir.

Meyve ve sebzeler, en iyi bir şekilde bu amaçla inşa edilmiş yapılarda depolanabilir. Bunlar, kısmen veya tamamen doğal zemin üzerinde veya tamamen toprak içinde inşa edilirler.

Taban suyunun derin olduğu veya yağmur sularının depo tabanına sızma olanağının bulunmadığı yerlerde depoların kısmen de olsa toprak seviyesinden aşağıda olması ısı tecridinde kolaylık sağladığı için daha uygundur. Duvarların toprağa gömülmüş kısımlarının dış yüzeyleri su geçirmeyen malzeme ile, toprak üstünde kalan kısımlarının ise iç tarafları yalıtkan malzeme kullanılarak kaplanmalıdır. Tamamen toprak altında gömülü depolarda betonarme bir iskelet veya tavan teşkili halinde, üstteki toprak örtüsünün kalınlığı 75–100 cm arasında değişir. Şekil 4.15 de bir toprak altı deposunun kesiti gösterilmiştir.



Şekil 4.15. Meyve ve sebzeler için küçük bir toprak altı deposu.

Toprak üstü meyve ve sebze depolarında duvar ve tavan iyi bir şekilde yalıtılmalı ve üzeri bir çatı ile örtülmelidir. Mekanik olarak soğutulan depolarda özellikle tavan yalıtımı havalandırmada kolaylık sağlar.

Depo tabanı sıkıştırılmış toprak, taş ve tuğla döşeme veya beton olabilir. Toprak taban en ucuz olanıdır. Beton tabanının ilk maliyeti yüksek ise de temizlik daha kolaydır. Özellikle, soğutulan depolarda tabanın beton olması istenir.

Duvarlar, kagir, ahşap çerçeveli veya beton bloklardan yapılabilir. Önemli olan tecridin yeterli olması ve buhar kesicilerin yerleştirilmesidir.

Depoların soğutulması doğal havalandırma ve mekanik soğutucularla sağlanır. Doğal havalandırma, mekanik sisteme göre daha ekonomik bir yöntemdir. Ancak, mekanik olarak olarak soğutulan depolarda, depolama süresi daha uzundur. Doğal havalandırma depo dışındaki soğuk havanın içeri alınması fanlarla da sağlanabilir. Bu takdirde, giriş deliklerine emiciler yerleştirilir. Çıkış bacalarına depo havasını dışarı basan fanlar yerleştirilirse soğutma hızı arttırılmış olur.

Kaba Yem Depoları

Kaba yem depoları ot, saman ve yataklık sapın depolandığı yapılardır. Kaba yemler yağışı az olan yerlerde açıkta, yığınlar halinde veya yağışlı bölgelerde üstü kapalı veya tamamen korunmuş yapılar içinde depolanırlar.

Kaba yem ve altlığın yığınlar halinde açıkta depolanması yem kaybının artmasına neden olur. Bu durumu önleyebilmek için üzerinin su geçirmeyen bir malzeme ile örtülmesi gerekir.

Kaba yem depolarının en yaygın olan tipi, üstü bir beşik çatı ile örtülü, etrafı açık yapılardır. Bunların yapımı ucuz, depo içindeki otun yayılması ve dışarı taşınması kolaydır. Yağışlı bölgelerde, bu tip depolarda, otun depolanması ve yemleme aynı çatı altında kolaylıkla yapılabilir. Ot, deponun ortasında, yemleme gereksinimi gören iki veya dört taraftan yapılır. Bu şekildeki kaba yem depolarının tabanı çoğunlukla topraktır.

Kaba yem ve yataklık malzeme iki katlı ahırlarda ikinci katta veya ayrı korunmuş binalarda da depolanır. İki katlı ahırlarda ikinci katın depo olarak kullanılmasına, özellikle soğuk bölgelerde sık uygulanır. Yığılmış kaba yem tecrid görevi yapar. Ancak, bu durumda ahır tavanı kaba yemin depolanması sonucu üzerine gelecek yükü taşıyabilecek sağlamlıkta olmalıdır.

Kaba yem depolarının büyüklüğü işletmedeki hayvan sayısına, günlük yem tüketimine, beslenme süresinin uzunluğuna ve yemin depolanış şekline göre değişir. Depoların alan ve hacimlerinin saptanmasında Cetvel 4.3. de verilen değerlerden yararlanılabilir.

Bu değerler, ikinci katından depo olarak kullanılan binalarda gerekli statik hesapların yapılmasında da yararlıdır. Kaba yemlerin pek çoğu için, otun duvara yaptığı yan basınçlar dikkate alınmaz. Balyalanmış ot ise yan basınç yapmadan, üst üste yığılı durumda depolanır.

4.4. Tarım İşletmelerinde İçme ve Kullanma Suyu Temini ve Pis Su Sistemleri

Tarım işletmelerimizin çoğunda, işletmenin gereksinme duyduğu su, yeterince sağlanamamakta ve pis suların uzaklaştırılması bir sorun olarak

Cetvel 4.3. Bir ton kaba yem ve altlık materyalin depo gereksinimi.

Ot ve saman	Hacim gereksinimi (m^3/ton)	
	En az	En çok
Yığılmış		
Yonca	13.50	15.00
Baklagil olmayan	13.50	18.00
Saman	20.10	30.00
Sıkıştırılmış		
Yonca	6.00	9.90
Baklagil olmayan	7.50	9.90
Saman	12.00	15.00
Kesilmiş		
Yonca	8.55	10.80
Baklagil olmayan	9.00	12.00
Saman	7.50	10.50

karşımıza çıkmaktadır. Bu durum ise, bireylerin sağlığını olumsuz yönde etkilemekte, tarımsal uğraşların randımanını düşürmektedir. Bu nedenle, yapılacak işletme planlamalarında başarılı olabilmek, işletmenin su gereksinimi ile bu gereksinimi karşılayacak kaynakların çok iyi incelenmesine, pis suların insan ve hayvan sağlığına zarar vermeyecek şekilde uzaklaştırılmasına ilişkin seçeneklerin iyice etüd edilmelerine bağlıdır.

İşletmelerde Su Temini

Tarım işletmelerinde su, içme ve kullanma amaçları dışında hayvansal üretim, teknolojik işlemler, bahçe ve yeşil sahaların sulanması, yangından, korunma ve tarımsal mücadele işlerinde de gereklidir.

Tarım işletmelerinde günlük su gereksinimi kişi başına 60 L olarak kabul edilir. Hayvansal üretim için gerekli su miktarının saptanmasında ise hayvan barınaklarının temizlenmesi, içme ve diğer gereksinimler gözönünde bulundurulur. Hayvansal üretimde su gereksinimi büyükbaş hayvanlar için günde 50 L küçükbaş hayvanlar ve 100 tavuk için 15 L olarak hesaplanır. İşletmede yapılacak teknolojik işlemler ve yeşil alanların sulanması için de günlük su tüketiminin 500 L olacağı varsayılır.

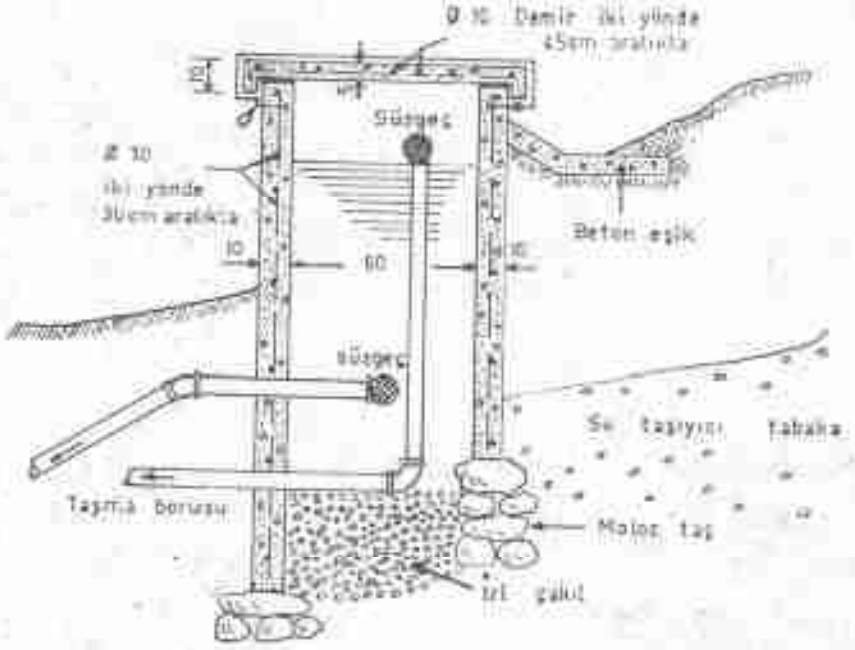
İşletmelerde kullanılan su, yüzey sularından veya yeraltı sularından sağlanır. Yüzey sularından, akarsu ve göl suları hayvansal üretimde kullanılabilir. Ancak, bu gibi suların hastalık bulaştırma olanağı gözden uzak tutulmamalıdır. Bu nedenle yüzey suları, arıtılmadan ev işlerinde kullanılmamalıdır. Aynı şekilde, rezervuar, gölet ve sarnıçlarda toplanacak suların da filtre edilip, kaynatılmadan veya kimyasal bir işleme tabi tutulmadan kullanılması sakıncalı olabilir.

Tarım işletmelerinde su gereksinimi çoğunlukla pınar ve kuyular yolu ile yeraltı suyundan karşılanır.

Pınarlar:

Bunlar, yağış veya yüzey sularının geçirimli tabakalarından sızıp, kendiliğinden yer yüzüne çıkmasıyla oluşur. Geçirimli tabakalar içinde uzun bir mesafeden süzülerek gelen ve yer yüzüne çıkan bu su temiz olup, sıcaklığı yaz ve kış aynıdır.

Tarım işletmelerinin su gereksinimlerinin pınar suyundan karşılanabilmesi ancak, kaynak etrafına yapılacak ve "kaptaj" denilen yapılarla sağlanabilir (Şekil 4.16).



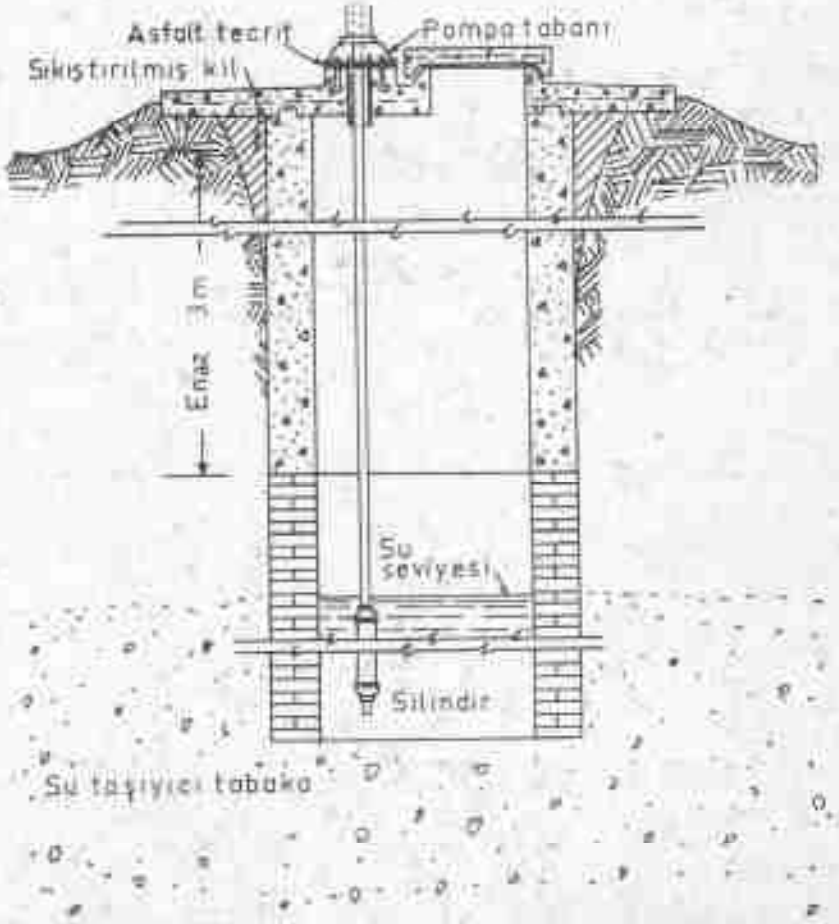
Şekil 4.16. Kaptaj tesisi.

Kaptaj tesisi, yüzeyden itibaren su taşıyıcı tabaka içerisine yeterli bir derinliğe kadar indirilmelidir. Yamaç tarafından gelecek yüzey sularının kaptaja girmesini önlemek amacıyla beton bir eşik yapılmalıdır. Kaptajın altında çakıldan oluşan bir tabakanın döşenmesi, suyun süzülerek içeri girmesini sağlar. Duvarlar, kagir malzemeden veya betondan yapılabilir. Kaptajın kapağı ise, yabancı ve zararlı maddelerin içeri girmesine olanak vermeyecek sıkılıkta olmalıdır. Suyun, işletmeye yerçekimi ile iletilmesi arzu edilir. Aksi takdirde ek bir pompaj ünitesinin tesisi zorunludur. Bu durum, yapım giderini artırır. Getirilecek suyun miktarı, kaynağı kapasitesine bağlıdır.

Kuyular:

Kuyular, yeraltı sularının yüzeye çıkarılması amacıyla su taşıyıcı tabakaları kazıdan düşey çukurlar veya şaftlardır. Kuyular, derinliklerine göre yüzlek kuyular ve derin kuyular olmak üzere iki grup altında toplanabilir.

Yüzey kuyular genellikle (Şekil 4.17), kazma, burgulama, çakma yöntemleri ile açılırlar. Derin kuyuların açılmasında kullanılan yöntemler ise, darbeli, hidrolik rotari ve ters rotari sondaj yöntemleridir. Tarım işletmelerinde içme ve kullanma suyu sağlamak amacıyla açılan kuyular çoğunlukla yüzlek kuyulardır.



Şekil 4.17. İyi yalıtılmış bir kazma kuyu.

İçme ve kullanma suyu sağlamak amacıyla kuyuların gerek yerlerinin seçiminde gerek donatımında mikrobik bulaşmaları önleyecek gerekli önlemler alınmalıdır. Kuyular, pis su sistemlerinden ve hayvan gezinme yerlerinden belirli uzaklık ve derinlikte olacak şekilde yapılmalıdır. Sağlık koşullarına uygun bir kuyu, pis su sistemlerinden en az 20-30 m. uzakta olmalı ve yüzey suları toprak içinde en az 4 m. süzülmedikçe kuyuya erişmemelidir.

Çakmak ve sondaj makinaları ile açılan kuyular standart çelik veya diğer bir dayanıklı malzemeden oluşan kaplamalar ile donatılmalıdır. Kaplamada ek yerlerinin su geçirmezliği sağlanmalıdır. Yüzey suları ve istenmeyen tabakalardan suyun kuyuya karışmasını önlemek için gerekirse kaplama geçirimsiz bir tabakaya kadar uzatılmalıdır. Su taşıyıcı bir tabaka üzerinde geçirimsiz bir tabakanın bulunmadığı hallerde kaplama, maksimum alçalma ile elde edilen su düzeyinin altına indirilmelidir. Formasyon ve kaplama borusu arasındaki halka en az 3 metre derinliğe kadar beton dökülmelidir.

İşletme avlusunda açılan kuyularda karşılaşılan en büyük sorun, özellikle adi kazma kuyularda, kaplamada bulunan yarık ve deliklerdir. Bu yarıklar, yüzey sularının süzülmeden kuyulara girmesine neden olurlar. Bu takdirde, kaplama etrafına uygun derinliğe kadar beton dökmekle ortadan kaldırılabilir.

Her kuyuda kaplama borusunun üstü su geçirmez bir kapakla kapatılmalıdır. Böylece, kirli yüzey sularının kuyu içerisine girmesi önlenmiş olur.

En uygun içme suyu kaynağı derin kuyulardır. Bu kuyulara su, derindeki tabakalardan geldiğinden, süzülme olanağı bulur veya su taşıyıcı tabakalar üzerinde bulunabilecek bir geçirimsiz tabaka yüzey suların ve dolayısıyla mikrobik bulaşmaları önler.

Su Depolama Yapıları:

Beton depo ve sarnıçlar suyun uygun ve ekonomik olarak depolanmasına hizmet ederler. Bu yapılar, dayanıklı olup, çürüme ve paslanma tehlikesi yoktur. Su depolarının projelenmesinde depo kapasitesi doğru bir şekilde saptanmalıdır. Depo kapasitesinin hesabında daha önce belirtilen değerler esas alınmalıdır.

Suyun kullanılma yerinde istenilen basınca sahip olması için depolar çoğunlukla yamaçlara veya kuleler üzerine yerleştirilir. Soğuk iklimlerde depoların yeraltında tesisi donma tehlikesini ortadan kaldırır ve yıl boyunca su sıcaklığının düzgün kalmasını sağlar.

Su deposu yükseltildiği zaman kullanılma yerinde elde edilecek su basıncı, kulenin veya tepenin yüksekliğine bağlıdır. Yaklaşık olarak her 10

metre yükseklik için 1 atmosfer basınç temin edilir. Su tesislerinde mutlukta istenilen basınç yaklaşık 0.6 atmosferdir. Suyun boru hattında akması esnasında basıncın bir kısmı sürtünme ile kaybolur. Bu kayıp, boru hattının uzunluğu ve çapına göre değişir. Büyük çaplı borularda basınç kaybı, küçük olanlara göre daha azdır. Bu nedenle, ana boru hattında 1 1/4 parmaktan daha aşağı boru kullanılmamalıdır.

Kulesindeki depo suyunun soğuk havalarda donmasının ve sıcak havalarda ısınmasının önlenebilmesi için, dış yapı elemanlarının yalıtımı gerekir.

Sarnıçlar:

İşletme avlusunda konut çatısından gelen veya kuyu sularının depolanması için kullanılırlar. Genellikle sarnıca giren su filtre edilirse de kaynatılmadıkça veya kimyasal yollarla işlemden geçirilmedikçe içme suyu olarak kullanılmamalıdır. Çünkü, filtreleme işlemi yalnızca suyu sedimentlerinden arıtır.

Yangın Havuzları:

İşletme avlusunda çıkan yangınlar sonucu, her yıl can ve mal kayıpları olmaktadır. İşletme avlusunda yeterli miktarda su bulundurulduğu takdirde yangın zararları büyük çapta önlenebilir. Bu amaçla inşa edilecek havuzun hacmi en az 10–12 m³ olmalıdır. Yangın havuzunun binalar grubundan olan uzaklığı 30–200 m. arasında değişebilir.

Yangın havuzunun yapımında kullanılan beton karışımı, yeter dayanım ve su geçirmezlik sağlayacak şekilde olmalıdır. Bu arada, kullanılan su temiz, çimento kuru, agrega temiz, sert ve granülometrisi iyi olmalıdır.

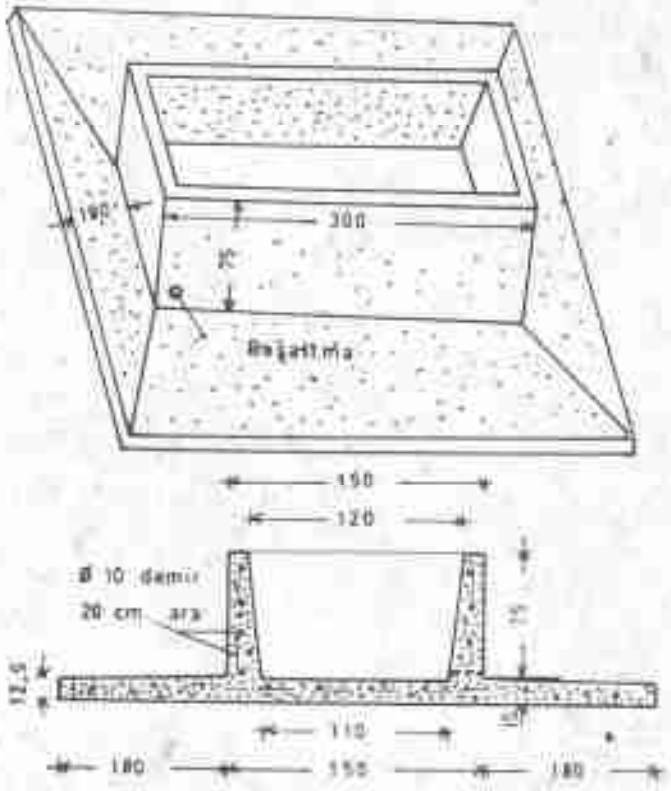
Hayvan Sulama Sıvatları:

Hayvan sağlığının korunmasında bol su esastır. İşletmede hiç olmazsa birkaç günlük gereksinimi karşılayacak hayvan sulama sıvatları inşa edilmelidir (Şekil 4.16).

Hayvan sulama sıvatlarının yapımında kullanılan beton karışımı yangın havuzları için belirtilen niteliklerde olmalıdır.

İçme Sularının Arıtılması:

İçme suyu, hangi kaynaktan sağlanırsa sağlansın, sağlık koşulları bakımından istenen özellikleri içermelidir. İçme suyu renksiz, kokusuz, berrak olmalı, fazla sert olmamalıdır. Ayrıca, hoş bir lezzeti bulunmalı, sağlığa zararlı suların içilebilir duruma getirilebilmesi için bazı işlemlere tabi tutularak arıtılması gerekir. İçme sularının arıtılmasında başvurulan işlemler



Şekil 4.18. Hayvan sulama çeşmeleri.

havalandırma, çökeltme (sedimentasyon), süzme (filtrasyon), dezenfeksiyon ve suyun sertliğinin giderilmesidir.

Havalandırma, demirin oksitlenmesi, kokuların alınması ve suyun oksijen içeriğinin arttırılması amacıyla yapılır. Havalandırma, suyun bir savak üzerinden akıtılması veya püskürtülmesi ile sağlanır. Sedimentasyon işleminde, su içinde bulunan ağır askı maddeleri dinlendirme havuzlarında yerçekimi etkisiyle çökertilir. Granülometrisi iyi kum, çakıl granülo kömür veya benzeri filtre malzemesinden oluşan bir ortam, suların filtrasyonunda kullanılır. Bu şekilde yapılacak bir işlem sonucu günde 1-2 m^3 su filtre edilebilir. Buna karşın, basınçlı filtrelerin herbir metre karesinden günde 120 m^3'e kadar su geçirilebilir.

Küçük tarım işletmelerinde yukarıda değinilen işlemlerin uygulanması pratik olmadığından çoğunlukla içme suyunun ıslahında sadece dezenfeksiyona başvurulur. İçme suyu kuyularında kullanılan en iyi dezenfeksiyon

klorlamadır. Bu amaçla sıvı, gaz veya toz halinde sodyum veya kalsiyum hipoklorür $Ca(OCl)_2$ kullanılabilir. Klor oranı bir veya birkaç ppm olabilir. Sudaki organizmanın yok edilmesi için 30 dakikalık bir işlem süresi istenilir. Dezenfeksiyondan sonra kalan "artık klor", 0,5 ppm den fazla olmamalıdır. Kuyu ve membaların dezenfeksiyonunda % 25 klor içeren kalsiyum hipoklorürden 1 m^3 suya yaklaşık 200-250 gr hesap edilir.

Suyun sertliğinin giderilmesinde ise, amonyak, boraks veya çamaşır sodası gibi çeşitli müstahzarlar kullanılır veya su bir zeolit filtresinden geçirilir.

Pis Su Sistemleri

Pis sular çeşitli hastalıklara sebep olacak mikropları içerdiklerinden, içme sularının temizliği ve halk sağlığı için tehlikelidir. Bu nedenle, tarım işletmelerinde pis suların ve bütün artıkların tasfiye edilmesi üzerinde önemle durulması gereken bir konudur. Bu amaçla, lağım çukurları ve septik tank sistemlerinden yararlanılabilir.

Lağım Çukurları:

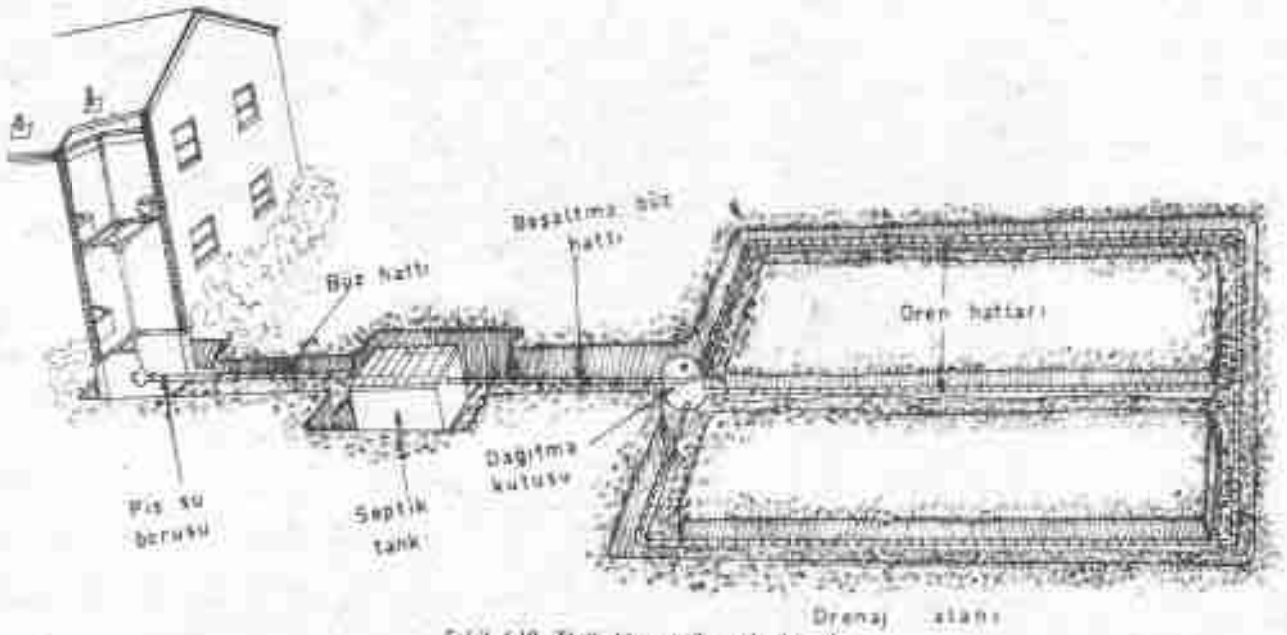
Lağım çukurları, işletmede uygun bir yere yerleştirildikleri, elverişli bir şekilde inşa edildikleri ve bakıldıkları takdirde amacı karşılarlar. Lağım çukurları, evden 15-40 m metre ve kuyudan en az 20-30 m. uzaklıkta inşa edilmeli ve rüzgarın eve gelmediği tarafta olmalıdır.

Lağım çukurlarının en basiti ve en çok kullanılanı duvarsız çukurlardır. Üst yapı ahşap veya beton olabilir. Çukurun hacmi en az 1,5-2,0 m^3 olmalıdır. Bu hacimdeki bir lağım çukuru beş nüfuslu bir ailenin 5-10 senelik gereksinimi için yeterlidir. Çukur dolunca ya temizlenir veya bir başka yerde yeni bir çukur açılır. Çukurdan çıkarılan materyal toprak içine dikkatli bir şekilde gömülmelidir.

Adi kör çukurların biraz daha geliştirilmiş şekli, harçsız taş duvarlarla örülmüş lağım çukurlarıdır. Bu çukurlarda pis sular, toprağa sızar ve sonunda yeraltı suyuna erişir.

Septik (Fosseptik) Tank Sistemi:

Septik tank sistemi, tarım işletmelerinde pis su ve artıkların arıtılmasında etkili bir sistemdir. Sistemin ;(1) bina ve pis su borusu, (2) büz hattı, (3) septik tank, (4) boşaltma büz hattı, (5) dağıtma kutusu, (6) drenaj alanı ve dren hatları olmak üzere başlıca 6 unsuru vardır (Şekil 4.19).



Şekil 4.19. Tipik bir septik tank sistemi.

5. ÇEVRE KOŞULLARININ DENETİMİ

Yapılarda çevre koşulları denilince canlının içinde yaşadığı büyüyüp geliştiği ve verimlerine etkili tüm etmenler anlaşılır. Bunlar arasında bakım ve besleme yanında ortam havasının sıcaklık ve nemi, kimyasal bileşimi, hava hareketi, yapı elemanlarının yalıtım değeri, yapay ve doğal aydınlatma ile havalandırma sayılabilir. Tarımsal yapılarda çevre koşullarının denetim ve düzenlenmesi bina içerisinde uygun sıcaklık ve nemin korunması, yeterli ışık ve havalandırma yolu ile temiz havanın temini, yüksek kaliteli ürün elde edebilmek için sağlık koşullarının sağlanması ile gerçekleştirilebilir.

Tarım işletmelerinde, işletme binalarının yapımında çoğunlukla yapının sağlam ve ekonomik olması üzerinde durulmakta, çevre koşullarının denetim ve düzenlenmesine gereken titizlik gösterilmemektedir. Buna karşılık örneğin iklim koşullarının sert geçtiği yörelerde hayvan barınaklarında bina hacminin küçültülmesi, pencere yüzeylerinin azaltılması, kış ayları süresince havalandırmanın tamamen durdurulması veya hayvan sayısının arttırılması gibi yollara başvurulmaktadır. Bu gibi işlemler aslında üretim üzerinde olumsuz etkiler yaptığı gibi yapıların hizmet ömrünü de kısaltmaktadır. Oysa işletme yapıları, özellikle hayvan barınakları, iki ana amaca hizmet edecek şekilde yapılırlar:

1) Hayvanları elverişsiz çevre koşullarından koruyarak onlar için uygun üretim ortamı sağlamak.

2) Rasyonel ve kolay bir yenilemeye olanak sağlayarak, işgücünden ekonomi sağlamak.

Yapıların bu iki özelliği, birlikte sağlayacak biçimde projelenip, yapılmaları üzerinde önemle durulması gereken bir konudur. Bu nedenle örneğin, hayvan barınaklarının yapımında ya da var olanların iyileştirilmesinde aşağıdaki noktalar daima gözönünde bulundurulmalıdır.

1) Yapılar yazın serin, kışın sıcak olmalıdır.

2) Ani sıcaklık değişmeleri önlenmelidir.

3) Yapı elemanlarında nem yoğunlaşması olmamalıdır.

4) Fazla amonyak ve nemin oluşması önlenmelidir.

5) Zararlı hava akımları önlenmelidir.

6) Yapı içinde uygun sıcaklık, yeterli ışık ve havalandırma ile temiz hava sağlanmalıdır.

Tarımsal yapılarda bütün bu koşulların tam anlamıyla gerçekleştirilmesi her zaman için ekonomik olmayabilir. Ancak, projelemede çevre koşullarının denetimi ile ilgili ana ilkelerin olanaklar oranında gözönünde bulundurulması zorunludur. Bu nedenle, önce çevre koşullarına ilişkin ana ilkelerin tanımlanmasında yarar görülmüştür.

5.1. Çevre Koşullarının Denetimine İlişkin Ana Kavramlar

Isı ve Sıcaklık Arasındaki İlişki:

Tarımsal yapılarda kontrol edilmesi gereken başlıca çevre faktörlerinden birisi sıcaklıktır. Sıcaklık, ısının şiddet ve derecesinin bir göstergesi olup, herhangi bir malzemenin temas halinde bulunduğu bir başka malzemeye ısı iletme kabiliyetinin göreli bir ölçüsüdür. Öte yandan, ısı bir enerji şekli olup, bir maddeden öbürüne ancak sıcaklık farkı olması durumunda iletilir. Herhangi bir malzeme ısı alıp verdiği zaman bir sıcaklık değişmesi ortaya çıkar. Isı iletimi sırasında ısıyı veren cismin sıcaklığı düşer, buna karşılık ısıyı alan cismin sıcaklığı yükselir.

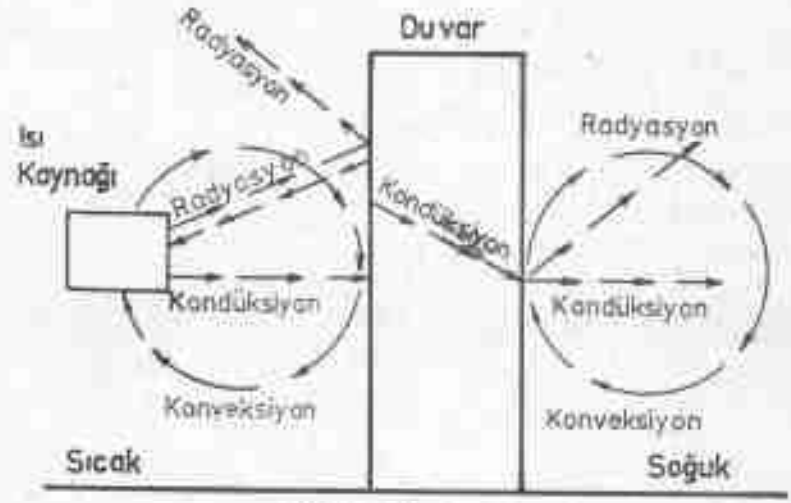
Metrik sistemde ısı birimi kaloridir. Bir küçük kalori, 1 gr. suyun sıcaklığını + 3,5°C den + 4,5°C ye yükseltmek için gerekli olan ısı miktarıdır. 1000 küçük kalori 1 büyük kaloriye eşittir.

Isı İletimi

Çevre koşullarının kontrolündeki problemlerin çoğu ısı iletimi ile ilgilidir. Isı, kondüksiyon, konveksiyon veya radyasyon yoluyla iletilir. Çevrede ısı akış yönü daima yüksek sıcaklıktan düşük sıcaklığa doğru olmaktadır (Şekil 5.1).

Kondüksiyon:

Sıcak bir cisim soğuk bir cisimle temasa geldiği zaman ısı sıcak cisimden soğuk cisme kondüksiyonla iletilir. Kondüksiyonla olan ısı akımı, bu maddenin molekülünden molekülüne doğru bir kinetik enerji akımıdır. İki nokta arasındaki ısı akımı, noktalar arasındaki uzaklıkta ters, sıcaklık farkı ve kesitle doğru orantılıdır. Isı akımı aynı zamanda, ısı ileten malzemenin niteliklerine de bağlıdır. Kondüksiyonla kolayca ısı ileten malzemeye iletken, ısı akımına direnç gösterenlere yalıtkan malzeme adı verilir.



Şekil 5.1. Isı iletim yolları.

Konveksiyon:

Isının, akışkanların hareketiyle olan iletimine konveksiyon denilir. Örneğin, soğuk bir odaya sıcak havanın doğal ya da mekaniksel yollarla verilmesiyle odanın ısınması konveksiyonla olur.

Radyasyon:

Isının elektromanyetik dalgalarla iletilmesine radyasyon adı verilir. Radyasyon enerjisinin en önemli kaynağı güneştir. Güneş radyasyonun gözle görülebilen kısa dalgaları ışık, gözle görülemeyen uzun dalgaları ise ısıdır. Radyasyon enerjisi herhangi bir cisim tarafından emildiği zaman bu enerji ısı (Termal) enerjisine çevrilir ve cismin sıcaklığı yükselir.

Isı İletimi ile İlgili Terim ve Semboller:

Isının bir binadan kaybolması olayı yani, bir hava ortamından katı bir ortam yoluyla bir başka hava ortamına iletilmesi oldukça karışık bir olaydır. Örneğin sıcak bir odada ısının kaybolmasında ısı, önce oda havasından duvarın iç yüzüne iletilir, sonra duvar içinden duvarın dış yüzeyine ve buradan da tekrar dış havaya iletilir. Eğer dışardaki hava odadakinden sıcaksa iletim ters yönde oluşur.

Isının bir şekildeki iletiminde bütün ısı iletim yolları (kondüksiyon, konveksiyon, radyasyon) rol oynar. Bir yapıyı çevreleyen duvar ve çatı gibi dış yapı elemanları ısı akımına karşı farklı dirençler gösteren malzemeden

oluşurlar. Bu nedenle yapı elemanlarındaki ısı iletimine ilişkin problemlerin çözümüne ilişkin standard terim ve sembollerin bilinmesi gereklidir.

Termik İletkenlik (Kondüktivite) ve Kondüktans:

Termik iletkenlik veya kondüktans, bir malzemenin ısı iletim kabiliyetinin bir ölçüsüdür.

Termik iletkenlik veya kondüktivite; 1 m kalınlığındaki bir malzemenin, 1 m² yüzeyinden iç ve dışta 1 °C sıcaklık farkında bir saatte iletilen K Cal olarak ısı akımını gösterir ve (K) harfi ile belirtilir. Kondüktivitenin tersi 1/K, o malzemenin "termik direnci" olan (R)'yi verir.

Kondüktans ise 1 m² malzeme yüzeyinden ve malzeme kalınlığından 1 °C sıcaklık farkında 1 saatte K.Cal olarak iletilen ısı miktarı olarak tanımlanır. Kondüktans (C) harfi ile gösterilir. Kondüktansın tersi 1 /C ise malzemenin "ısı rezistansını" verir.

Yapılan bu iki tanımdan da anlaşılacağı gibi kondüktivite, 1 metre malzeme kalınlığı için, kondüktans ise malzemenin var olan kalınlığı için verilmektedir. Metrik sistemde yapı mazemesinin ısı iletme kabiliyeti çoğunlukla kondüktivite değeri olarak verilmektedir. Amerikan sisteminde ise, yapı malzemesinin ısı iletme kabiliyetinin ölçüsü olarak daha çok kondüktans kullanılır.

Malzemenin ısı iletim kabiliyeti ister kondüktivite olarak ister kondüktans olarak belirtilsin, her ikisi de ısı iletimine ilişkin hesapların yapımında aynı kolaylıkla kullanılır. Eğer herhangi bir malzemenin termik direnci bilinirse, bu değerin malzeme kalınlığı ile çarpımı ısı rezistansını verir:

$$\frac{1}{C} = \text{Malzeme kalınlığı} \times \frac{1}{K}$$

veya

$$\frac{1}{C} = \frac{d}{K} \text{ dır.}$$

Formülde

C = Malzemenin kondüktansı (K cal /m² °C saat)

K = Malzemenin ısı iletim katsayısı (K cal /m °C m² saat)

d = Malzemenin kalınlığı (m)

Malzemenin ısı iletim değeri, kondüktans olarak verilmiş ise, yukarıdaki eşitlik yardımıyla bu, değerin kondüktivite olarak karşılığının hesaplanması olasılığı vardır.

Çeşitli yapı malzemesinin ısı iletim katsayıları birbirinden farklıdır. Bu farklılık malzemenin yoğunluğuna, zerrelerin büyüklük ve malzemenin içerdiği nem miktarına bağlıdır. Bu değerler laboratuvar deneyleri sonucunda saptanır. Bazı yapı malzemesinin ısı iletim katsayıları Cetvel 5.1. de gösterilmiştir.

Cetvel 5.1. Çeşitli yapı malzemesinin ısı iletim katsayıları (K)

Malzeme Cinsi	Kondüktivite değeri Kcal/m °C m² saat
Betonarme	1,30
Grobeton	1,10
İnce beton, beton tuğlası	0,60
Tuğla, çıplak dış duvar	0,75
Tuğla, sıvalı dış duvar	0,69
Delikli tuğla duvar (çıplak)	0,40
Tuğla, iç bölme	0,60
Sıva, dış duvar üzerinde	0,75
Sıva, iç duvar üzerinde	0,60
Taş	1,30-2,50
Dış ahşap kaplama	0,18
Tahta	0,12
Yağlı boya	0,20
Kauçuk	0,10-0,20
Kömür tozu	0,10
Mantar	0,035
Polistiren (Köpük)	0,030
Cam yünü	0,030
Linoleum	0,16
Heraklit	0,058
Destere talaşı	0,10
Asgest levha	0,60
Pencere camı	0,65
Kamış	0,04

Cetvel 5.2. Çeşitli yapı elemanlarının yüzey kondüktans (f) değerleri.

Yüzeyin cinsi	Yüzeyin özelliği ve ısının hareket yönü	Yüzey kondüktansı Kcal/m² °C saat
Tavan	İç yüzey; içerden tavan içine	5
Tavan	Dış yüzey; dış yüzeyden çatı boşluğuna	7
Dam	İç yüzey; iç yüzeyden dama	7
Dam	Dış yüzey; dış yüzeyden havaya	20
Duvar	İç yüzey; iç yüzeyden duvara	7
Duvar	Dış yüzey; dış yüzeyden havaya	20
Pencere	İç yüzey; iç yüzeyden pencere	7
Pencere	Dış yüzey; dış yüzeyden havaya	20
Kapı	İç yüzey; iç yüzeyden kapıya	7
Kapı	Dış yüzey; dış yüzeyden havaya	20

Yüzey Kondüktansı:

Yüzey kondüktansı havadan malzeme yüzeyine, malzeme yüzeyinden havaya olan termik kondüktansı belirtir. (f) harfi ile gösterilir. İç duvar yüzeyindeki kondüktans (f_i), dış duvar yüzeyindeki kondüktans ile (f_d) harfleri ile gösterilir. Yüzey kondüktansının tersine (1/f) yüzey *rezistansı* denir.

Çeşitli yapı elemanlarının yüzey iletkenlikleri Cetvel 4.2 de verilmiştir.

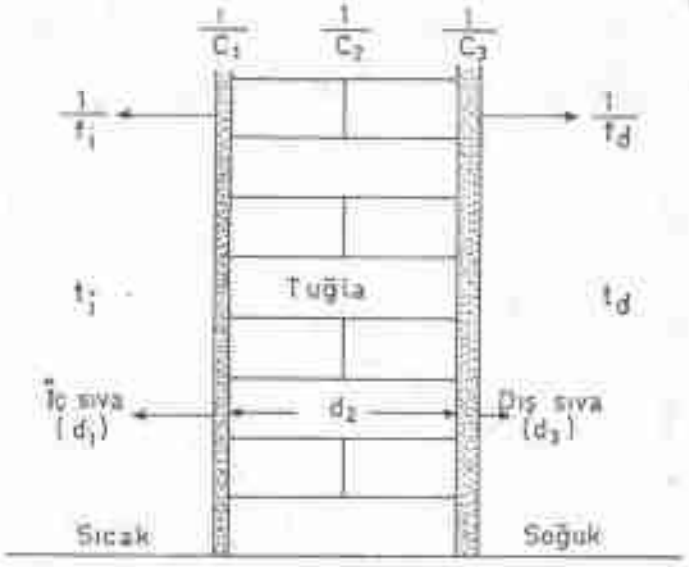
Hava Boşluğu Kondüktansı:

Hava boşluğu kondüktansı (a) harfi ile gösterilir. Yüzeyden yüzeye hava boşluğu içerisindeki ısı iletimini belirtir. Bu değer, hava boşluğunu çevreleyen yüzeylerin yüzey kondüktansını da içerir. Hava boşluğu kondüktansının tersi 1/a hava boşluğu rezistansını verir.

Hava boşluğu kondüktansı, 1,0-1,5 cm. kalınlığındaki hava tabakaları için 0.14–0.22 Kcal/m² °C saat arasında değişir.

Toplam Isı İletim Katsayısı:

Birbirinden duvar veya benzeri bir malzeme ile ayrılmış ve sıcaklıkları farklı olan iki ortamda, sıcak alandan soğuk alana doğru aradaki malzeme yoluyla bir ısı hareketi söz konusudur. Bir taraftan diğer tarafa geçen ısı miktarı ise, aradaki malzemenin "Toplam Isı İletim Katsayısı" ile ilgilidir (Şekil 5.2).



Şekil 5.2. Bir duvarda ısı iletim katsayısını veren öğeler.

Herhangi bir duvarın toplam ısı iletim katsayısı duvarın 1 m² yüzeyinden iç ve dış hava sıcaklıkları arasında her bir derece sıcaklık farkındaki ısı akımını belirtir. Toplam ısı iletim katsayısı (U) ile gösterilir ve metrik sistemde Kcal/m² °C saat olarak ifade edilir. Toplam ısı iletim katsayısının tersine 1/U, toplam termik rezistans (R) denir ve duvarı oluşturan her bir malzemenin, hava boşlukları ve yüzeylerin rezistansları toplamına eşittir. Bu durum aşağıdaki şekilde formüle edilir:

$$R = \frac{1}{fi} + \frac{1}{C_1} + \frac{1}{a} + \frac{1}{C_2} + \ldots + \frac{1}{Cn} + \frac{1}{f_d}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{d}{K}$$

eşitliğinden

$$R = \frac{1}{fi} + \frac{d_1}{K_1} + \frac{1}{a} + \frac{d_2}{K_2} + \ldots + \frac{d_n}{K_n} + \frac{1}{f_d}$$

Bulunan bu toplam rezistans (R) ın tersi, toplam ısı iletim katsayısı (U) yu vermektedir.

$$Ut = \frac{1}{R} = \frac{1}{\frac{1}{fi} + \frac{d_1}{K_1} + \frac{1}{a} + \frac{d_2}{K_2} + \ldots + \frac{d_n}{K_n} + \frac{1}{f_d}} \text{ Kcal/m}^2\text{°Ch}$$

Eşitliklerde:

f_i = Duvar iç yüzü kondüktansı (Kcal/m² °C saat)

f_d = Duvar dış yüzü kondüktansı (Kcal/m² °C saat)

a = Hava boşluğu kondüktansı (Kcal/m² °C saat)

$C_1, C_2 C_n$ = Duvarı oluşturan çeşitli malzemenin kondüktans değerleri (Kcal/m °C m² saat).

$d_1, d_2 d_n$ = Duvarı oluşturan çeşitli malzemenin kalınlıkları (m)

$K_1, K_2 K_n$ = Duvarı oluşturun çeşitli malzemenin kondüktivite değerleri (Kcal/m °C m² saat)

R = Duvarın toplam termik rezistansı (m² °C saat/Kcal)

U = Duvarın toplam ısı iletim katsayısı (Kcal/m² °C saat)

Yukarıdaki eşitliklerden de anlaşılacağı gibi bir yapı unsurunun toplam ısı iletim katsayısının hesabında, sistemi oluşturan bütün ögelerin ayrı ayrı gözönünde bulundurulması gerekir.

Herhangi bir yapıda çeşitli yapı ögelerinin toplam ısı iletim katsayıları yukarıdaki örnekte görüldüğü gibi hesaplanabilir. Uygulamada bu gibi hesapları yapma külfetinden kurtulmak için en çok kullanılan yapı elemanlarının toplam ısı iletim katsayılarını veren cetveller hazırlanmıştır. Bu cetveller yardımıyla herhangi bir hesap yapmadan istenilen yapı elemanlarının (U) değerleri bulunur.

Yalıtım-Isı Akımına Gösterilen Direnç:

Tarımsal yapılarda duvarlar yoluyla kaybedilen ısı miktarının en az düzeye indirilmesi istenilen bir noktadır. Bunun sağlanması için duvarlarda ısı iletimine karşı direnci yüksek, yani ısı iletim katsayısı düşük malzeme kullanılır. Bu malzemeye "Yalıtım Malzemesi" ya da "Yalıtkan Malzeme" denir.

Yapı malzemesinin yalıtım niteliği çoğunlukla yoğunluk azaldıkça artar. Bunun yanında malzemeyi oluşturan zerrelerin düzeni ve nem oranı da yalıtım özelliğine etkilidir.

Ölü hava boşluğunun yüksek yalıtım değeri ise bilinen bir gerçektir. Hava boşluğunun yalıtım değeri yaklaşık 2 cm kalınlığa kadar artar, fakat bundan sonraki kalınlık için yalıtım değerindeki artış düşüktür. Özellikle, yüksekliği fazla düşey hava boşluklarında oluşan konveksiyon hava akımları; ölü hava boşluğunun yalıtım değerini oldukça azaltır. Zira, konveksiyon akımları hava boşluğunun ısı iletim değerini yükseltir. Uygulamada bu sorunun önlenebilmesi amacıyla boşlukta her 60-90 cm. de bir konveksiyon akımını kesecek yatay engeller yerleştirilir.

5.2. Hava ve Su Buharı Karışımının Özellikleri

Herhangi bir yapı içerisindeki ya da çevresindeki atmosferden çoğunlukla hava diye bahsedilir. Gerçekte hava, içerisinde gözle görülmeyecek kadar küçük su buharı tanecikleri içerir. Bazı koşullarda, örneğin sisli havalarda su buharı tanecikleri gözle görülebilecek kadar büyük olabilir. Tarımsal yapılarda hava ile içerisindeki su buharı arasındaki ilişkinin kontrolü çok önemlidir.

Kısmi Basınç:

İdeal gaz karışımlarına ilişkin önemli yasalardan birisi kısmi basınç yasasıdır. Bu yasaya göre, bir ideal gaz karışımının toplam basıncı, karışımı oluşturan gazların ayrı ayrı basınçları toplamına eşittir. Karışımdaki her bir gazı yaptığı basınç aynı sıcaklıkta ve toplam karışım hacminde yalnız başına bulunduğu zamanki basıncına eşittir.

Gerçi hava su buharı tam anlamıyla ideal gaz değillerse de, yaklaşık olarak ideal gaz yasalarına uyarlar. Bu nedenle, böyle bir karışımda hava ve su buharının ayrı ayrı kısmi basınçları vardır. Toplam basınç, bu iki kısmi basıncın toplamına eşittir. Karışımın her öğesi, yüksek basınç ortamından alçak basınç ortamına doğru sürekli bir hareket halinde olacaktır.

Doyma Durumu:

Belirli bir basınç altında havanın taşıyabileceği en çok su buharı, ortamın sıcaklığına bağlıdır. Hava sıcaklığı arttıkça taşıyabileceği su buharı da artar. Eğer hava belirli sıcaklık ve basınçta tutabileceği su buharını içeriyor ise, hava doyma durumundadır denir. Tarımsal çevre koşullarının denetiminde hava basıncının sabit kaldığı kabul edilir.

Hava Nemi:

Çevre koşullarının denetiminde hava neminin belirtilmesinde "mutlak nem" ve "bağıl nem"den yararlanılır.

Mutlak nem, birim hacim hava içerisindeki su buharı ağırlığı olup gr/m³ olarak belirtilir.

Bağıl nem ise, birim hava hacmindeki hakiki nem ağırlığının, aynı hacim havanın bulunduğu sıcaklık ve basınçta doyma halinde içereceği nem miktarına oranı olup, % olarak belirtilir.

Hava sıcaklığı yükseldikçe havanın tutabileceği mutlak nem artar. Belirli hacimdeki bir su buharı-hava karışımı ısıtılacak olursa mutlak nemi değişmez, fakat bağıl nemi düşer. Buna karşılık karışım soğutulursa bağıl nem yükselir. Eğer karışımın sıcaklığı düşürülürse bağıl nem % 100 e yükselir ve hava su buharı ile tamamen doymuş bir duruma gelir. Sıcaklık daha da düşürülecek olursa su buharı yoğunlaşır.

Yoğunlaşmanın başladığı noktaki sıcaklık derecesine "Çiğlenme Derecesi" veya "Çiğlenme Noktası sıcaklığı" denir.

Havanın çiğlenme noktası sıcaklığı, ortamın sıcaklığına ve bağıl nemine bağlı olarak değişiklik gösterir. Cetvel 5.3 de farklı sıcaklık ve bağıl nemde çiğlenme noktası sıcaklıkları verilmiştir.

Havanın Isıtılması ve Soğutulması:

Tarımsal yapılarda bina içindeki hava-su buharının ısıtılması ve soğutulması, bina içerisine sıcak veya soğuk havayı iletmekle sağlanabilir. Bu nedenle, havalandırma gibi hava değişim problemlerinde hava sıcaklığını artırmak veya düşürmek için gereken ısı miktarının bilinmesine ihtiyaç vardır. Tarım-

Cetvel 5.3. Farklı sıcaklık ve bağıl nemde çiğlenme noktası sıcaklıkları.

Bağıl nem %	Sıcaklık					
	0°C	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C
50	—9.2	—4.0	+0.1	4.7	9.3	13.9
55	—7.9	—2.9	1.4	6.0	10.7	15.0
60	—6.8	—1.9	2.6	7.3	12.0	16.7
65	—5.8	—0.9	3.7	8.5	13.2	18.0
70	—4.8	±0.0	4.8	9.6	14.4	19.2
75	—3.9	+0.9	5.8	10.6	15.4	20.3
80	—3.0	1.8	6.7	11.6	16.4	21.3
85	—2.2	2.7	7.6	12.5	17.4	22.3
90	—1.4	3.5	8.4	13.4	18.3	23.3
95	—0.7	4.3	9.2	14.2	19.0	24.1

sal yapılarda karşılaşılan sıcaklık sınırları içerisinde 1 m^3 hava-su buharı karışımının sıcaklığını 1°C yükseltmek için 0.290 Kcal ısıya gereksinme olduğu kabul edilebilir. Yine aynı şekilde 1 m^3 karışımın sıcaklığını 1°C düşürebilmek için ortamdan 0,290 Kcal ısı çekilmelidir.

Su Buharının İletimi (Transmisyonu):

Tarımsal yapılarda su buharı iletimi giderek önem kazanmaktadır. Daha önce de değinildiği gibi, su buharının hareketi, hava hareketine bağlı kalmaksızın yüksek kısmi basınçtan alçak kısmi basınca doğru olmaktadır. Aynı şekilde daha önce yapılan tartışmanın ışığı altında su buharının hareket yönü, yüksek sıcaklıktan düşük sıcaklığa doğrudur da denilebilir.

Tarımsal yapılarda bina içinin sıcaklığı ile dış hava sıcaklığı arasında her zaman fark bulunduğundan, bina duvarlarından her zaman için bir su buharı hareketi söz konusudur. Su buharının bu hareketi ve duvar içinde yoğunlaşması duvarların ömrünün azalmasında önemli bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır.

Nem Denetimi:

Fazla nem, tarımsal yapılarda çeşitli zararlara yol açabilir. Duvarlarda nem yoğunlaşması ile ortaya çıkan lekeler görünüşü bozduğu gibi ahşap yapı elemanlarının çürümesine de neden olmaktadır. Ayrıca, duvarların nemlenmesi bunların yalıtım özelliklerini azaltır.

Hayvan barınaklarında nemin başlıca kaynağı, hayvanların solunumla havaya verdikleri su buharıdır. Nemin, olanak oranında oluş hızına koşut olarak dışarı atılması, yapı ögelerinin yüzeylerinde ve içlerinde yoğunlaşmasının önlenmesi gerekir.

Yapı Elemanları Yüzeyinde Nem Yoğunlaşması:

Yapılarda nemin duvar ve pencere gibi yüzeylerde yoğunlaşması kolayca görülebilir. Sıcaklığı çevre havasının çiğlenme sıcaklığından düşük olan her yüzeyde nem yoğunlaşır. Bunun nedeni, yüzeyle temas halinde bulunan havanın soğuması ve bunun sonucu olarak bağıl neminin artmasıdır. Eğer soğuma doyma noktasına kadar düşerse, bundan ileriki soğuma nemin yoğunlaşmasına neden olur.

Binalarda dış sıcaklık, iç sıcaklıktan düşük olduğu zamanlarda, duvarın iç yüzeyinin sıcaklığı içerde bulunan havanın sıcaklığından daha düşüktür. Nem yoğunlaşmasının olup olamayacağının saptanabilmesi için, duvar iç yüzeyinin sıcaklığının, çiğlenme noktası sıcaklığının altında olup olmadığı araştırılır. Eğer duvar iç yüzeyinin sıcaklığı bunun altında çıkarsa çiğlenme olacak demektir. Duvar iç yüzeyinin sıcaklığının saptanmasında aşağıdaki formül kullanılır.

$$t_y = t_i - \frac{U}{f_i} (t_i - t_d)$$

Eşitlikte:

t_y = Duvar iç yüzünün sıcaklığı (°C)
t_i = İç sıcaklık (°C)
t_d = Dış sıcaklık (°C)
f_i = Duvar iç yüzeyi kondüktansı (Kcal/m² °C saat)
U = Duvarın toplam ısı iletim katsayısı (Kcal/m² °C saat)

Bu eşitlik, yalnız duvarlar için değil, çatı, tavan, kapı ve pencere gibi bütün yapı yüzeyleri için geçerlidir.

Nemin Yapı Elemanları İçerisinde Yoğunlaşması:

Yapı elemanlarında, örneğin duvar içinde nem yoğunlaşması gözle görülemediğinden, bu şekildeki yoğunlaşma yüzeyde olandan daha sakıncalı bir durum gösterir. Su buharı duvar içerisinde ısı akımına benzer şekilde iletilir. Çünkü, su buharının iletimine neden olan potansiyel, iç ve dış havanın kısmi buhar basınçları arasındaki farktır.

Duvarı oluşturan malzeme bu nem akımına karşı bir direnç gösterir. Su buharı sadece duvar içerisinden geçse o kadar sakıncalı değildir. Ancak, durum böyle olmamaktadır. Duvarın sıcak tarafından soğuk tarafına doğru bir ısı eğimi vardır. Duvardan geçen su buharı duvar içindeki havanın bağıl nemini artırır. Herhangi bir noktada sıcaklık çiğlenme derecesi-

nin altına düşerse su buharı orada yoğunlaşır. Bunun sonucunda yalıtım malzemesinin rutubetlenmesi olayı ortaya çıkar. Yalıtım malzemesinin nemlenmesi ise, malzemenin yalıtım niteliğini düşürür ve zamanla, örneğin, ahşap yapı unsurlarının çürümesine, yağlı boyanın dökülmesine neden olur. Bu durumun ortadan kaldırılması için su buharının duvara girmesi önlenmeye çalışılır. Bunun için başvurulan yöntemlerden birisi bina içerisindeki havanın nemini dolayısıyla buhar basıncını azaltmak, öbürü ise nemin yüksek basınç tarafından duvara girmesini önlemek için buhar perdeleri tesis etmektir.

Genellikle, iki tip buhar perdesi kullanılır. Bunlardan birincisi membran tipi, diğeri ise, boya tipi olanıdır. Membran tipi buhar perdeleri iç duvar veya tavanın badanası altına yerleştirilir.

Boya tipi olanlar ise, iki kat asfaltik boya veya metalik alimünyum boya yapılması şeklinde uygulanır.

Adi çatı keçesi ve katranlı kağıtlar buhar perdesi olmadıklarından bu amaç için kullanılmamalıdırlar. Bunların yerine alimünyum yaprak ya da asfaltla doyurulmuş keçe kullanılabilir.

Buhar perdelerinin yapımında uygun malzeme seçimi yanında bunların yalıtım malzemesine ve duvar iç yüzüne yakın olarak yerleştirilmesine dikkat edilmelidir.

5.3. Isı Dengesi

Tarımsal yapıların projelenmesinde sıcaklık, nem ve öteki çevre koşulları büyük önem taşır. Bu nedenle, işletme binalarının planlanmasında binaların özel istekleri yanında, o bölgedeki iklim koşullarının da gözönünde bulundurulması zorunludur. Gerek hayvan barınaklarında, gerek ürün koruma yapılarında bina içindeki sıcaklık ve nemin istenen sınırlar içerisinde olacak şekilde dengelenmesi gerekir. Bu gibi yapılarda sıcaklık ve nemin istenilen şekilde kontrolü hem üretim hem de muhafaza edilen ürünün niteliği bakımından önemlidir. Bu nedenle yapılarda ısı dengesinin sağlanmasında titizlikle durulmalıdır.

Isı iletimi sonucunda ısıya alan cismin sıcaklığı artar. Bu nedenle, binalarda sabit bir sıcaklığın sağlanması için dışarıya verilen ısının, içeriye giren ısıya eşit olması, başka bir deyişle kazanılan ısının kaybedilen ısıya eşit olması gerekir. O bakımdan, projelemede sıcaklık kontrolü için bütün ısı kazanç ve kayıp kaynakları gözönünde bulundurulur. Bunlar birbirlerine eşit kalındığı zaman bina içerisindeki sıcaklık sabit kalacaktır. Eğer ısı kaybı, ısı kazancından fazla ise, açığın yapay yollarla kapatılması, eğer ısı kazancı fazla ise, bunun soğutma veya öteki yollarla dışarı atılması zorunludur.

Hayvan barınaklarında ısı dengesinin sağlanmasına ilişkin hesaplarda ısı kaynağı olarak hayvanların verdikleri ısı gözönünde bulundurulur. Çünkü hayvanlar çevre koşullarındaki değişmeler karşısında vücut sıcaklıklarını koruyabilmek için önemli miktarda ısı yayarlar. Bu nedenle, hayvanların rahat olark barınabileceği, inşaat maliyetini uygun sınırlar içerisinde tutabilecek çevre sıcaklıklarının farklı hayvan cinsleri için ayrı ayrı saptanması gerekir. Ancak, civciv gibi ısı yaymayan hayvanlar için yapılan barınakların geçici bir süre için yapay yollarla ısıtılması gereği akıldan çıkarılmamalıdır.

Kışın bina içindeki sıcaklığın dışardakinden yüksek olmasının sağlanması için başlıca iki ana ısı kaybı kaynağı kontrol edilmelidir. Bunlar, yapı elemanları yoluyla ısı kaybı, soğuk havanın sızması ya da havalandırma ile ısı kaybıdır.

Yapı Öğeleri Yolu İle Isı Kaybı:

Isının yapı öğeleri yoluyla iletimi, suyun bir boru içerisindeki hareketine benzetilebilir. Suyun boruda akabilmesi için bir basınç farkının olması gerekir. Boru cidarı ve su arasındaki sürtünme akışa direnç eder. Belirli bir basınç için borudan akan su miktarı boru çapı büyüdükçe artacaktır.

Isının yapı elemanları içinden, örneğin bir duvar içerisinden akmasını sağlayan basınç duvarın her iki tarafı arasındaki sıcaklık farkıdır. Isı akımına olan direnç, duvarı oluşturan malzemenin termik direncine bağlıdır. Belirli bir sıcaklık farkında duvar alanı büyüdükçe ısı kaybı artacaktır.

Herhangi bir duvar ya da döşemenin toplam ısı iletim katsayısının nasıl saptandığı daha önce açıklanmıştı. Yapı elemanları yoluyla ortaya çıkan ısı kaybı (iletimi) aşağıdaki eşitliğe göre hesabedilir.

$$q = UA(t)$$

Eşitlikte:

q = Isı iletimi (Kcal/saat)

U = Toplam ısı iletim katsayısı (Kcal/m² °C saat)

A = Duvar alanı (m²)

t = İç ve dış hava sıcaklıkları arasındaki fark (°C)'ı göstermektedir. İç havanın sıcaklığına (t_i), dış havanın sıcaklığına da (t_o) diyecek olursak eşitlik aşağıdaki şekli alır.

$$q = U\,A\,(t_i - t_o) \quad \text{Kcal/saat}$$

Hesap sonunda sonuç artı çıkarsa ısı akımının içerden dışarıya doğru, eksi çıkarsa dışardan içeriye doğru olduğu anlaşılır.

Duvarlar çoğunlukla tek parça olmadığından tek bir ısı iletim katsayısı söz konusu değildir. Örneğin bir hayvan barınağında duvarlar, kapılar, pencereler ve duvar kısımlarından oluşmaktadır. Bu ögelerin herbiri birbirinden farklı ısı iletim katsayılarına sahiptir. Bu nedenle, her kısımdaki ısı akımı, o kısma ait ısı iletim katsayısı ve alanın kullanılmasıyla ayrı ayrı hesap edilir. Duvarlardan ortaya çıkan toplam ısı kaybı, ayrı ayrı hesaplanan ısı kayıplarının toplanmından oluşur. Döşeme ve tavanlardan olan ısı akımı da aynı şekilde hesaplanır.

Tavan, döşeme ve duvarlar yolu ile olan ısı akımının toplamı, binadaki yapı elemanları yoluyla oluşan toplam ısı kaybını verir.

Hava Sızması ve Havalandırma Yolu İle ısı Kaybı:

Yapılarda ısı kaybının bir başka kaynağı da hava sızmasıdır. Binanın tam anlamı ile yalıtılamadığı durumda iç ve dış hava arasındaki sıcaklık farkı sürekli bir hava akımı oluşturacaktır. Özellikle tarımsal yapılarda var olan açıklıklar, kapı ve pencere çerçeveleri çevresindeki çatlaklar bu akımı kolaylaştırır.

Sıcaklık kontrolünün önemli olmadığı durumlarda bazı binalar bir cephesi açık olarak yapılabilirler. Kapalı bir binada ise, ısı dengesinin saptanması için hava infiltrasyonun bilinmesine gereksinim vardır. Bu amaçla kullanılabilecek birçok yöntemler var ise de, en kolayı "hava değişimi" yöntemidir. Bu yöntemin kullanılmasıyla sağlancak sonuçların doğruluk derecesi tarımsal yapılar için yeterlidir.

Tarımsal yapılarda işlevlerine göre beklenen hava-değişim sayısı geçmiş deneyimlere dayanarak tahmin edilir. Kapalı bir tarımsal yapıda saatte 1,5–2 defa hava değişimi beklenebilir. Bina içerisindeki hava hacminin hesabıyla bir saatte değişecek hava miktarı m^3 olarak saptanabilir.

Hava değişimi sırasında dışarıdan içeriye giren soğuk hava bina içindeki ısının bir kısmını alarak ısınır, yani infiltrasyonla bina içerisine giren hava, bina içi sıcaklığının bir miktar düşmesine neden olur. İnfiltrasyonla içeri giren havanın bina içi sıcaklığına getirilmesi için gerekli ısı miktarı (infiltrasyonla olan ısı kaybı) aşağıdaki eşitlikle hesabedilir.

$$q_i = 0.244\ Q.\gamma.t$$

Eşitlikte:

q_i = İnfiltrasyonla olan ısı kaybı (Kcal/saat)

γ = Havanın özgül ağırlığı (kg/m^3)

Q = Hava infiltrasyonu (m^3/saat)

t = $(t_i - t_o)$ İç ve dış hava sıcaklıkları arasındaki fark (°C)

0.244 = Rutubetli hava için özgül ısı

Havanın özgül ağırlığı yaklaşık 1.2 kg/m³ alınırsa eşitlik aşağıdaki şekle gider.

$$q_1 = 0.29\ Q\ (t_i - t_o)\ \text{Kcal/saat}$$

Hava infiltrasyonu gibi havalandırma da binalarda bir ısı kaybı kaynağını oluşturur. Havalandırma nedeniyle kaybedilen ısı miktarının bulunmasında kullanılan (q_1) eşitliği aynen uygulanabilir. Ancak, bu durumda yukarıdaki eşitlikteki hava infiltrasyonu (Q) yerine hava akım değeri kullanılır.

Havalandırma, yapı içindeki fazla nem ve sıcaklığın düşürülmesinde veya kontrolünde yararlanılan başlıca yöntemlerden biridir. Nem kontrolu için yapılan havalandırma, nem dengesi ilkesine dayanır. Başka bir deyişle havalandırma nem miktarının düşürülme hızı, örneğin hayvan barınaklarında hayvanlar tarafından solunumla verilen su buharı hızına eşit olmalıdır. Bunun için ise, kış için kabul edilen dış havanın kritik sıcaklığında nemin atılması için gerekli en az hava akımı sağlanmalıdır. Gerekli hava akımını veren formül aşağıda gösterilmiştir.

$$Q = \frac{Wa}{q_i - q_o}$$

Eşitlikte:

Q = Nemin atılması için gerekli en az hava akımı miktarı (m³/saat)

Wa = Ahır havasına verilen toplam su buharı (gr/saat)

q_i ve q_o = İç ve dış havanın mutlak nemi (gr/m³)

Bu formül tam anlamıyla doğru değildir. Çünkü, dışardan gelen soğuk hava içeri girince yerleşir ve dolayısıyla mutlak nemi değişir. Bununla beraber, formül tarımsal binalardaki problemlerin pratik olarak çözümlenmesinde yeter derecede sağlıklıdır.

Formüldeki iç ve dış havanın mutlak nem değerleri hazırlanmış cetvellerde alınabilir. Cetvel 5.4 de farklı sıcaklık ve bağıl nem değerlerinde havanın mutlak nemi gösterilmiştir.

Yapıları havalandırıldığı zaman hava infiltrasyonu ihmal edilerek yalnızca havalandırma ile kaybedilen ısı miktarı dikkate alınır.

Isı Dengesi Denklemi:

Isı dengesine ilişkin bursya kadar verilen temel bilgilerin ışığı altında bir hayvanı barınağının "ısı dengesi"nin aşağıdaki eşitliklerle sağlanabileceği ortaya çıkar.

Cetvel 5.4. Farklı sıcaklık ve bağıl nem koşullarında havanın mutlak nem değerleri (gr/m³).

Sıcaklık °C	Bağıl nem %									
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
+20	8,63	9,51	10,40	11,24	12,10	12,97	13,83	14,70	15,56	16,43
+15	6,42	7,06	7,70	8,34	8,98	9,63	10,27	10,91	11,55	12,19
+10	4,70	5,17	5,64	6,11	6,58	7,05	7,52	7,99	8,46	8,94
+ 5	3,40	3,74	4,08	4,42	4,76	5,10	5,34	5,78	6,12	6,46
0	2,42	2,67	2,91	3,15	3,39	3,64	3,88	4,12	4,36	4,61
— 5	1,62	1,79	1,95	2,11	2,27	2,42	2,60	2,76	2,92	3,08
—10	1,07	1,18	1,29	1,39	1,50	1,61	1,71	1,82	1,93	2,04
—15	0,69	0,76	0,83	0,90	0,97	1,04	1,11	1,18	1,25	1,32
—20	0,44	0,48	0,53	0,57	0,62	0,66	0,70	0,75	0,79	0,84

$$Q_h = q_i + q \text{ veya}$$

$$Q_h = 0.29\ Q\ (t_i - t_o) + \Sigma\ UA\ (t_i - t_m)$$

Eşitlikte:

Q_h = Hayvanlar tarafından yayılan toplam ısı (Kcal/saat)

q_i = Havalandırma (infiltrasyon) yoluyla kaybolan ısı (Kcal/saat)

q = Yapı elemanları yoluyla olan ısı kaybı (Kcal/saat)

Bu eşitlikten de anlaşılacağı gibi hayvanlar tarafından verilen toplam ısının havalandırma yoluyla ve yapı elemanlarından olan ısı kayıpları toplamına eşit kılınması, ısı dengesinin ana ilkesidir.

5.4. Havalandırma

Tarımsal yapılarda, bina içinde ortaya çıkan fazla ısı, nem ve zararlı gazların oluşum hızlarına koşut olarak yapıdan uzaklaştırılmaları için yararlanılan başlıca yöntemlerden biri de havalandırmadır. Havalandırma yoluyla sıcaklık ve nem istenilen düzeyde tutulabildiği gibi, zararlı gazların dışarı atılması sonucunda ortam havası sağlık yönünden de uygun duruma getirilmiş olur. Bu durum sağlık koşulları ve verim yönünden olumlu etkiler yapar. Bunun dışında özellikle hayvan barınaklarında, hayvanların ortama verdikleri su buharı, yeterli bir havalandırma sağlanamamış ise, yapı elemanları yüzeylerinde ve içlerinde yoğunlaşır. Yoğunlaşan bu su buharı zamanla elemanların çürümelerine ve yalıtım özelliklerinin kaybetmelerine neden olur. Bu gibi yapılarda ısı kaybı artar, yapının ömrü ise azalır.

Tarımsal yapılarda iki tip havalandırma sistemi kullanılır. Bunlardan biri doğal havalandırma diğeri ise mekaniksel havalandırma sistemidir. Yalıtım iyi yapılmış yapılarda her iki sistem de başarı ile uygulanabilir. Ancak,

hangi sistem kullanılırsa kullanılsın, iyi bir havalandırma sisteminde aşağıdaki noktaların gözönünde bulundurulması gerekir.

1) İyi bir havalandırma sisteminde, yeterli sayı ve boyutta ev uygun şekilde yerleştirilmiş hava giriş delikleri olmalıdır.

2) İçeri giren havaya; döşeme ve tavanı yalayıp geçmeyecek, dışarı doğru olan hava akımını zorlaştırmayacak ve hayvanlar üzerinde bir hava cereyanı oluşturmayacak şekilde yön verilmelidir.

3) Dışarıya atılacak havanın yapıyı uygun bir hızla terketmesini sağlayacak, yeterli kapasitede hava çıkış delikleri olmalıdır. Bu çıkış delikleri uygun bir fan, muntazam planlanmış bir delik veya çatı akışları arasında bu amaçla bırakılmış açıklıklar olabilir.

4) Havalandırma sistemleri rüzgarın estiği veya esmediği zamanlarda iyi bir şekilde çalışabilmelidir.

Doğal Havalandırma:

Doğal havalandırma, dışardaki soğuk havanın içerideki sıcak havanın yerini almak için onu zorlaması ve itmesi ilkesinden yararlanılarak geliştirilmiştir.

Doğal havalandırma sistemi, uygun koşullar altında, havalandırma deliklerinin ayarlanmasına dikkat edildiği takdirde istenilen şekilde çalışabilir. Bununla berabar soğuk havalarda, uygun sıcaklığın korunması ve fazla nemin atılması için yeterli bir hava akımının sağlanabilmesi amacıyla pencerelerin, havalandırma giriş ve çıkış deliklerinin elle ayarlanması bir sorun teşkil eder. Gecelerin sıcaklığın birdenbire düşmesi, rüzgar hızı ya da yönünün değişmesi, yapının soğumasına ve yapı içerisinde zararlı hava akımının oluşmasına neden olur.

Bu tip havalandırma sisteminin randımanlı bir şekilde çalışabilmesi ancak iç ve dış hava sıcaklıkları arasında yeterli bir farkın olması ile sağlanabilir. İç ve dış sıcaklığın birbirine çok yakın olduğu durumlarda iyi çalışmaz. İki ortam arasındaki sıcaklık farkı en az 5-6 derece olmalıdır. Sıcaklık farkının olmadığı hallerde teorik olarak havalandırma olmaz. Eğer dış sıcaklık iç sıcaklıktan fazla ise, ters yönde bir hava akımı ortaya çıkar.

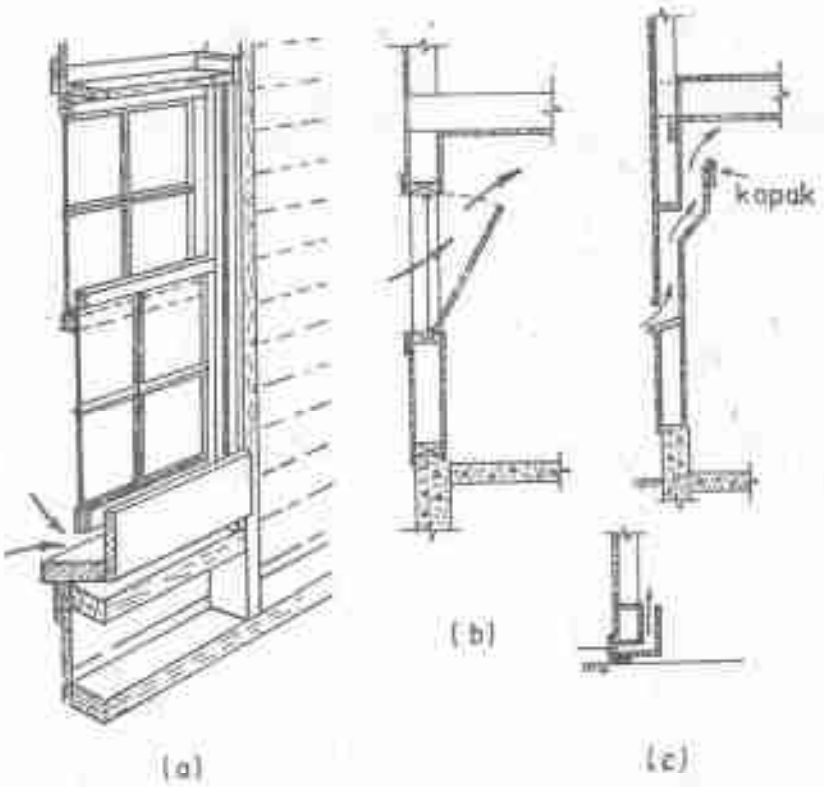
Doğal havalandırma sisteminin 2 ana ögesi vardır. Bunlar, hava giriş delikleri ve havalandırma bacalarıdır.

Hava Giriş Delikleri:

Hava giriş delikleri, bina içerisine giren taze ve soğuk havayı, duvarlar boyunca tavana doğru yöneltecek biçimde düzenlenir. İçeri giren soğuk

hava duvar boyunca yukarıya yönelip tekrar zemine doğru dönünceye kadar ısınır, böylece hayvanların rahatsız olması önlenmiş olur. Zaten hava giriş delikleri nasıl tertiplenirse tertiplensin amaç, içeri giren soğuk havanın hayvanlara ulaşmadan belli bir sirkülasyonun sağlanması, bu arada ortam sıcaklığına eriştikten sonra canlıya ulaşmasını temin etmektir.

Hava giriş deliği olarak pencere altlarında bırakılacak açıklıklardan, vasıtasız pencerelerden veya duvarlarda açılan özel hava giriş deliklerinden yararlanılabilir (Şekil 5.3). Hava giriş delikleri olarak yararlanılacak açıklıkların boyutlarının uygun olmasına özen gösterilmelidir. Bu iş için 5×75 cm, 10×35,5 cm, 12,5×30 cm veya 50×75 cm uygun boyutlar olarak kabul edilebilir. Toplam yüzeyleri ise, havalandırma bacalarının yüzeylerine eşit olmalıdır.



Şekil 5.3. Doğal havalandırma sistemlerinde hava giriş delikleri.

Hava giriş deliklerinin yapının tek veya iki yüzünde tertibi, çoğunlukla yapının genişliğine, egemen rüzgar doğrultusuna ve hayvanların barınak

içindeki yerleştirilme biçimine bağlıdır. Ancak, geniş ve hayvan kapasitesi fazla olan barınaklarda giriş deliklerinin, yapının her iki uzun yüzü boyunca uygun aralıklarla yerleştirilmesi olumlu sonuçlar vermektedir. Zararlıların binaya girmelerine olanak vermemek için hava giriş deliklerinin ağızları, tel'le kapatılmalıdır.

Havalandırma Bacaları:

Doğal havalandırma sistemlerinin istenilen şekilde çalışması için, bu sistemin ikinci ögesini oluşturan havalandırma bacalarının yapım ve düzenlenmesinde aşağıdaki koşullar gözönünde bulundurulmalıdır.

1) Havalandırma bacaları, boyutları en az 40×40 cm, en çok 100×100 cm olacak şekilde yapılmalıdır.

2) Havalandırma baca sayısının bulunmasında en çok 100 m² bina tabanı için bir baca hesaplanmalıdır.

3) Baca etkili yüksekliği en az 4 m, mahyadan yüksekliği ise en az 0.50 m olmalıdır.

4) Birden fazla bacanın gerektiği hallerde, baca kesit ve yüksekliklerinin aynı olmasına özen gösterilmelidir.

Havalandırma bacaları dikdörtgen kesitli yapılabildikleri gibi daire kesitinde de olabilirler. Önemli olan içyüzlerinin pürüzsüz ve nem yoğunlaşmasına olanak vermeyecek şekilde yalıtımlarının yapılmış olmasıdır. Öte yandan baca genişliğinin, baca açıklığının 2 katı olması önerilen noktalardan biridir. Bir havalandırma bacasının yapımı Şekil 5.4 de gösterilmiştir.

Havalandırmadan beklenen verimin sağlanabilmesi için baca kadar bina tavanın da yalıtılmış olması gerekir. Eğer bu gerçekleştirilmezse yükselen sıcak hava yalıtılmamış tavana çarpınca soğur ve dışarı atılması güçleşir. Tavanın yalıtılması ısı kaybını önlediği gibi yaz yaları süresince bina için kısmen serin kalmasına da neden olur.

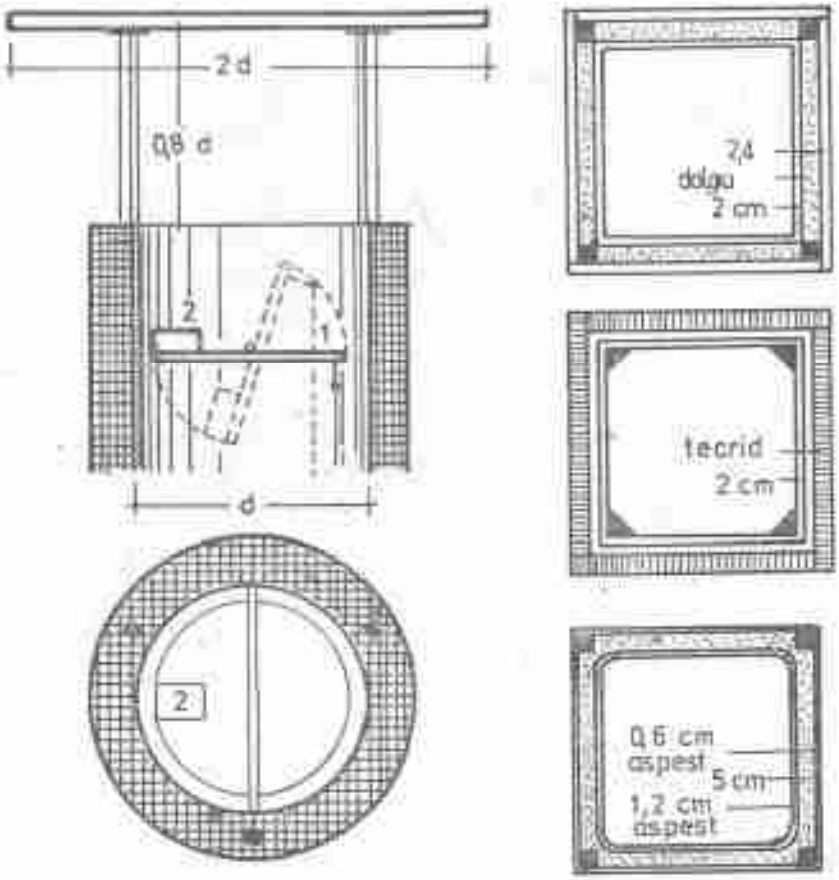
Havalandırma Bacası Kesit Alanının Hesabı:

Doğal havalandırma sisteminde en önemli noktalardan biri de sistemdeki havalandırma bacasının kesit alanının saptanmasıdır. Bacalarda hava akımı iç ve dış hava arasındaki sıcaklık farkı ile sağlanır. Bir havalandırma bacasındaki hava akımı:

Q = A.V eşitliği ile hesap edilir. Burada

Q = Hava akımı (m³/dak)

A = Havalandırma bacasının kesit alanı (m^2)
V = Hava akımının ortalama hızı (m/dak)



1 Kapak
2 Ağırlık

Şekil 5.4. Bir havalandırma bacası.

Yukarıdaki eşitlikte Q değeri daha önce açıklanmış olduğu şekilde hesaplanır. Hava akım hızı ise,

$V = 6.6 \sqrt{h\,(t_i - t_o)}$ eşitliği yardımıyla bulunur. Eşitlikte,

V = Hava akım hızı (m/dak)
h = Havalandırma bacasının etkili yüksekliği (m)
$t_i - t_o$ = İç ve dış hava sıcaklıkları (°C)

Böylece (V) değeri de bulunduktan sonra A = Q/V yardımıyla bir havalandırma sistemindeki toplam baca kesit alanı saptanmış olur.

Hız hesabında yararlanılan baca etkili yüksekliği (h), havanın yapıya girdiği nokta ile yapıyı terkettiği nokta arasındaki, diğer bir deyişle, hava giriş deliği ile baca üst seviyesi arasındaki düşey uzaklıktır.

Mekanik Havalandırma:

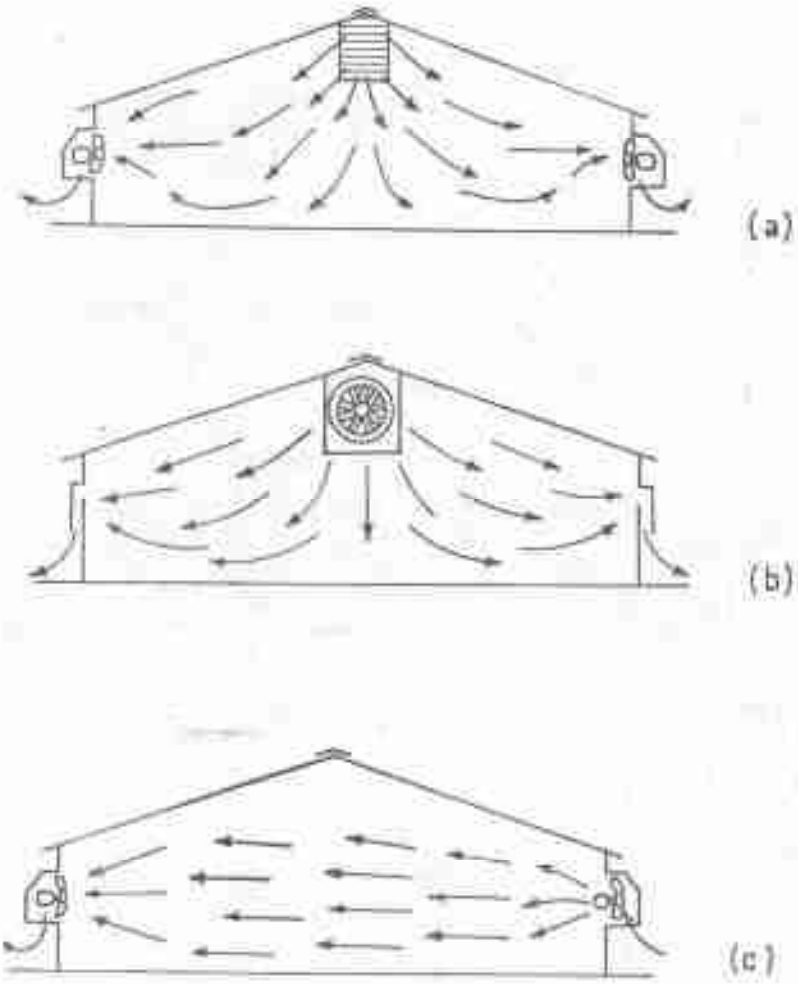
En uygun havalandırma, mekanik havalandırma sistemiyle sağlanır. Bu sistemde, doğal havalandırma sisteminde olduğu gibi rüzgarın olumsuz etkisi görülmez ve iç ve dış hava sıcaklıkları arasındaki fark ne olursa olsun sürekli bir hava akımı sağlanabilir.

Mekanik havalandırmada hava akımı mekanik enerji ile sağlanır. Temiz havanın bina içerisine alınması, hava giriş deliklerinden veya fan (aspiratör)-lar ile olur. Kirlenmiş havanın atılmasında ise yalnızca fanlar kullanılır.

Mekanik havalandırma sistemleri emici, basıcı ve kombine sistemler olmak üzere üç türlüdür. Emici sistemde, bir veya birden fazla havalandırıcı yardımıyla içerdeki hava dışarı atılır. Böylece, bina içinde oluşan alçak basınç nedeniyle, taze hava giriş deliklerinden içeri dolar. Basıcı sistemde ise, havalandırıcılar yardımıyla taze hava bina içine basılır, bunun sonucunda bina içinde oluşan yüksek basınç nedeniyle, içerdeki hava, hava çıkış deliklerinden atılır. Kombine sistemlerde, her iki tip havalandırıcı birlikte kullanılır yani taze hava basıcılarla bina içine verilirken aynı anda emiciler içerdeki havayı dışarı atar. Ancak, bu yöntem tarımsal binalarda pek kullanılmaz. Şekil 5.5. de emici (a), basıcı (b) ve kombine (c) mekanik havalandırma sistemleri gösterilmiştir.

Basıcı sistemlerde yapının her tarafına istenilen miktarda taze hava kolayca gönderilir. Ancak, bu yöntem, emici sisteme göre daha fazla hava cereyanı oluşturduğundan özellikle hayvan barınaklarında pek kullanılmaz. Diğer taraftan kış mevsiminde hayvan barınaklarında nem miktarı yüksektir. Basıcı sistemde barınağın tecridi yeterli değilse, yapı elemanları üzerinde nem yoğunlaşması diğer sistemlere göre daha kolay olmaktadır. Basıcı sistemin diğer bir sakıncası ise, hayvan barınakları içinde oluşan yüksek basınç nedeniyle komşu yerlere barınağın pis kokusunun girme olasılığının bulunmasıdır. Bu nedenle, hayvan barınaklarına bitişik konutlar, bu yöntemin uygulanması durumunda kokudan fazla rahatsız olur. Bu nedenle, basıcı sistemler özellikle hayvan barınaklarında kullanılmamalıdır.

Uygulamada en fazla emici sistemler kullanılır. Bu yöntemde havalandırıcılar çatıya veya duvarlara yerleştirilir. Fanların yerleştirileceği yerlerin saptanmasında yapının genişliği ve kullanılma amacı etkilidir. Genişliği 10



Şekil 5.3. Mekanik havalandırma yöntemleri.

metreye kadar olan yapılarda havalandırıcılar duvarlara, 10 m. den fazla olanlarda çatıya konmalıdır.

Emicilerin çatıya yerleştirilmesi halinde hava giriş delikleri uzun yan duvarlarda ve eşit aralıklarda olmalıdır. Emicilerin uzun yan duvara hava giriş deliklerinin karşı duvara yerleştirilmesi en çok uygulanan şekildir. Bazı koşullarda fanlar karşılıklı uzun duvarlara konur, hava girişi ise tavandan (çatıdan) olur. Ancak, bu yöntemin tarımsal yapılarda kullanılması önerilmemektedir.

Mekanik havalandırma sistemlerinde başarıya ulaşabilmek için havalandırıcıların kapasitelerinin çok iyi saptanması gerekir. Kapasite tayininde yaz mevsimi için gereken havalandırma miktarı dikkate alınmalıdır.

5.5. Aydınlatma

Tarımsal yapılar planlanırken yeterli bir aydınlatmanın sağlanmasına çalışılmalıdır. Zira, binalar içerisindeki günlük işlerin yapılabilmesi için yeterli aydınlığa gereksinme duyulur. Aydınlatma şiddeti, işin kapsamına bağlıdır. Örneğin hayvan barınaklarında, sağım ve tartı işlerinin yapıldığı kısımlarda normal olandan daha yüksek bir aydınlatma yoğunluğuna gerek vardır. Kısaca aydınlatma, tarımsal yapılarda sağlık koşullarının sağlanmasında önemli noktalardan biridir.

Yapılarda öncelikle doğal aydınlatmadan yararlanmaya çalışılmalıdır. Gündüzleri pencerelerden binaya giren doğal ışığın şiddeti ve miktarı, pencere alanlarının artmasıyla artar. Ancak bu durumda soğuk mevsimlerde ve geceleri ortaya çıkacak ısı kayıpları büyük olacaktır. Bu nedenle, tarımsal yapılarda pencere alanı gereksinimi saptanırken bölgenin iklim koşulları, binanın çeşidi ve fonksiyonu dikkate alınmalıdır. Bu nokta özellikle hayvan barınaklarında çok önemlidir. Soğuk bölgelerde bu sorun çift camlı ve iyi yalıtılmış pencerelerin kullanımı ile giderilmeye çalışılmaktadır.

İçerisinde geceleri de çalışılan yapılarda, hayvan barınaklarında ve konutlarda yapay aydınlatmaya gerek vardır. Bunun dışında gündüzleri doğal ışıktan yararlanmayan binaların bazı kısımları da yapay olarak aydınlatılır. Bu yolla yapılacak aydınlatma da, doğal aydınlatmada olduğu gibi yapının çeşit ve işlerine göre değişir.

Tarımsal binaların projelenmesine yeni sayılabilecek bir kavram da "solar oriyantasyon" dur. Solar oriyantasyonda prensip, binaların kışın ısıtılmasında güneşin radyasyonundan yararlanma, yazın ise, bu radyasyondan korunmadır.

Solar radyasyon prensibine aşağıdaki ilkeler gözönünde bulundurulmalıdır:

1) Kışın binaların ısıtılmasında güneş enerjisinden yararlanabilmek amacıyla pencereler, binaların güneye bakan yüzünden uygun aralıklarla dağıtılmalıdır.

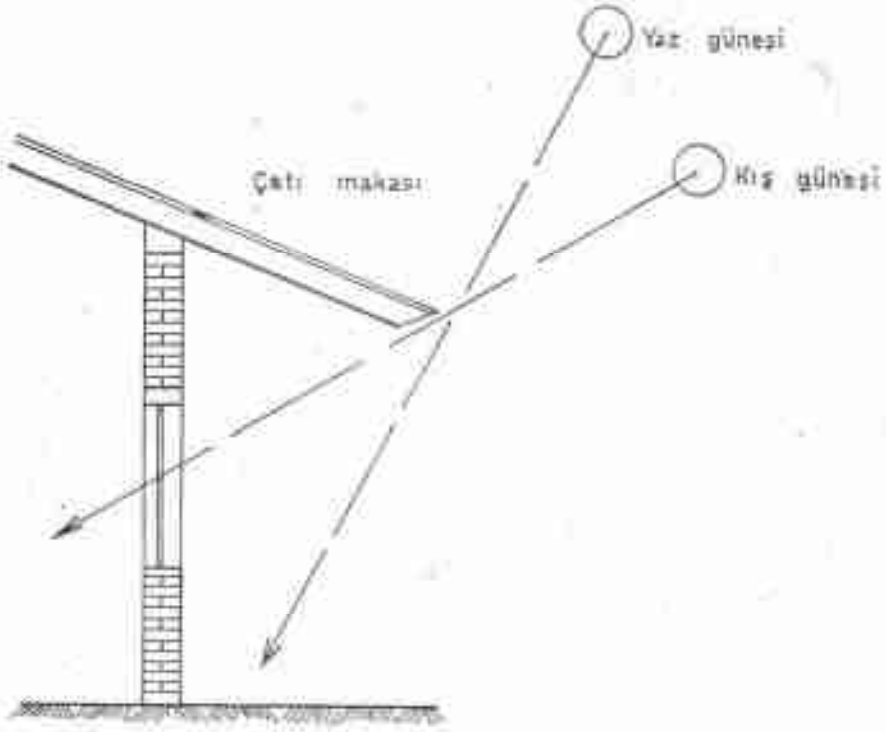
2) Kışın radyasyon enerjisinden yararlanmak için pencere alanları artırılmalıdır.

3) Kışın ortaya çıkabilecek fazla ısı kaybının önlenebilmesi için yalıtım değeri yüksek cam kullanılmalıdır.

4) Çeşitli önlemlerle (saçak, gölgelikler) yaz aylarında güneş ışınlarının binaya girmeleri kontrol altına alınmalıdır.

Güneş ışınlarının bir bölgedeki bina yüzeyleri ile yaptığı açı, mevsimlere ve günün saatlerine bağlı olarak değişir. Bu nedenle bina içinin soğuk mevsimlerde güneş ışınlarından yeterince yararlanması ve sıcak mevsimlerde korunması amacıyla ışıklandırma yüzeylerinin yerinin ve boyutlarının çok iyi seçilmesi gereklidir.

Güneş ışınlarının dünyaya geliş açısı gün dönümü dönemlerine göre değişir. Bu açı, kışın başlama tarihi olan 21 Aralıkta en küçük, yaz mevsiminin başlangıcı olan 21 Haziran en büyük değere ulaşır. Tüm-gün eşitliğinin olduğu 21 Mart ve 23 Eylül de orta bir değerdedir. Bu nedenle güneş ışınların soğuk ve serin mevsimlerde doğal olarak, ışıklandırma yüzeylerine daha fazla etkilidir. Güneş, sıcak mevsimlerde ışıklandırma yüzeyleri ile olan ısı etkisini azaltmak amacıyla, yukarıda da değindiğimiz gibi yapılarda yatay düzlemli elemanlar kullanılır. Örneğin; çatı saçakları güneş ışınlarını kesecek şekilde uzatılır (Şekil 5.6). Ancak, bu uzatmanın soğuk mevsimlerde güneş ışığının içeri girmesini önlemeyecek bir ölçüde olmasına özen gösterilmelidir.



Şekil 5.6. Solar radyasyon prensibi.

6. TÜRKİYE'DE SU KAYNAKLARININ GELİŞTİRİLMESİ VE SORUNLARI

Dünya nüfusu son yıllarda gittikçe artan bir hızla çoğalmaktadır. Halen 3 milyarı bulan bu nüfusun 2000 yılında 6 milyarı bulacağı tahmin edilmektedir. Öte yandan dünyada besin maddelerinin üretim durumu bilim ve teknolojideki gelişmeler sonucunda evvelce tahmin edilmeyen bir düzeye erişmiştir. Nüfus ve besin maddeleri insanları çok eski zamandan beri yakından ilgilendiren konulardır. Çağlar boyunca olagelen bütün politik dalgalanmalar ve patlamaların temel nedeni, bu iki etken arasındaki dengesizliğe dayanır. Ünlü düşünür Malthus'un belirttiği gibi bu iki kavram arasındaki yarışı her zaman nüfus kazanacaktır. Nitekim bugün için dünya üzerindeki insanların ancak üçte biri yeterli olarak beslenebilmektedir.

Öte yandan Türkiye'nin nüfusu, 1975 sayım sonuçlarına göre 40 milyonu bulan büyüklüğü % 2.7 oranındaki doğal artış hızı ve yurt düzeyindeki dengesiz dağılımı ile ekonomik ve sosyal gelişimi etkilemektedir. 1987 yılında 54,5 milyona yükseleceği tahmin edilen nüfusumuzun, bugün % 62'si kırsal alanlarda yaşamaktadır. Ayrıca 1972'de 14,3 milyon kişiden oluşan işgücü sunusunun 8.8 milyonunun tarım kesiminde istihdam edilmesi, ülkenin ekonomik ve sosyal yapısını aydınlatıcı bir etken olarak belirmektedir.

Ülkemizde hızlı artan nüfusu beslemek, sanayimizin hammadde gereksinimini karşılamak ve dış ödeme olanaklarını artırmanın tarım alanındaki üretim artışına bağlı olduğu bir gerçektir. Tarım alanlarımızın geliştirilmesi olanağı sınırlı olduğuna göre, bu sektörden en iyi bir biçimde yararlanmak için birim alandan sağlanan tarımsal üretimin artırılması gerekmektedir. Ülkemizde uzun yıllardır bu amaca yönelik çalışmalar yapılmış olup, tohum ıslahı, sulama, gübreleme, zararlılardan korunma gibi alanlarda belirli ilerlemeler sağlanmıştır. Ancak, bu şekilde çözümler daha çok yatırım ve masraf artışına yol açacaktır. O halde bir taraftan ileri yıllar için gerekli yatırımlar yapılıp finansman kaynakları hazırlanırken diğer taraftan da kısa dönemde çiftçi gelirinin artırılması olanaklarının araştırılması gerekmektedir. Başka bir söyleyişle, bir taraftan fiziki gelişmeler üzerinde çalışılırken bir taraftan da uzun döneme ilişkin planlamaya önem verilmelidir.

Bu amaçla özellikle son yıllarda elde bulunan doğal kaynakların optimal biçimde kullanılması sorunu üzerinde çalışmalar yürütülmektedir. Tarım için en büyük doğal kaynaklar ise, toprak ve su kaynaklarıdır.

6.1. Su Kaynakları Potansiyeli

Yaşamın vazgeçilmez bir unsuru olan SU, hidrolojik devre içerisinde atmosferde, yeryüzünde ve yeraltında dolaşır. İnsanın doğayı kontrol altına alma çabalarının bir parçası olan su kaynaklarının geliştirilmesine yönelik çalışmalarda, suyun alan ve zaman dağılımını ve özelliklerini bilmek gerekir. Bu bilgiler meteorolojik ve hidrolojik gözlemlerle sağlanır. Türkiye'de sistemli meteorolojik ölçümlere 1937 yılında ve hidrometrik ölçümlere ise 1935 yılında başlanılmıştır.

Ülkemizin su kaynaklarının durumu ve potansiyelini belirtmek için yağış havzalarımızın gözden geçirilmesinde yarar olacaktır. Türkiye yağış havzaları, su toplama havzaları olarak 26 ana havzaya ayrılabilir. Cetvel 6.1 de havza su potansiyelleri topluca verilmektedir. Cetvelin incelenmesinden de görüleceği gibi Türkiye'de yıllık ortalama yağış 678 mm, ortalama akış ise 245 mm. dolaylarındadır. En büyük yıllık ortalama yağış 1272 mm. ile Doğu Karadeniz ve en düşük yağış ise 412 mm. ile Konya kapalı havzasına düşmektedir. En büyük yıllık ortalama akış 1969 mm. ile Antalya, en düşük akış ise 66 mm. ile Burdur Göller havzasında oluşmaktadır.

Cetvelde belirlendiği gibi ülkemizde yıllık ortalama akış toplamı 180 milyar metreküp dolayındadır.

Optimum kullanılabilir yeraltı suyu potansiyelimiz ise yapılan hesaplamalarda 9431.7 $\times$ 10^6 m^3/yıl olarak tahmin edilmekte olup, bu değerin 1201 $\times$ 10^6 m^3/yıl'lık bir dilimi içme ve kullanma suyu, 644.5 $\times$ 10^6 m^3/yıl'lık bir dilimi halk sulamalarına, 1683.2 $\times$ 10^6 m^3/yıl'lık bir dilimi ise Devlet sulamalarına ayrılmıştır. Böylece yeni kullanımlara sunulmaya hazır 5.903 $\times$ 10^9 m^3/yıl'lık bir yeraltı suyu potansiyelimizin bulunduğu söylenebilir.

Yeraltı suyu potansiyelimizin 1976 yılı başındaki gözlemlere göre en çok Konya kapalı havzası ve Aşağı Fırat ovalarında, en az ise Kuzey Anadolu Bölgemizde bulunduğu saptanmıştır.

6.2. Su Kaynaklarından Yararlanmada Bugüne Kadar Yapılan Çalışmalar

Osmanlı İmparatorluğu devrinde sulama çalışmalarına başlanması ve Devlet eliyle bu hizmetlerin yürütülmesi XIX yüzyılın sonlarına rastlar. Bu amaçla, bugün sınırlarımız dışında kalan İşkodra ve Selanik'te dere ıslahı ça-

Cetvel 6.1. Türkiye Yerüstü su potansiyeli (DSİ 1978)

Havza adı	Havza No	Yağış Alanı Km²	Yıllık ortalama yağış		Türkiye akarsuları su potansiyeli				
			İstasyon	mm.	Yıllık Ort. Akım $10^9/m^2$	Yıllık Ort. Akış mm.	Yıllık Ort. Debi $m^3/sn.$	Yıllık Ort. Verim lt./sn./Km²	Akış ve Yağış Oranı
Meriç-Ergene	1	14560	43	637	2.10	144.2	66.5	4.6	0.23
Marmara	2	24100	53	751	5.03	208.7	159.6	6.6	0.28
Susurluk	3	23765	43	668	5.43	228.5	172.2	7.2	0.34
K.Ege	4	9032	29	731	1.94	214.8	61.4	6.8	0.29
Gediz	5	17110	41	591	1.61	94.1	51.0	3.0	0.16
K.Menderes	6	7165	16	745	0.95	132.6	30.0	4.2	0.18
B.Menderes	7	24903	45	663	3.14	126.1	99.5	4.0	0.19
Batı Akdeniz	8	22635	48	880	9.12	403.3	289.2	12.8	0.46
Antalya	9	14510	38	947	14.36	989.1	455.4	31.4	1.04
Burdur gölleri	10	8764	11	536	0.8	66.2	18.3	2.1	0.12
Akarçay	11	8377	13	498	0.50	59.7	15.9	1.9	0.12
Sakarya	12	56504	101	502	4.96	87.8	157.4	2.8	0.17
Batı Karadeniz	13	29682	49	801	7.48	252.0	237.1	8.0	0.31
Yeşilırmak	14	36129	52	514	5.10	143.4	164.1	4.5	0.28
Kızılırmak	15	78646	99	430	5.90	75.0	187.8	2.4	0.17
Konya K.Hav.	16	56554	70	413	5.11	90.4	162.1	2.9	0.22
Doğu Akdeniz	17	22484	26	748	9.04	402.1	286.8	12.8	0.54
Seyhan	18	20731	26	670	6.27	302.4	198.7	9.6	0.45
Asi	19	10885	19	914	1.27	116.7	40.4	3.7	0.13
Ceyhan	20	21222	32	714	6.88	324.2	218.1	10.3	0.45
Fırat	21	12091	169	568	34.67	286.7	99.3	9.1	0.50
D. Karadeniz	22	24022	51	1272	14.24	592.8	451.6	18.8	0.46
Çoruh	23	19894	24	681	5.57	280.0	176.6	9.0	0.41
Aras	24	27548	30	432	5.00	181.5	158.7	5.8	0.42
Van	25	15254	18	525	1.84	120.6	58.5	3.8	0.28
Dicle	26	51489	55	814	22.57	438.3	715.6	13.9	0.54
Toplam	—	766870	1200		180.74		—	—	—
Ortalama	—	—	—	670.6	—	244.7	330.4	7.78	0.36

lışmaları, Medine'de sulama kanalları inşaatı, Musul ovası sulama şebekesi nin yapımı gibi çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalardan Konya ovası sulaması, sınırlarımız içerisinde kalan ilk sulama sistemi olmuştur. Daha sonraları 1914-1919 yılları arasında Fırat, Dicle, Seyhan, Ceyhan, Berdan, Asi, Kızılırmak, Susurluk, Sakarya, Büyükmenderes ve Gediz nehir havzaları ıslahı ve sulamaları planlanmış ancak Birinci Dünya Savaşı'nın başlaması nedeni ile bu çalışmalar tamamlanamamıştır.

Cumhuriyet döneminde sulama işleri bilinçli bir biçimde ele alınmış ve 1929 yılında "Sular Umum Müdürlüğü" adı altında bir örgütlenmeye gidilmiştir. Daha sonra ülkemizi etkileyen ekonomik kriz nedeniyle planlanan çalışmaların istenilen biçimde yürütülememiştir. Bu arada yapılan işler arasında Çubuk Barajı ıslahı ve Ankara Ovası sulaması belirtilebilir. Daha sonraları 1937 yılında Su İşleri Reisliği adı altında yeni bir örgüt kurulmuş ve su kaynaklarının geliştirilmesine ilişkin çalışmalar bu kuruluş eliyle yürütülmeye çalışılmıştır. 1953 yılında ise bu kuruluş, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü adı altında yeniden düzenlenmiştir. Bu arada 1960 yılında TOPRAKSU Genel Müdürlüğü adı altında debisi 500 lt/sn'den az olan küçük sulama projelerinin uygulanması ile yükümlü bir kamu kuruluşu oluşturulmuş ve pekçok havzamızda yeni alanlar sulamaya açılmıştır. 1964 yılında Devlet eli ile işletilen sulama şebekelerinin kapsadığı alan 290 100 hektara, 1975 yılında ise bu rakam 592 775 hektara ulaşmıştır.

6.3. Su Kaynaklarından Yararlanma Durumu

Su kaynaklarından yararlanma amacı ile yürütülen çalışmaların dışında sulama çalışmaları gelmektedir. Bilindiği gibi sulama; diğer üretim faktörlerinin de değerlendirilmesine yardımcı olan, üretimde kararlılığı sağlayan ve tarımda entansitenin ayrılmaz parçası olan bir üretim etmenidir.

Ülkemizde toplam tarım alanının 28 708,700 Ha. dolaylarında olduğu bilinmektedir. Bu alanın 13,568,700 Ha'ı ise sulanabilir arazi olarak tanımlanmaktadır. Oysa 1975 yılı itibariyle Devlet ve Özel kesim eliyle sulanan alan toplamının ancak 2 260 892 Ha. dolaylarında olduğu görülmektedir.

Bu arada yapımına başlanan ve önümüzdeki yıllarda tamamlanması planlanan 27 adet baraj projesi bulunmaktadır. Bu barajların hizmete girmesi durumunda 893 000 Ha. alana sulama suyu sağlanacak, 205 000 Ha. alan taşkından korunacak ve yılda 19,5 × 10⁶ m³ içme ve kullanma suyu sağlanacaktır.

Ülkemizde bugünkü teknoloji ve ekonomik koşullarda önemli bir değişme olmaması durumunda il bazında sulama alanlarımızda beklenen muhtemel gelişmelere ilişkin olarak Kültürteknik Bölümünce yürütülen bir

araştırmaya göre 1980 yılında 2 942 204 Ha, 1985 yılında 3 522 338 Ha, 1990 yılında 4 065 652 Ha, 1995 yılında 4 573 083 Ha, ve 2000 yılında ise 4 960 000 Ha.lık bir tarım alanının fiilen sulama olasılığı olduğu anlaşılmıştır.

Yine yeterli kaynakların sağlanması halinde Aşağı Fırat Projesinin uygulanmasına bağlı olarak özellikle Urfa ve Mardin illeri sınırları içerisinde kalan tarım alanlarında sulama olanaklarının 1980 yılından sonra hızla gelişmekte olacağı ve 2000 yılında Urfa'da 295 222 Ha. ve Mardin'de 287 289 Ha. tarım alanının sulamaya açılabileceği söylenebilir.

6.4. Su Kaynaklarının Geliştirilmesinde Karşılaşılan Sorunlar

Bugün için ülkemizde sulu tarımda beklenilen üretim artışının sağlanamadığı bir gerçektir. Bu duruma etki eden etmenler, kaynakların planlanmasından başlamakta ve son kullanım alanına kadar etkilerini sürdürmektedirler. Bu alanda karşılaşılan sorunları; örgütlenme ve personel, parasal olanaklar, sulama uygulamasına ilişkin sorunlar, yasal sorunlar, işletme sorunları ve işbirliği başlıkları altında toplayabiliriz.

Örgütlenme ve Personel

Su kaynaklarının geliştirilmesi ile ilgili hizmetlerin istenilen nitelikte ve hızda yürütülebilmesi için, bu amaçla yeterince örgütlenmenin yapılabilmesi gerekmektedir. Bu hizmetler için, ilgili kamu kuruluşlarını kapsayan dağınık bir örgütlenmeden kaçınılmalıdır. Konu bir bütün olarak ele alınmalı en azından kuruluşlar arasında gerekli uyum ve işbirliği sağlanmalıdır. Böylece, hizmetlerin birbirini bütünleyecek biçimde görülmesi sağlanmış olacak, ayrıca çok sayıda personel kullanımına gereksinme duyulmayacaktır. Buna karşılık kuruluşların uygulayıcı birimleri olan taşra örgütleri daha etkili kılınarak bir anlamda hizmetlerin götürülmesinde personel ve para savurganlığı önlenmiş olacaktır.

Özellikle, sulamadan beklenen faydanın elde edilebilmesi için, su kaynağının geliştirilmesine ilişkin tesislerden, tarla içi sulama hizmetlerine, çiftçi eğitiminden, sulu tarım ürünlerinin pazarlanmasına kadar, bütün hizmetleri birbiriyle uyumlu bir biçimde yürütecek örgütlenme ve işbirliği gerekmektedir.

Personel sorunu da su kaynaklarının geliştirilmesinde karşılaşılan başlıca sorunlardan biridir. Bu hizmetlerin yapılması ve geliştirilmesi personel etkeninin sıkı sıkıya bağlı bulunmaktadır. Teknik eleman kalkınmanın sermayeden önde gelen önemli bir unsurudur. Su kaynaklarının geliştirilmesinde, etüd ve planlama aşamasından başlayarak inşaat ve işletme aşamasına

kadar değişik çalışmalarda çeşitli teknik elemanlara gereksinme vardır. Bu alanda özellikle Ziraat Yüksek Mühendislerine büyük görev düşmektedir.

Parasal Olanaklar

Ülkemizde su kaynaklarının geliştirilmesine karşılaşılan en önemli sorunlardan biri de parasal olanıdır.

Plansız dönem içerisinde, bu alanda DSİ Gn. Md. lüğü tarafından (1937–1962) 4 109 917 000 TL. TOPRAKSU Gn. Md. lüğünce (1956–1962) ise 25 850 000 TL. olmak üzere toplam 4 135 767 000 TL. yatırım yapılmıştır. Bu dönemde toplam 275 449 Ha. alan sulamaya açılmış ve 149 526 Ha. alan fiilen sulanabilmiştir.

I. Beş Yıllık Plan döneminde (1963–1967) ise yatırım yılı fiyatlarına göre DSİ'ce 5 509 883 000 TL. ve TOPRAKSU tarafından ise, 1 075 229 000 TL. olmak üzere toplam 6 585 111 000 TL. yatırım yapılmıştır. Bu dönem sonunda toplam 594 703 Ha. alan sulamaya açılmış ve 329190 Ha. alanda sulama gerçekleştirilmiştir.

II. Beş Yıllık Plan döneminde (1968–1972) ise, yatırım yılı fiyatlarıyla DSİ'ce 10 600 087 000 TL. ve TOPRAKSU tarafından ise, 1 902 998 000 TL. olmak üzere toplam 12 503 085 000 TL. yatırım yapılmıştır. Bu dönem sonunda toplam 1938 810 Ha. alan sulamaya açılmış ve 605 726 Ha. da sulama gerçekleştirilebilmiştir.

III. Beş Yıllık Plan döneminde ise (1973–1977) Toprak ve Su Kaynaklarının geliştirilmesi amacı ile DSİ'ce 40 000 768 000 TL. ve TOPRAKSU tarafından ise, 19 764 945 000 TL. olmak üzere toplam 49 765 713 000 TL. yatırım yapılmış ve bu dönem sonunda sulamaya açılmış alan 1 513 388 Ha.a ulaşmış ve bu alanın 1 062 591 Ha. da sulama sağlanmıştır.

Bu değerler, planlı dönemlerde yıllık bütçelerimizden ancak % 5–15 arasındaki bir payı su kaynaklarının geliştirilmesine ayırabildiğimizi göstermektedir.

Oysa yalnızca inşaasına geçilen Aşağı Fırat Projesi için bugünkü birim-fiyatlarına göre yapılması gereken yatırım 90 milyar TL. sını aşmaktadır. Bu rakamlar sosyal ve ekonomik amaçlı su kaynaklarımızı geliştirme projelerinin uygulanmasında "parasal sorunun" ülkemizde ne denli ağırlık taşıdığını belirtmektedir.

Sulama Uygulamasına İlişkin Sorunlar

Devlet eliyle sulamaya açılmış olan alanlarda sulamanın gerçekleştirilme oranı oldukça düşüktür. Pek çok sulama şebekemizde çeşitli etkenlerle

sudan faydalanma oranı % 30-50 dolaylarında kalmış olup, bu oranın % 26'-nın altına düştüğü sulama şebekelerimiz bulunmaktadır. Devlet sulama şebekelerinde sulamanın öngörülen hedeflere ulaşamamasının nedenleri şöylece özetlenebilir.

Sulama Şebekelerinin Yapım ve İşletmesine İlişkin Sorunlar

1) Kanal Kotlarının Düşük Olması:

Sulama şebekelerinin inşasında hernekadar geniş bir alana yerçekimi kuvveti ile su vermek amacı güdülmüş ise de pekçok şebekemizde tersiyer kanallar tarla düzeylerinden aşağıda kalmaktadır. Batık kanallar diye adlandırılan bu tesislerden çiftçi ancak pompajla yararlanabilmektedir.

2) Sulama Şebekesinin Yetersizliği:

Pekçok sulama şebekemizde sulama kanalları bütün sulanabilir araziye su götürecek biçimde tamamlanamamıştır.

3) Kanal Sızmaları:

Sulama sistemlerinde, depolama tesisinden ayrılarak sulama kanallarına verilen suyun önemli bir bölümü sulamada kullanılmak üzere çiftçi tarlasına varıncaya kadar kaybolmaktadır. Sızma kayıpları olarak belirtilebilecek bu kayıplar sonucunda bir taraftan kullanılabilir su potansiyeli azalmakta, öte yandan pekçok arazi sızmalar sonucu işlenemez duruma gelmektedir. Nitekim Eskişehir Alpu ovasında yapılan bir araştırmaya göre sızmalar nedeniyle tarım alanının % 7,28'i tarım dışı kalmıştır.

4) Tersiyer Aralarının Fazla Geniş Olması:

Bazı sulama şebekelerinde tersiyer kanallarda su alma yapıları akış, uzunlukları etüd edilmeden inşa edilmiştir. Bu durum, çiftçimizin sudan randımanlı bir biçimde faydalanmasını engellemektedir.

5) Arazi Toplulaştırma Gereksinimi:

Sulama şebekelerimizde şebeke içi development hizmetleri, parçalı ve dağınık arazi mülkiyeti nedeni ile gereğince yürütülememektedir.

Sulamaya açılan alanlarda sudan yararlanma olanaklarının artırılması için özellikle geniş boyutlarda arazi toplulaştırması çalışmaları yapmak zorunluğu belirmektedir. Ancak, bu tür çalışmalar geniş ölçüde içeren development hizmetlerinin etkinliğinden söz edilebilir.

Sulama Yapımına İlişkin Sorunlar

1) Modern sulama yöntemlerine bazı bölgelerimizde çiftçinin uyumu güç olmaktadır. Çiftçimiz genellikle yeterli yayım hizmetlerinin götürüle-

memiş olması nedeniyle, kontrolsüz bir sulama yapmakta olup, fazla su kullanma eğilimindedir.

2) Sulu tarımda, özellikle arazinin sulamaya hazırlanmasında gerekli olan arazi tesviye ekipmanları, hendek ve sodde yapıcıları, karık açma pullukları gibi ekipmanlar bazı yörelerimizde yetersiz kalmakta ve uygulamada büyük sorunlarla karşılaşılmaktadır.

3) Kuru tarımdan, sulu tarıma geçen bölgelerde, yetersiz drenaj koşulları nedeni ile çoraklaşma sorunları görülmektedir.

4) Sulu tarımın gereği olan münavebe ve gübreleme uygulamalarının yeterince yapıldığı söylenemez.

Uygun Bitki Desenlerinin Gerçekleştirilmemiş Olması

Büyük sulama projelerinin fizibilite hesaplamalarında ve öncelik sıralarının saptanmasında, proje alanı için önerilen bitki desenlerinin en ekonomik biçimde oluşturulması büyük önem taşır. Oysa, bugüne değin sulamaya açılmış olan alanlarda sulama ekonomisinin gerektirdiği ve olanak verdiği yeni bitki desenleri istenilen biçimde oluşturulamamıştır. Bazı alanlarda çiftçiler kuru tarım alışkanlıklarını bırakamamışlar bazı sulama alanlarında ise, su tüketimi fazla olan bir veya birkaç tür bitkinin desende öngörülen oranın çok üzerinde yetiştirilmesine yönelmişlerdir. Dolayısıyla bazı sulama alanlarında beklenilen sulama gerçekleşememiş, bazı şebeke alanlarında ise, su kıtlığı sorunu ile karşı karşıya kalınmıştır. Örneğin; Aşağı Seyhan Ovası sulama şebekesi için proje sahasında % 35 pamuk, % 15 buğday, % 12 turunçgil, % 8 sebze, % 20 yem bitkileri, % 10 çeltik yetiştirilmesini öngören bir bitki deseni kabul edilmiş olmasına karşın, uygulamada pamuk ekim alanları % 80'e çıkmıştır.

Türkiye'de sulu ve kuru ekilişler için belirlenen bitki deseni Cetvel 6.2 de verilmektedir. Cetvelin incelenmesinden de görüleceği üzere sulu ekilişlerde en yüksek payları % 19.0 ile Buğday ve % 18.8 ile Pamuk almaktadır. Kuru ekilişler içinde ise, buğdayın payı % 49 a kadar çıkmaktadır.

Yasal Sorunlar

Sulama şebekelerimizin inşaası genellikle ihale yoluyla yapılmaktadır. Ülkemizde bugün için yeterince örgütlenmiş, yeterli araç, gereç, personel ve sermayeye sahip nicelik ve nitelikte inşaat müteahhitliği müessesesinin olduğu pek söylenemez. Milyarlarca liralık yatırımı gerektiren büyük projelerde, bu nedenle yabancı müteahhit firmalara gereksinme duyulmasını önleyen yeni bir düzenleme getirilmelidir. Ayrıca ihale yöntemleri de gü-

Cetvel 6.2. Türkiye genel bitki deseni.

	Sulu ekiliş		Kuru ekiliş		Toplam
	Alan (10^3Ha)	Oran	Alan (10^3Ha)	Oran	Ekiliş oranı
1- Buğday	553.62	0.1900	8276.89	0.4940	0.4490
2- Arpa	202.30	0.0694	2347.56	0.1401	0.1297
3- Mısır	99.40	0.0341	526.80	0.0314	0.0310
4- Çeltik	60.78	0.0209	0.00	0.0000	0.0031
5- D. Hububat	49.65	0.0170	1234.59	0.0737	0.0653
6- Baklagiller	112.34	0.0386	492.44	0.0294	0.0308
7- Yem bitkileri	93.43	0.0321	33.32	0.0020	0.0065
8- Pamuk	544.70	0.1870	126.45	0.0075	0.0341
9- Ayçiçeği	27.86	0.0096	442.58	0.0264	0.0239
10- Ş. Pancarı	152.16	0.0522	0.00	0.0000	0.0077
11- Tütün	37.58	0.0129	309.97	0.0185	0.0177
12- Susam	15.73	0.0054	32.19	0.0019	0.0024
13- Yer fıstığı	16.74	0.0057	2.27	0.0001	0.0010
14- Bostan	76.83	0.0264	127.33	0.0076	0.0104
15- Soğan	29.33	0.0101	32.18	0.0019	0.0031
16- Patates	111.58	0.0383	64.26	0.0038	0.0089
17- D.Çapa bitkileri	20.27	0.0070	21.48	0.0013	0.0021
18- Narenciye	46.56	0.0160	0.86	0.0001	0.0024
19- Bağ	68.90	0.0237	338.13	0.0441	0.0410
20- Zeytin	29.60	0.0102	734.77	0.0439	0.0389
21- D. Meyveler	307.72	0.1056	335.89	0.0439	0.0531
22- Sebzeler	249.07	0.0855	81.00	0.0048	0.0168
23- Çay	0.00	0.0000	36.27	0.0022	0.0018
24- Fındık	4.29	0.0015	307.89	0.0184	0.0159
25- Antep fıstığı	2.52	0.0009	48.25	0.0029	0.0026

nün koşulları ile uyumsuzluk göstermekte ve inşaat süresi proje ekonomisini etkileyerek uzamaktadır. Projelerin uygulanmasında beklenen kontrol sistemi idari, yasal ve ekonomik etkenlerle gereği gibi işleyememekte ve öngörülen hedeflere ulaşılamamaktadır.

İşletme Sorunları

Su kaynaklarımızın geliştirilmesi için gerçekleşen projelerden beklenen faydanın sağlanması, işletme ve bakım hizmetlerinin yeterli ölçüde yürütülmesi ile doğrudan ilişkilidir. Tamamlanmış bir sulama şebekesinden beklenen faydanın sağlanması, bu tesisin bir işletme bakım ve onarımıyla devamlılığının sürdürülmesine bağlıdır.

DSİ'nin işletme ve bakım hizmetlerini yükümlendiği Devlet Sulama Şebekelerinde çiftçinin geri ödemesi sistemi çeşitli nedenlerle çalışamamaktadır. Alınan su ücretleri, Devlet eliyle yürütülen işletme ve bakım masraflarını dahi karşılamayacak bir düzeydedir. TOPRAKSU Genel Müdürlüğü eliyle yapılan yatırımlar için ise, hiçbir geri ödeme uygulanamamaktadır. Dördüncü Beş Yıllık Kalkınma Planında bu alanda gerçekçi yöntem-

lerin geliştirilmesi gereği vurgulanmakta ise de etkin bir yaklaşım henüz uygulama alanına sokulamamıştır.

İşbirliği

Su kaynaklarının geliştirilmesinde, çeşitli kesimlerde, çok geniş ve yaygın çalışma alanlarının bulunması, işbirliğine özel bir önem verilmesini gerektirmektedir. Su kaynaklarının geliştirilmesi ile ilgili hizmetlerde izlenecek politikanın saptanması ve hizmetlerin birbirini tamamlayan bir bütün halinde yürütülmesinde bir merkezi otorite ve eşgüdüm sağlanması gerekmektedir. Bu amaçla ilgili kuruluşlarca araştırma, etüd, planlama, projelendirme, programlama, uygulama ,işletme, bakım, eğitim ve pazarlama aşamalarının tümünde ortak ve tutarlı bir politikanın benimsenmesi gerekir.

7. TARIMSAL HİDROLİK

Mühendislik Mekaniğinin, suyun durgun ve hareket durumundaki sorunları ile uğraşan dalına Hidrolik denir. Hidrolik; su temini, sulama, drenaj, akarsu kontrolu ve hidro-elektrik enerji üretimi çalışmalarında geniş uygulama alanı olan bir bilim dalıdır.

Akışkanların, katı cisimlerden en büyük farkı kesme kuvvetlerine karşı dirençlerinin olmaması ve sonuç olarak da sürekli bir şekil değiştirmeye uğramalarıdır. Akışkanların kuvvet veya basınç etkisi altında sıkıştırılamayanları sıvı olarak adlandırılır. Herhangi bir sıvının hacmi, doldurulduğu kabın hacminden az ise kab içerisinde serbest bir sıvı yüzeyi oluşur. Gazlar ise kolayca sıkıştırılabilen ve içerisinde bulundukları kabın tüm hacmini doldurun akışkan cisimlerdir. Kültürteknik çalışmalarında Ziraat Mühendisini daha çok su ile ilgili sorunlar ilgilendirdiğinden bu bölümde tarımsal hidroliğin genel ilkeleri üzerinde durulacaktır.

Boyutlar ve Birimler

Herhangi bir matematiksel denklemin doğruluğu, eşitliğin iki yanının hem sayisal hem de boyutlar bakımından birbirine eşdeğer olmasına bağlıdır. Başka deyimle, herhangi bir denklemin belirttiği fiziksel koşulun doğru olması için boyut yönünden türdeş olması gereklidir. Hidrolikteki bütün olaylar boyut bakımından uzunluk (L), zaman (T), kuvvet (F) ve kitle (M) boyutları ile anlatılabilir. Mekaniğin herhangi bir denkleminde yalnız bu boyutlar görülür. Uygulamada genel olarak bu dört boyuttan üçü seçilir. Bu seçim var olan problemin niteliğine bağlıdır. Örneğin yoğunluğun (M/L^3) boyutu ile gösterilmesi (FT^2/L^4) veya (M^4/F^3T^4) boyutları ile gösterilmesinden daha kullanışlıdır. Cetvel 7.1 de, Hidrolikte kullanılan büyüklüklerin en önemlilerinin boyutları (L-T-F) ve (L-T-M) sistemlerinde verilmiştir. Bu cetvel, hidrolikte kullanılan denklemlerin boyut kontrolu ve ölçü birimlerinin bir sistemden öbürüne çevrilmesinde çok kullanışlıdır.

Cetvel 7.1. Hidrolikte kullanılan çeşitli kavramların boyutları

Miktar	Sembol	Boyutlar L-T-F	Boyutlar L-T-M	Metrik sistemde Kullanılan Birimler
Geometrik:				
Uzunluk	L,d,D,h,H	L	L	Metre
Alan	A	L^2	L^2	Metrekare
Hacim	V	L^3	L^3	metreküp
Meyil	S	—	—	
Kinematik:				
Zaman	t	T		saniye
Hız (lineer)	v	L/T	L/T	metre/saniye
İvme (lineer)	a	L/T^2	L/T^2	metre/saniye^2
Akış debisi	Q	L^3/T	L^3/T	metreküp/saniye
Kinematik Viskozite	ν	L^2/T	L^2/T	metrekare/saniye
Dinamik:				
Kütle	M	FT^2/L	M	kütle
Kuvvet, ağırlık	F, W	F	ML/T^2	kilogram
Yoğunluk	ρ	FT^2/L^4	M/L^3	metreküptaki kütle
Yoğun ağırlığı		F/L^3	M/L^2T^2	metreküpte kilogram
Elastik modülü	E	F/L^2	M/LT^2	metrekareye kilogram
Basınç intensitesi	P	F/L^2	M/LT^2	metrekareye kilogram
İş, enerji	W, E	LF	ML^2/T^2	kilogram metre
Güç	P	LF/T	ML^2/T^3	saniyede kilogram metre

7.1. Hidrostatik, Temel Kavramlar ve Denklemler

1. Hidrostatik Basınç:

Hidrostatik, hidroliğin durgun suyun ağırlığından ileri gelen basınç ve kuvvetleri ile ilgili dalıdır.

Hidrostatik basınç, suya doldurulmuş bir yüzey üzerindeki birim alana etki yapan kuvveti (P) gösterir. Bu kuvvete "basınç yoğunluğu" ya da daha basit olarak "basınç" denir. Durgun su kütlesi içerisindeki herhangi bir noktaki basınç bütün doğrultularda aynıdır. Su, kesme kuvveti iletemediğinden, içinde bulunduğu kabın duvarına yaptığı basınç, her noktada yüzeye dik olacaktır.

Yeryüzünde atmosferik basınç tüm cisimlere aynı biçimde etki yapar. Bu bakımdan mühendislik çalışmalarında, atmosferik basınç üzerindeki veya altındaki basınç göstergeleri kullanılır. Yani hava (atmosferik) basınç esas (referans) olarak kabul edilir. Bu şekilde atmosferik basıncın baz(sıfır) alınmasıyla elde edilen basınca manometrik basınç denir. Çoğu mühendislik çalışmalarında basınç denince manometrik basınç akla gelir. Bu açıklamadan sonra, durgun bir su kütlesinin yüzeyinden başlayarak (h) derinliğinde bir noktaya yaptığı basınç şöyle gösterilebilir.

$$P = w.h \text{ veya } h = P/w$$

P = Basınç

w = Suyun hacim ağırlığı

h = Serbest su yüzeyinden söz konusu noktaya kadar olan derinlik.

Eşitlikte P/w ifadesine basınç yüksekliği" ya da "basınç yükü" dür. Hacim ağırlığı w ifadesine "olan bir suyun (suyun hacim ağırlığı ve özgül ağırlığı metrik sistemde aynı sayısal değere eşittir) P basıncını oluşturması için gerekli su yüksekliğini gösterir. Buradan anlaşılacağı gibi, su içerisinde yatay doğrultuda basınç değişimi yoktur. Basınç değişimi ancak düşey doğrultuda olur. Bu nedenle Şekil 7.1. de gösterilen 1 ve 2 noktalardaki basınç aynı, buna karşılık 1,c ve 2,d noktalarındaki basınç ise farklıdır.



Şekil 7.1. Su içerisinde basınç değişimi.

Örnek: Üstü açık bir depoda bulunan 2 m. derinliğindeki suyun üzerinde 1 m. kalınlıkta yağ bulunmaktadır (w = 969 kg/m³). Yağ ve suyun ortak yüzeyi ile deponun tabanındaki basıncı bulunuz.

Ortak yüzeydeki basınç:

h = 1 m, w = 969 kg/m³

P = w.h = 969 × 1 = 969 kg/m²

Deponun tabanındaki basınç, yağ ve su basıncının toplamına eşit olacaktır.

w_{su} = 1000 kg/m²

P = 969 + 1000 × 2 = 2969 kg/m² dir.

Basınç Ölçmede Kullanılan Birimler:

Basınç veya basınç intensitesi herhangi bir baza göre ifade edilir. Genel olarak kullanılan baz mutlak sıfır ya da yörenin atmosferik basıncıdır. Basınç, kendi değeri ve tam vakum arasındaki fark olarak ifade edilirse buna Mutlak Basınç denir. Basınç kendi değeri ve yöresel atmosferik basınç arasındaki fark olarak ifade edilir se o zaman Manometrik Basınç olarak ad-

landırılır. Şekil 7.2 de basınç birimleri ve kullanılan göstergeler arasındaki ilişkiler göstermiştir.



Şekil 7.2. Basınç ölçmelerinde kullanılan birimler.

Atmosferik basıncın deniz seviyesindeki değeri 10330 kg/m² veya 1.033 kg/cm² dir. Atmosferik basınç deniz seviyesinden yükseldikçe azalır. Bu azalma, yükselti arttıkça havanın yoğunluğu değiştiğinden sıvılarda olduğu gibi tam doğru orantılı değildir. Atmosferik Basınç çeşitli tiplerde yapılan Barometrelerle ölçülür. Mühendislik çalışmalarında basınç denince akla genel olarak "Manometrik Basınç" gelir.

2. Manometreler:

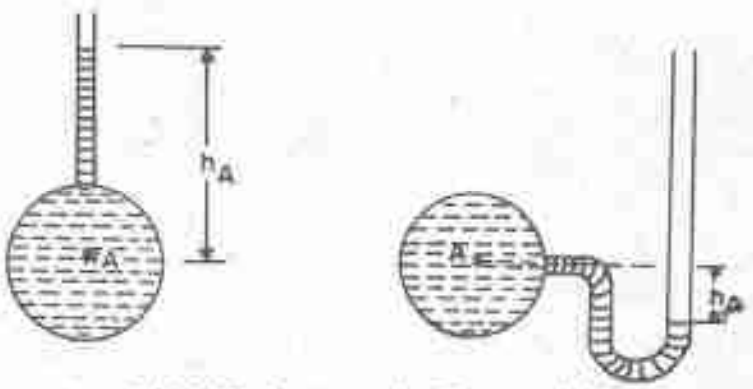
Manometreler su depolarını, borulara veya kanallara basınç ölçmek amacı ile bağlanan borulardır. Basınç farkının ölçülmesinde bir sıvı kolonundan faydalanılır. Manometre okumalarından basıncın bulunmasında hidrostatik denklemleri kullanılır.

Manometre, yalnız konduit'deki sıvıyı içerirse bu tip manometrelere Piyezometre denir. Şekil 7.3 de iki piyezometre örneği gösterilmiştir.

Şekil 7.3 deki boruların merkezlerinin (A) basınç değerleri; piyezometrede okunan düşey yüksekliklerin (h_A) Hidrostatik Basınç denkleminde yerine konulmasıyla bulunabilir.

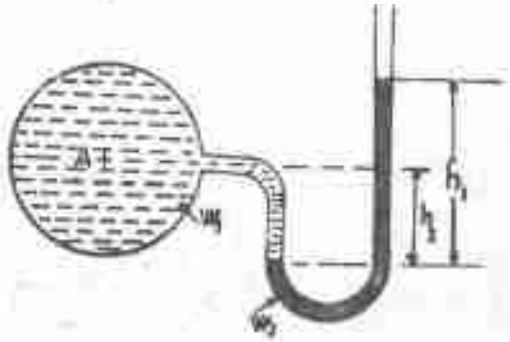
$$P_A = w \times h_A$$

Piyezometreler atmosferik basınç altındaki (negatif basınç, vakum) basınçların ölçülmesinde kullanılmazlar. Çünkü bu durumda hava piyezometre tüpünden boruya geçer Yüksek basınçların ölçülmesinde çok uzun borulara gereksinim olacağından piyezometrelerin kullanılması pratik değildir.



Şekil 7.3. Basit manometreler (Piyezometreler).

Daha büyük negatif ve pozitif manometrik basınçların ölçülmesinde, manometre tüplerinde özgül ağırlığı yüksek sıvılar kullanılır (Şekil 7.4).



Şekil 7.4. Yüksek basınçların ölçülmesinde kullanılan manometreler.

A noktasındaki sıvının hacim ağırlığı (w_1) manometre borusundaki sıvınınki (w_2) ise, A noktasındaki basınç intensitesi denklemi, A noktasından veya manometre borusunun üst ucundan başlanarak şöyle gösterilir:

$$P_A + w_1 h_2 - w_2 h_1 = 0$$

$$P_A = w_2 h_1 - w_1 h_2$$

3. Yüzeylere Gelen Hidrostatik Kuvvetin Bulunması

Bir su kütlesinin içerisindeki hidrostatik basınç intensitesinin değişimi ve bu değişimin ifadesi daha önce incelenmiş idi. Suyun herhangi bir yüzey üzerine yaptığı basınç, tek bir bileşke kuvveti ile gösterilebilir. Bu bileşke kuvvetinin şiddeti ve etki çizgisinin (basınç merkezi) bulunması gerekli dir.

1) Yatay bir yüzey üzerine gelen hidrostatik kuvvet:

Durgun bir su kütlesinin tabanında bulunan bir yatay düzlemde basınç intensitesi sabittir. Bu nedenle hidrostatik kuvvetin şiddeti:

$$F = P \times A \quad \text{dır.}$$

Eşitlikte:

F = Hidrostatik kuvvet

P = Basınç intensitesi ($w \times h$)

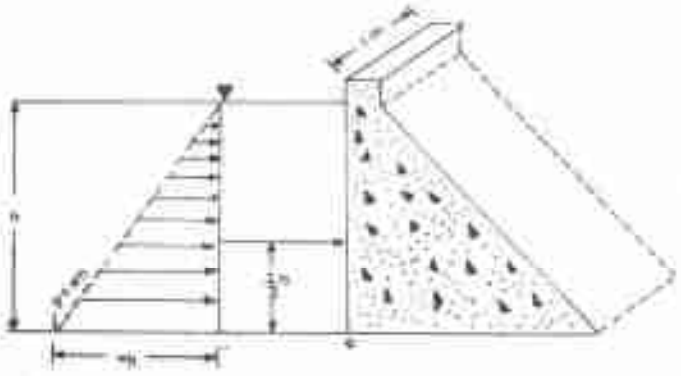
A = Hidrostatik basıncın etki yaptığı yatay düzlemin alanıdır.

Hidrostatik kuvvetin doğrultusu yatay düzleme dik olup, düzlemin sentroidinden geçer.

2) Düşey bir yüzey üzerine gelen hidrostatik kuvvet:

Bir su kütlesi içerisinde hidrostatik basıncın yüzeyden olan derinlikle doğru orantılı olarak arttığı ve belirli bir noktada her doğrultuda aynı olduğu belirtilmişti. Yukarı su kesimi düşey bir düzlem olan bir yerçekimi bendi düşünelim (Şekil 7.5). Bendin yukarı su kesimindeki suyun derinliği (h) olsun. Şimdi bendin birim (1 m) genişlikteki yüzeyine gelen hidrostatik kuvveti bulalım.

Yukarı su kesiminin derinliği (h) olduğuna göre, hidrostatik basınç su yüzeyinde sıfırdan başlayıp, derinlikle doğru orantılı olarak artacak ve bendin topuğunda (O), $P = w\,h$ değerine ulaşacaktır. Burada bendin birim genişliğindeki alanın yüzeyine gelen toplam hidrostatik kuvvet Şekil 7.5. de



Şekil 7.5. Beton yerçekimi bendi.

gösterilen basınç üçgeninin alanına yani $F = w \frac{h^2}{2}$ ye eşdeğer olacaktır.

Bu değer daha genel olarak şöyle yazılabilir:

$$F = w\, h_0\, A$$

Eşitlikte:

F = Düşey düzleme gelen toplam hidrostatik kuvvet

w = Suyun hacim ağırlığı

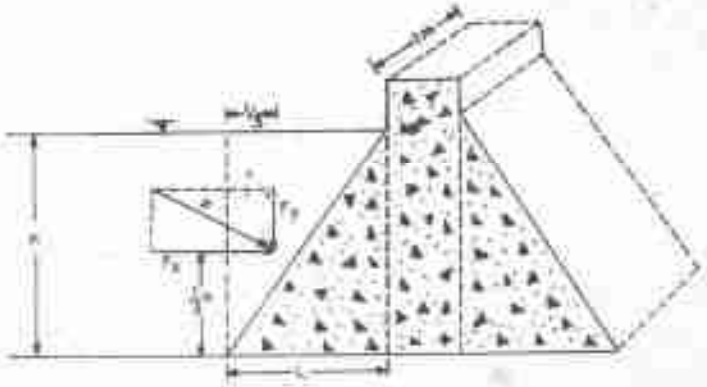
A = Su ile temasta bulunan yüzeyin alanı

h_0 = Su yüzeyinden, A alanının sentroidine kadar olan uzaklık

Hidrostatik kuvvetin doğrultusu düşey düzleme dik olup, etki çizgisi tabandan h/3 uzaklıktadır.

3) Eğimli bir yüzeydeki hidrostatik kuvvet:

Eğimli bir yüzeye gelen toplam hidrostatik kuvvetin yatay ve düşey olmak üzere iki bileşeni vardır. Şekil 7.6. da gösterilen ve yukarı kesimindeki su derinliği (h) olan bendin birim (1 m) genişliğine gelen toplam hidrostatik kuvvet şöyle bulunur:



Şekil 7.6. Beton yerçekimi bendi.

Hidrostatik kuvvetin yatay bileşeni:

Bendin birim genişliğine etki yapan hidrostatik kuvvetin yatay bileşeni

$$F_x = w \frac{h^2}{2} \text{ dir.}$$

Yatay bileşenin etki çizgisi tabandan h/3 uzaklıktadır.

Hidrostatik kuvvetin düşey bileşeni:

Hidrostatik kuvvetin düşey bileşeni ise bendin birim genişliğine denk yüzey üzerine gelen su prizmasının ağırlığına eşittir.

$$F_y = w \frac{hL}{2}$$

Düşey bileşenin etki çizgisi bent yüzeyi üzerindeki su prizmasının ağırlık merkezinden geçer.

Toplam hidrostatik kuvvet:

F_x ve F_y bulunduktan sonra bileşke, hidrostatik kuvvet aşağıdaki denklemden bulunur:

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \text{ dir.}$$

7.2. Suyun Akışına İlişkin Temel Kavramlar

Suyun açık kanallar ya da borularla taşınması hidrolik problemlerin doğru bir şekilde analizini gerektirir. Suyun konduitlerdeki akışı iki genel grupta toplanabilir.

1. Laminar Akış:

Laminar akışda suyu oluşturan zerreler paralel çizgiler ve tabakalar biçiminde ilerler.

2. Turbulent Akış:

Turbulent akışta suyu oluşturan zerrelerin hareketi düzgün olmayan çizgiler ve tabakalar biçiminde olur. Laminar akışta, sürtünme kayıpları hıza doğru orantılıdır. Turbulent akışda ise sürtünme kayıpları yaklaşık olarak hızın karesiyle orantılıdır. Sulama, drenaj ve toprak koruma çalışmalarında suyun açık kanallar, tüneller veya boru hatlarındaki akışları genel olarak turbulent kabul edilir.

Suyun açık kanallar ya da boru hatlarında taşınmasının hidrolik prensipleri hemen hemen aynıdır. Bununla beraber, biraz farklı biçimde denklemler kullanılır.

Bunun nedeni suyun boru hatlarındaki akışının belirlenmesinde genel olarak basınç ve pozisyon (yükseklik) farkları ölçülür; buna karşılık açık kanallarda ise basınç yükü değişmediğinden akışın belirlenmesinde ölçü, akan su yüzeyinin eğimidir.

Burada suyun akışına ilişkin hidrolik denklemlerin çıkarılması ve bunların uygulanmasına ilişkin ayrıntılar üzerinde durulmayacak, yalnız sulama,

drenaj ve toprak koruma çalışmalarında kullanılan temel prensipler ve denklemler belirtilecektir. Bu konuda ayrıntılı bilgi hidrolik kitaplarından sağlanabilir.

1. Süreklilik Denklemi:

Süreklilik denkleminin genelleştirilmiş biçimi şöyledir:

$$Q = A_1V_1 = A_2V_2 \text{ dir.}$$

Eşitlikte;

Q = Debi

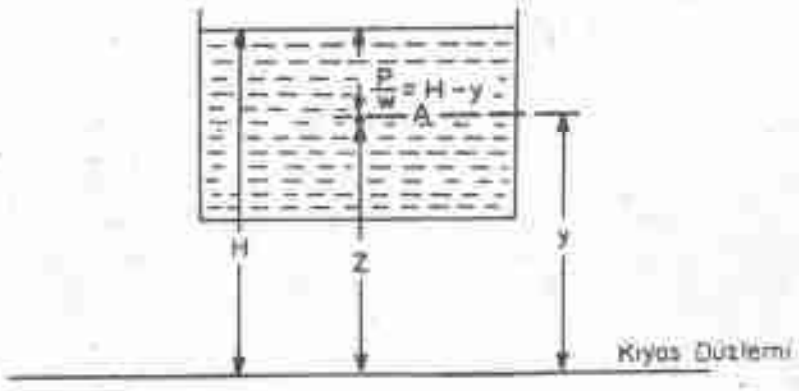
A = Akım kesit alanı

V = Akım hızı

Sürekli düzgün akışda, süreklilik denkleminin anlamı, herhangi bir kanal veya boru sisteminde birim zamanda akan suyun miktarının, kanal veya boru hattı boyunca her yerde aynı oluşudur. Akım kesit alanının azalması, akım hızının artmasına neden olur.

2. İş ve Enerji Denklemi:

Sürtünmesiz ideal bir düzgün devamlı akımda akış güzergahının her noktasındaki enerji sabittir (Şekil 7.7.).



Şekil 7.7. Su deposu.

$$Z + \frac{P}{w} + \frac{V^2}{2g} = C$$

Bernoulli Teoremi olarak bilinen bu denklemde:

Z = Söz konusu noktadan, herhangi bir kıyas düzlemine olan düşey uzaklık.

P = Söz konusu noktadaki basınç intensitesi

w = Suyun hacim ağırlığı

V = Suyun akış hızı

g = Yerçekimi ivmesidir.

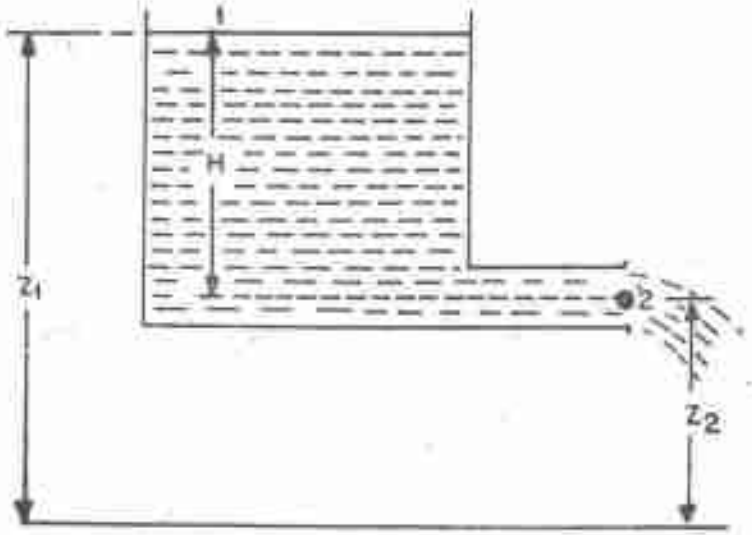
Şekil 7.7 de gösterilen su deposunun her yerinde enerjinin sabit olduğu Bernoulli denkleminin uygulanması ile gösterilebilir:

$$Z + \frac{P}{w} + \frac{V^2}{2g} = y + (H - y) - O = C \text{ dir.}$$

(Depodaki su akış halinde olmadığından V = O alınmıştır).

Suyun akışı sürtünmesiz bir ideal sıvı akışı değildir. Suyun bir viskozitesi vardır. Akış sırasında mekaniksel enerjiyi, ısı enerjisine çeviren kesme gerilmeleri oluşur. Uygulamada bu enerji yeniden mekaniksel enerjiye çevrilmez ve bu bakımdan kaybolmuş enerji olarak kabul edilir.

Bu durumda, Bernoulli denkleminin suyun akışına uygulanması için bu enerji (sürtünme) kaybının da denkleme sokulması (Şekil 7.8) gereklidir. O zaman Bernoulli denklemi şu şekle girer.



Şekil 7.8. Rezervuardan akış.

$$Z_1 + \frac{P_1}{w} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{w} + \frac{V_2^2}{2g} + h_t.$$

Denklemindeki h_L terimi suyun (1) noktasından (2) noktasına ulaşıncaya kadar kaybettiği enerji veya yük kaybını gösterir. Denklem Şekil 7.8 deki duruma uygulandığı zaman: Her iki noktadaki basınç intensitesi atmosferik basınca eşdeğer olduğundan $P_{1,2} = O$ dır. Rezervuar büyük olursa (1) noktasındaki su akım hızı $V = O$ dır. Bu duruma göre, enerji dengesi şöyle olacaktır.

$$Z_1 + O + O = \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + O + h_L$$

$$Z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + h_L$$

3. Açık Kanallar ve Boru Hatlarında Yük (Enerji) Kaybı:

Sabit kesitli boru hatlarındaki düzgün devamlı turbulent akımda yüzey ve su arasında sürtünmeden ileri gelen yük (enerji) kaybı yaklaşık olarak akım hızının karesi ile doğru orantılıdır. Açık kanallar ve daire kesitli olmayan boru hatlarında, yüzey ve su arasındaki sürtünmeden ileri gelen yük (enerji) kaybı tüm ıslak yüzey boyunca sabit değildir. Bu bakımdan hesaplarda ortalama bir değer alınır. Birim kondüit (kanal veya boru) uzunluğunda ortaya çıkan yük (enerji) kaybının bulunması için ıslak çevre ve Hidrolik Yarıçap kavramlarının bilinmesine gereksinim vardır.

Islak Çevre:

Bir boru veya kanal kesitinde yüzeyin su ile temas halinde olduğu uzunluktur. Islak çevrenin hesabında boru veya kanaldaki serbest su yüzeyi dikkate alınmaz.

Hidrolik Yarıçap:

Bir kanal veya borudan akan suyun kesit alanı (A) nın ıslak çevreye oranıdır.

$$R = \frac{A}{P}$$

Eşitlikte;

R = Hidrolik yarıçap

A = Akım kesitinin alanı

P = Islak çevre

Birim kondüit (kanal veya boru) uzunluğunda birim hacmindeki suyun ağırlığına denk yük (enerji) kaybı şöyle ifade edilir:

$$\frac{h_L}{L} = S = \frac{f}{R} \qquad \frac{V^2}{2g}$$

Denklemde:

h_L = Birim hacimdeki su ağırlığına isabet eden enerji kaybı

L = Konduit uzunluğu

S = Birim uzunlukta, birim hacim su ağırlığına isabet eden yük (enerji) kaybı (su yüzeyi veya piyezometrik yük doğrusunun eğimi).

f = Sürtünme katsayısı

R = Hidrolik yarıçap

V = Akım hızı

g = Yerçekimi ivmesi

Bu denklem Akım Hızı (V) için çözülürse Chezy Formülü elde edilir:

$$V = \sqrt{\frac{2g}{f}} \cdot RS$$

$\sqrt{\frac{2g}{f}}$ = C alınırsa, formül şu şekle girer: $V = C\sqrt{RS}$

Başlangıçta Chezy katsayısı (C) nin her büyüklükteki veya yüzey koşullarındaki konduitler için sabit olduğu düşünülmüştür.

Bugün mühendislik uygulamalarında Chezy denklemindeki "C" katsayısının elde edilmesi için çeşitli formüller geliştirilmiş ise de buralarda bunlardan en çok kullanılan ikisinin belirtilmesi ile yetinilecektir.

1. Kutter Formülü:

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{S}}{1 + \frac{n}{\sqrt{R}}\left(23 + \frac{0.00155}{S}\right)}$$

Eşitlikte:

C = Chezy katsayısı

R = Hidrolik yarıçap (m)

S = Hidrolik eğim (m/m)

n = Pürüzlülük katsayısı

Çeşitli koşullardaki kanallar için Kutter formülündeki (n) pürüzlülük katsayısının değerleri Cetvel 7.2 de verilmiştir.

Cetvel 7.2. Kutter denkleminde kullanılan (n) pürüzlülük katsayısı değerleri.

Kanal sınıfları	Kanalın özellikleri	n	$\frac{1}{n}$
I	İyi rendelenmiş alçıp ve parlak yüzlü beton kanallar	0.01	100
II	Alçıp ve betonarme kanallar	0.012	83.4
III	Düzgün taşlardan yapılan kanallar ve tuğla kanallar	0.013	76.0
IV	Kırma taşlardan yapılan kanallar	0.017	58.9
V	Toprak kanallar dere ve nehir yatakları	0.025	40.0
VI	Eski moloz taşlı ve otlu eski toprak kanallar ve dere yatakları	0.030	33.3
VII	Drenaj hendekleri	0.030–0.038	33.3–38.3

2. Manning Formülü:

Açık kanallardaki su akımının analiz ve projelenmesinde geniş çapta kullanılan bir formüldür. Chezy formülünde (C) katsayısı Manning eşitliği ile elde edilir:

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6}$$

Bu katsayı Chezy eşitliğinde yerine konulursa Manning eşitliği elde edilir.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

V = Akım hızı (m/s)

n = Kanal yüzeyinin pürüzlülük katsayısı

R = Hidrolik yarıçap (m)

S = Kanaldaki su yüzeyi ve piyezometrik yük çizgisinin eğimi (m/m)

Cetvel 7.3. de Manning eşitliğindeki pürüzlülük katsayısının çeşitli koşullardaki değerleri verilmiştir. Manning formülü süreklilik denkleminde (Q = A.V) yerine konulursa aşağıdaki biçime girer:

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

Q = Akım debisi (m^3/s)

A = Akım kesit alanı (m^2)

Cetvel 7.3. Manning pürüzlülük katsayılarının ortalama değerleri

Cidar malzemesi	Manning
Randelenmiş ahşap	0.012
Randelenmemiş ahşap	0.013
Perdahlanmış beton	0.012
Perdahlanmamış beton	0.014
Dökme demir	0.015
Tuğla	0.016
Perçinli çelik	0.018
Oluklu metal	0.022
Toprak	0.025
Taşlı ve otlu toprak	0.035
Çakıl	0.029

Akım kesit alanı bilinirse, formülün çözülmesiyle öbür bilinmeyenlerin her birisi bulunabilir.

7.3. Açık Kanalların Proje Esasları

Açık kanallar, suyun serbest bir yüzeyle aktığı konduitlerdir. Boru hatlarında su genellikle basınç altında akar. Buna karşılık açık kanallarda akan su kendi ağırlığı ve atmosferik basınç dışında herhangi bir basıncın etkisi altında değildir.

Açık kanallar çeşitli amaçlar için projelenir ve inşa edilirler.

1. Hidro-elektrik enerji üretimi: Suyun akarsu veya rezervuardan, jeneratörün üst yapısına kadar getirilmesi.

2. Sulama: Suyun akarsu veya rezervuarlardan sulu tarım toprağına getirilmesi ve dağıtımı.

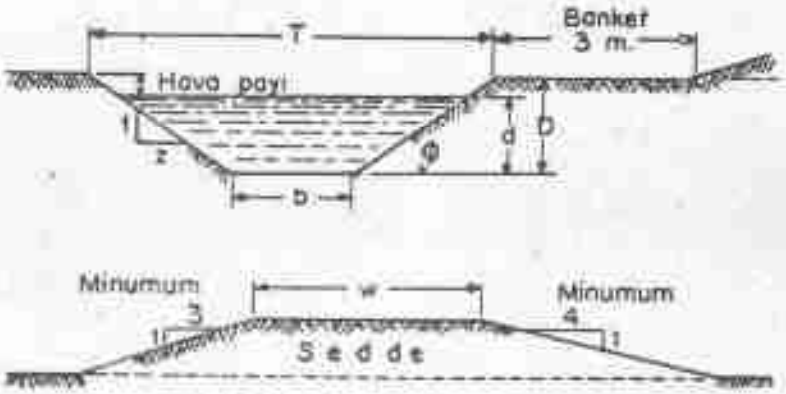
3. İçme ve kullanma suyu sağlama: Suyun akarsu veya rezervuardan, su depolarına getirilmesi.

4. Pis su tesisleri: Hernekadar bu tesisler boru hatlarından oluşur ise de, akım koşulları dolu olmadığından açık kanal ilkelerine göre projelenirler.

5. Drenaj: Arazi yüzeyinde ve toprak içinde var olan fazla suların uzaklaştırılması.

6. Taşkın Koruma: Yerleşim alanları ve tarım topraklarının taşkınlardan korunması.

Burada sulama ve drenaj çalışmalarında kullanılan toprak kanalların projelenmesi ile ilgili bazı önemli noktalar özetlenecektir (Şekil 7.9).



Şekil 7.9. Kanal kesitinin öğeleri.

1. Kanal Derinliği

Sulama kanallarında en az su derinliği, gerekli akım kapasitesini sağlayacak biçimde seçilmelidir. Drenaj kanallarında ise en az derinlik, yüzey sularını taşıyabilecek ya da kanal künkü drenler için çıkış ağzı ise, akım derinliği, hidrolik eğim çizgisi künk dren seviyelerinden aşağı olacak biçimde seçilmelidir. Ayrıca kanal derinliğinin % 10–20 si oranında bir hava payı öngörülmelidir.

2. Kanal Kesitinin Biçimi

Kanallar için en ekonomik kesit biçimi yarım dairedir. Çünkü en büyük hidrolik yarıçap ($R = A/P$) bu tip kesitle elde edilir. Fakat bu yarım daire kanalların inşaası güçtür. Bundan sonra en ekonomik kanal kesit şekli yamuktur.

3. Şev Eğimi

Yamuk şeklinde kanalların eğimli yüzeylerine verilecek eğim kanalın açıldığı toprağın kesme direncinin bir işlevidir. Bu direnç ise genel olarak uygulamada toprağın doğal şev açısı ile gösterilir. Kanallarda eğimli yüzeylere verilecek şev eğimi (eğimli yüzeyde kat edilen düşey uzunluğun yatay uzunluğa oranı) toprağın bünyesine göre değişir.

Toprak Bünyesi	Şev Eğimi (h/z)
Organik topraklar	1:1
Ağır killi topraklar	1:1½
Tınlı topraklar	1:2
Kumlu topraklar	1:3

4. Kanal Tabanının Eğimi

Toprak kanallarda taban eğimi, izin verilen en büyük akım hızını aşırmayacak biçimde, mümkün olduğu kadar fazla olmalıdır. Kanallara verilecek eğim mümkün olduğu kadar sürekli ve güzergahın geçirildiği toprağın doğal koşullarına uygun olmalıdır. Toprak kanallarının taban eğimleri 0.0005-0.001 arasında değişir.

5. En Büyük Hız:

Kanallarda izin verilen en büyük akım hızı toprağın bünyesine ve vejetasyon durumuna göre değişir. Genel olarak toprak kanallarda en büyük akım hızının 1.5 m/s den yüksek olması özellikle dönemeçlerde oyulmalara da neden olur. Akım hızının çok düşük tutulması ise millenme ve otlanmaya neden olur.

6. Banket Genişliği:

Derinliği 1.20–1.50 metre arasındaki kanallara verilecek banket genişliği en az 3 metredir. Banket genişliği ve kanal derinliği (D) arasındaki ilişki yaklaşık olarak şöyle olmalıdır.

Şev eğimi	Banket genişliği
1 : 1	2 × D
1 : 2	1 × D

Banket genişliği hiçbir şekilde 3 m den aşağı olmamalıdır.

7. Seddeler:

Kanal açmada ortaya çıkan malzemenin kanallar çevresinde yığılma zorunluğu olursa, seddenin kanala bakan şevi 1:3, dışa bakan şevi ise 1:4 dolayında olmalıdır.

8. Hidrolik Eğim Çizgisi:

Hidrolik eğim çizgisi projelenen akım koşullarında kanaldaki su yüzeyini gösterir. Hidrolik eğim çizgisi kanal derinliğinin % 10-20 si oranında bir hava payı bulunacak şekilde geçirilmelidir. Drenaj kanallarında hidrolik eğim çizgisi geçirilirken, drenajı yapılacak arazinin en alçak noktaları ve künk drenlerin çıkış ağzının seviyesi, köprüler, menfezler ve öbür sanat yapılarının yükseklikleri göz önünde bulundurulmalıdır.

Hidrolik eğim çizgisi, kanal güzergahı boyunca zeminin profili çıkarıldıktan sonra yerleştirilir. Özellikle drenaj boşaltım kanallarında hidrolik

eğim çizgisinin arazinin en alçak noktasından en az 25-30 cm aşağıda bulunması gözönünde bulundurulmalıdır.

9. Kanal Tabanının Genişliği:

Yamuk kanalların projelenmesinde, kanal taban eğimi, kanal derinliği, şev eğimi ve kanaldaki akım hızı seçildikten sonra, en elverişli hidrolik koşulun sağlanması için taban genişliği aşağıdaki ilişkiden bulunabilir:

$$b = 2\,d\,Tg\,\frac{\alpha}{2}$$

Eşitlikte;

b = Taban genişliği

d = Kanal derinliği

$Tg\,\alpha$ = Şev eğimi (h/z) dir.

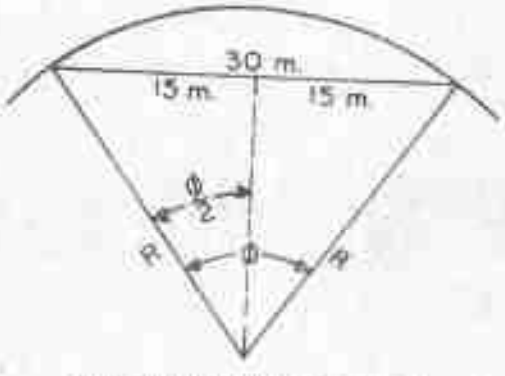
Bu ilişki kaplanmış kanallar için de geçerlidir.

10. Kanalların Birleşme Yerleri

Kanalların birbirleri ile birleşmesi durumunda taban seviyeleri mümkün olduğu kadar aynı olmalıdır. Bunun sağlanması için gerektiği takdirde küçük kanalın taban eğimi 50-100 metrelik uzaklığa artırılabilir. Bu nokta özellikle drenaj kanallarının projelenmesinde önemlidir.

11. Kanallara Verilecek Dönemeçler:

Kanallara verilecek dönemeç aşamalı olmalıdır. Dönemeçlerin, Dönemeç açısı (30 metrelik bir kirişi gören açı) büyük kapasiteli kanallarda 4°, küçük kapasiteli kanallarda 20° nin üstünde olmamalıdır (Şekil 7.10).



Şekil 7.10. Kanallarda dönemeç açısı.

7.4. Boru Hatlarının Proje Esasları

Boru hatlarının projelenmesinde, akımı engelleyen faktörler ve diğer hususların bilinmesine ihtiyaç vardır. Boru hatlarında akıma direnimin başlıca nedeni boru yüzeyleri ile akan su arasındaki sürtünmedir. Dirsekler, vanalar ve boru çapındaki değişiklikler gibi diğer faktörler de akıma karşı olan direnime etki yaparlar. Bazı problemlerde, özellikle kısa boruları ihtiva eden sistemlerde, giriş kayıpları boru cidarlarındaki asıl sürtünmeden daha önemlidir. Borulardaki sürtünme kayıpları, akım hızına ve borunun yapıldığı malzemenin cinsine göre değişir ve genel olarak 100 veya 1000 metrelik boru uzunluğuna denk metre su yüksekliği olarak belirtilir. İkincil kayıplar bağımsız olarak saptanmalıdır. Suyun akım hızı ne kadar az ve boru iç yüzeyleri ne kadar pürüzsüz ise yük kayıpları da o kadar az olacaktır. Böylece pürüzlülüğü az bir çelik boru hattındaki yük kaybı, çok sayıda pürüzlü derzi olan beton boru hatlarındakinden daha az, ondüleli çelik boru hatlarında ise yük kayıpları daha fazladır.

Boru hatlarında sürtünmeden ileri gelen yük kayıplarının bulunması konusunda çeşitli araştırıcılar, çeşitli formüller geliştirmişlerdir. Deneyler herhangi bir formülün farklı malzemeden yapılmış borular için aynı başarı derecesi ile kullanılamadığını göstermektedir. Bu nedenle, belirli bir boru cinsi için bu cins boruya en uygun eşitliklerin kullanılması gerekir. Genel olarak hidrolikte boru hatlarında akım kesitinin dairesel ve bu kesitte akımın dolu olduğu kabul edilir. Suyun kısmen dolu aktığı boru akışları açık kanallar şeklinde nitelenir ve bu koşullar altında analiz edilip projelenirler.

Sulama, içme ve kullanma suyunun taşınmasında kullanılan boru hatlarının dolu, pis su sistemleri ve dren künklerindeki akımların ise kısmen dolu olduğu kabul edilir. Genel olarak sürtünmeden ileri gelen yük kayıpları, boru hatlarındaki basınç intensitesine bağlı olmadığından, boru sistemleri ve açık kanal akışları aynı hidrolik yasalarına uyduğundan kullanılan eşitlikler aynı genel forma sahiptir. Sulama, drenaj ve toprak koruma çalışmalarında kullanılan boru hatlarında akım daima turbulent olduğundan aşağıdaki analizlerde sürekli bu nokta gözönünde bulundurulacaktır.

Boru hatlarında akım hızı ve sürtünmeden ileri gelen yük kaybı birbirleri ile çok yakından ilgilidirler. Bu bakımdan, herhangi bir boru hattının su taşıma kapasitesinin bulunmasında, sürtünmeden ileri gelen yük (enerji) kaybının fazla olmaması için o koşul için izin verilecek akış hızı sınırının bilinmesine gerek vardır.

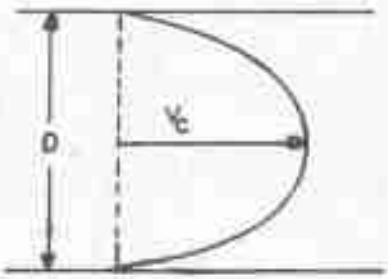
Herhangi bir boru ya da kanalda akan, su akış sırasında sahip olduğu enerjinin bir bölümünü su ve boru yüzeyi arasındaki sürtünme nedeni ile

kaybeder. Kaybedilen bu yük (enerji) öbür koşullar aynı kaldığından boru hattının uzunluğu ile doğru orantılıdır.

Sürtünme, birisi suyun sahip olduğu viskozite ve diğeri de boru yüzeyinin pürüzlülüğü olmak üzere iki nedenden oluşur. Her iki şekildeki sürtünme kaybı boru hattında akan suyun hızı arttıkça yükselir.

1. Boru hatlarında hız yükü:

Borulardaki turbulent akımda, su zerrelerinin hızlarının yatay ve düşey bileşenleri vardır. Fakat akımı sağlayan, hızın yatay bileşenidir. Bu bakımdan hız denince, akış doğrultusundaki hız bileşeni düşünülür. Dairesel kesitli bir boruda turbulent akışta hız dağılımı Reynolds sayısına göre değişir. Hız boru cidarında sıfıra yakındır. Boru hattının merkezine doğru en yüksek değerine ulaşır. Fakat bu fark laminar akışta hız farkından daha azdır (Şekil 7.11.)



Şekil 7.11. Düz bir boruda hız dağılımı.

Bu bakımdan borudaki ortalama akım hızı, maksimum hızın % 80 i dolayındadır. Boru hattında var olabilecek herhangi bir pürüz veya engel akış hızının doğrultusunun veya dağılımının değişmesine neden olur. Örneğin boruda olabilecek bir dirsek, maksimum akış hızı hattının borunun konkav kısmına kaymasına neden olur.

Boru hatlarındaki akım analizlerinde genel olarak akım kesitinin her noktasında, akım hızının aynı olduğu varsayılır. Bu nedenle birim ağırlıktaki suyun kinetik enerjisinin $\frac{V^2}{2g}$ ye eşit olduğu kabul edilir.

2. Boru hattında akışın sürekliliği:

Boru hatlarında akan suyun süreklilik denklemini ($Q = A.V$) sağladığı yani herhangi bir anda, boru hattının herhangi bir kesitinde akış debisinin aynı olduğu kabul edilir.

3. Boru hattında yük (enerji) kaybı:

Boru hatlarındaki yük (enerji) kaybının nedenleri: (1) borunun düz türdeş çap ve pürüzlülükteki bölümünde yüzey ve su arasındaki sürtünme ve (2) akış hızı veya doğrultusundaki değişmedir. Bu iki tipteki yük kayıpları sırasıyla birincil ve ikincil kayıplar olarak adlandırılır.

İç çapı D olan bir boru hattında akan suyun ortalama hızı V dir. Boru hattının L uzunluğunda sürtünmeden ileri gelen yük kaybı (genel olarak su sütunu yüksekliği veya atmosfer cinsinden gösterilir. Teknikte 1 atm basınç 10.33 m su sütunu yüksekliğine denktir) bazı genel yasalara uyar. Boru akış formüllerinin çoğu bu genel yasaları içerisine alır. Bu yasalar turbulent akış için şöyle özetlenebilir:

1) Sürtünme kaybı genel olarak borunun pürüzlülüğü ile artar.

2) Sürtünme kaybı ıslanan alanla doğru orantılıdır.

3) Sürtünme kaybı boru çapının belirli bir üssü ile ters orantılıdır.

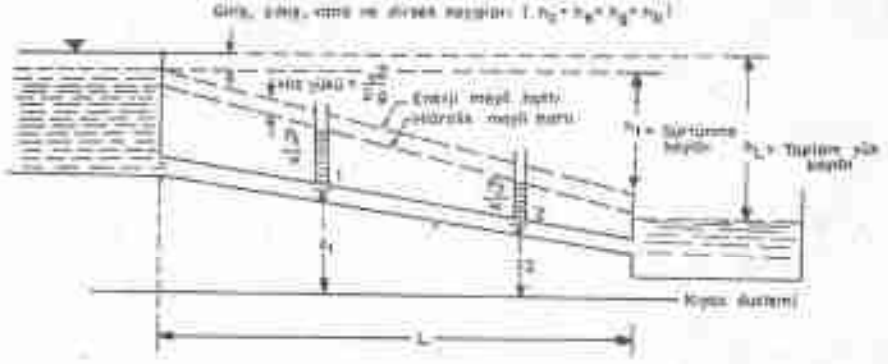
4) Sürtünme kaybı ortalama hızın belirli bir üssü ile artar.

5) Sürtünme kaybı viskozitenin yoğunluğu oranının belirli bir üssü ile orantılı olarak değişir.

Borulardaki su akışı ile ilgili formüller genel olarak ortam sıcaklığındaki su için geliştirilmişlerdir. Bu bakımdan normal akış hızı koşullarında viskozite ve yoğunluğun etkisi kolayca ihmal edilebilir.

4. Hidrolik ve enerji eğim çizgileri

Hidrolik ve enerji eğim çizgileri kavramları borulardaki su akımının analizinde çok kullanışlıdır. Şekil 7.12 de iki rezervuarı birbirine bağlayan bir boru hattında akıştan ileri gelen başlıca yük kayıpları görülmektedir.



Şekil 7.12. Hidrolik ve enerji eğim çizgileri.

Boru hattına şekilde gösterildiği gibi ardarda piyezometreler yerleştirildiğinde, su her noktadaki piyezometrede belirli bir düzeye yükselecektir. Bu düzeylerin herhangi bir kıyas düzlemine göre grafiklenmesi ile elde edilen çizgiye hidrolik eğim çizgisi denir. Bu çizgi her noktada, suyun sahip olduğu potansiyel $\left[\text{rakım } (Z) + \text{basınç } \left(\frac{P}{w}\right)\right]$ enerjiyi gösterir.

Bu çizgiye ardıtıra gelen noktalardaki hız $\left(\frac{V^2}{2g}\right)$ enerjisinin (yükünün) eklenmesi ile enerji eğim çizgisi elde edilir. Enerji eğim çizgisi, suyun boru hattı üzerinde her noktada sahip olduğu toplam enerjiyi gösterir. Hidrolik eğim çizgisinin eğimine hidrolik eğim denir. Kesiti sabit boru hatlarında hidrolik eğim (h_f/L), Darcy-Weisbach

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

denkleminden bulunabilir.

Enerji eğim çizgisinin eğimine ise, enerji eğimi denir. Boru hatlarında akış (pompa suya enerji verdiğinden, bu durum kural dışıdır) herzaman enerji eğim çizgisinin azaldığı doğrultudadır.

5. Birincil yük kayıpları:

Boru hattında birincil yük kaybı (h_f) borunun çapı ve kalitesi aynı olmak koşulu ile türdeştir. Genel olarak, boru hattındaki sürtünmeden ileri gelen yük kaybı olarak adlandırılır.

6. İkincil Kayıplar:

1) Boru hattında akış kesitinin daralmasından yani akış hızının artmasından ileri gelen yük kaybı (h_d). Akış kesitinin azalması birden ya da aşamalı olabilir. Herhangi bir rezervuardan, suyun boru hattına geçişi bu durumun tipik bir örneğidir.

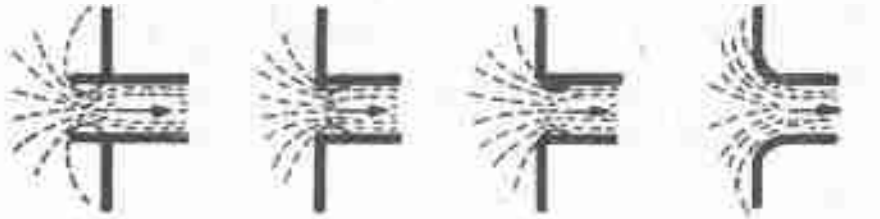
2) Boru hattının akış kesitinin genişlemesinden yani akış hızının azalmasından ileri gelen yük kaybı (h_e). Akış kesitinin genişlemesi birden ya da aşamalı olabilir. Herhangi bir rezervuara boşalan bir boru hattının ucu bu duruma tipik bir örnektir.

3) Boru hattında kapak veya vana gibi akış kesitini değiştiren engellerden ileri gelen kayıplar (h_g).

Boru hatlarında, düz kısma eklenen dirsekler veya dönemeçlerde ortaya çıkan yük kayıpları (h_b).

İkincil kayıpların hesabında kullanılan formüller ve katsayılar cetvel 7.4 ve 7.5 de özetlenmiştir.

Cetvel 7.4. Boru hatlarında girişten dolayı ileri gelen yük kayıpları.



Su içine uzanan giriş
K_c 0.78

Kekin kenarlı giriş
K_c 0.50

Kavisiendirilmiş giriş
K_c 0.25

Konik giriş
K_c 0.04

Cetvel 7.5. Boru hatlarında akışı engelleyen faktörlerden ileri gelen yük kayıpları.

Bu kayıplar genel olarak hız yükü cinsinden gösterilir ve şu formülün kullanılmasıyle hesabedilir:

$$h = K \frac{V^2}{2g}$$

K katsayısının değerleri çeşitli koşullar için şöyledir:

Uzun yarı çaplı	90° dirsek	K = 0.25
" " "	60° "	K = 0.20
" " "	30° "	K = 0.15
Keskin	90° "	K = 1.50
"	60° "	K = 1.20
"	30° "	K = 0.90
T ve Harçlar	Düz akış	K = 0.10
	Açılı akış	K = 1.50
Kapaklı vana (Açık)		K = 0.00 – 0.10
Kapaklı vana (Yarı açık)		K = 0.20
Yuvarlak vana (Açık)		K = 3.0 – 15.0
Açılı vana (Açık)		K = 5.0
Ani daralma		K = 0.1 – 0.5 (formülde küçük çaplı borudaki akış hızı kullanılır)
Ani genişleme		$K = 1 - \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2$

D_1 — Küçük borunun çapı
D_2 — Büyük borunun çapı
(Formülde küçük çaplı borudaki hız kullanılır)

Diskli sayaçlar	K = 3.0 – 1.50
Venturi borusu	K = 0.03 – 0.10

(Formülde venturi boğazındaki hız kullanılır)

Şekil 7.12 de gösterilen boru hattındaki toplam yük (enerji) kaybı (h_L) ile gösterilirse bu kayıp aşağıdaki ögelerden oluşmaktadır.

$$h_L = h_f + h_c + h_v + h_g + h_b$$

7. Sulama boru hatlarının hesabında kullanılan belli başlı eşitlikler:

Mühendislik uygulamalarında çoğu kez suyun bir yerden öbür yere boru hattı ile taşınması söz konusu olabilir. Boru hattının uzun olması halinde, hattın yapım, işletme ve bakım giderleri üzerinde durulması gereken önemli bir konudur.

Boru hatlarında sürtünmeden ileri gelen yük kaybının fazla olması, debi azaltılmadığı takdirde pompaj ünitesinin yüksek basınç yük geliştirmesini zorunlu kılar. Buna karşılık sürtünme kayıplarının azaltılması enerji maliyetini azaltır. Eğer su boru hattına bir rezervuardan alınıyor ve yerçekimi ile taşınıyor ise, hattaki sürtünme kaybının çok yüksek olması statik yükün büyük bir bölümünü yutar ve sonuç olarak su kullanma yerine istenilen miktarda iletilemez. Boru hatlarındaki sürtünme kayıpları, hattaki işletme giderlerine son derecede etkilidir. Bu giderler, boru çapı çok küçük ve akış hızı çok yüksek ise çok daha büyük olacaktır.

Özetlemek gerekirse, boru hattının çapı büyük olursa yapım gideri yüksek, küçük olursa düşük olacaktır. Buna karşılık işletme (enerji) giderleri boru hattının çapı büyük olursa düşük, küçük olursa yüksek olacaktır. Bunun nedeni boru çapının, belirli bir akış debisi için akış hızını belirleyen ($Q = A.V$) bir etmen olmasıdır. Hız arttığı takdirde, sürtünmeden ileri gelen yük kaybı hızın karesi ile doğru orantılı olarak artar. Bu nedenle mühendis bu birbirine zıt iki durum arasında, yapım ve işletme giderleri en az olacak şekilde dikkatli bir denge kurmak zorundadır.

Yukarıda belirtilen görüşler, yapılacak boru hattının çapına etkili olması bakımından, sürtünme yükünün doğru bir şekilde bulunmasının özellikle uzun boru hatları için son derece önemli olduğunu göstermektedir.

Projelenecek herhangi bir boru hattında sürtünmeden ileri gelen yük kaybının hesabı için çeşitli eşitlikler geliştirilmiştir. Boru hatlarının projelenmesinde geniş deneyim sahibi olmayan kimselerin herhangi bir formülün seçilmesinde dikkatli olmaları gerekir. Bu konuda herhangi bir problemin çözülmesinde çeşitli formüllerin denenmesi ve o koşul için en yüksek sürtünme kaybı veren formülün benimsenmesi önerilir. Aşağıda verilen formüller boru hatlarındaki dolu turbulent akış koşulları için geçerlidir.

Bu formüller metrik sistemde verilmiş olup, çoğunda aşağıdaki simgeler kullanılacaktır:

h_f = Sürtünmeden ileri gelen yük kaybı, m (su sütunu yüksekliği)

L = Düz boru hattının uzunluğu (m)

S = Hidrolik eğim $\left(\frac{hf}{L}\right)$ (m/m)

V = Ortalama hız (m/s)

D = Borunun iç çapı (m)

Q = Akım (m^3/s)

R = Hidrolik yarı çap (dolu akan boru kesiti için)

$$R = \frac{\pi D^2}{4} / D = \frac{D}{4} \text{ (m)}$$

f = Sürtünme katsayısı (boyutsuz, ölçme birimine bağlı değil)

g = Yerçekimi ivmesi (9,81 m/s^2).

1) Darcy-Weisbach Formülü:

$$h_f = f \frac{L V^2}{D 2g}$$

Bu formülün kullanılmasında en büyük güçlük sürtünme kaybı katsayısının doğru olarak bulunmasındadır. Sürtünme katsayısı f, Reynolds sayısı ve söz konusu borunun görül pürüzlülüğü [yüzey pürüzlülüğü (e) nin, borunun iç çapına oranı] ile değişir. Turbulent akış koşullarında bu değişmeyi gösteren basit bir matematiksel denklem yoktur. Bu bakımdan sürtünme faktörü (f), Reynolds sayısı (R_e) ve göreli pürüzlülük (e/D) arasındaki ilişkinin bulunmasında çeşitli araştırıcılar tarafından geliştirilmiş özel diyagramlar kullanılır.

2) Darcy Formülü:

$$\frac{h_f}{L} = \frac{4 f V^2}{D 2g}$$

Formülü süreklilik (Q = A.V) denkleminde yerine konulduğu takdirde aşağıdaki biçime girer:

$$\frac{h_f}{L} = \frac{0.3303 Q^2}{D^5} f$$

Formülde kullanılan Darcy sürtünme faktörü (f) in değerleri Cetvel 7.6 da verilmiştir.

Cetvel 7.6. Yeni Font borularda çeşitli akış hızları için Darcy f değerleri.

Boru çapı (inç)	0.60 m/s	1.20 m/s	1.80 m/s	2.4 m/s	3.0 m/s
3	0.00650	0.00622	0.00612	0.00608	0.00605
6	0.00566	0.00540	0.00532	0.00527	0.00523
9	0.00539	0.00514	0.00505	0.00501	0.00498
12	0.00526	0.00500	0.00492	0.00487	0.00485
18	0.00512	0.00487	0.00479	0.00474	0.00471
24	0.00506	0.00480	0.00472	0.00467	0.00465
30	0.00502	0.00476	0.00468	0.00463	0.00461
36	0.00499	0.00473	0.00465	0.00461	0.00458
42	0.00497	0.00472	0.00463	0.00459	0.00456
48	0.00496	0.00470	0.00462	0.00457	0.00455
60	0.00494	0.00468	0.00460	0.00455	0.00454
72	0.00492	0.00467	0.00458	0.00454	0.00452

3) Manning formülü

Bu formülün güvenirliği büyük çaplı boru hatları için özellikle yüksektir. Manning sürtünme faktörü (f) sadece borunun cinsine ve yüzey koşullarına göre değişir.

Manning formülü:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \left(\frac{1}{n} = f,\ R = \frac{D}{4} \text{ alınırsa} \right)$$

veya

$$V = f \frac{D^{2/3} S^{1/2}}{4^{2/3}} = 0.3968\ f\ D^{2/3} S^{1/2}$$

Çeşitli boru tip ve koşullarında kullanılacak Manning (f) değerleri Cetvel 7.7 de özetlenmiştir.

Cetvel 7.7. Manning $\left(f = \frac{1}{n} \right)$ değerleri.

Yeni bitümlü	114.0
Temiz çimento	100.0
Eski bitümlü, yeni font çimento sıvılı, korkülükum	94.0
Dövme demir	90.9
Beton	88.3
Perçinli çelik	81.0
Yeni sıralı font	76.0
Eski font	58.0
Eski font (kötü şart)	55.6
Eski font (çok kötü şart)	52.6
Kayada açılan satarsız tünel	50.0

Formül süreklilik denkleminde yerine konulursa:

$Q = 0.3117\ f\ D^{8/3} S^{1/2}$ olur.

4) William-Hazen formülü:

Bu formül bilhassa A.B.D. de çok kullanılmakta olup, William-Hazen hidrolik tablolarının esasını teşkil eder.

$$V = 1.32\ C_h\ S^{0.54}\ R^{0.63}$$

Hidrolik yarıçap yerine dolu akış şartı için boru çapından değeri $\left(R = \frac{D}{4}\right)$ konursa formül aşağıdaki şekle girer.

$$V = 0.5512\ C_h\ D^{0.63}\ S^{0.54}$$

William-Hazen katsayısının (C_h) metrik sistemdeki değerleri Cetvel 7.8. de verilmiştir.

Cetvel 7.8. William-Hazen katsayısının (C_h) değerleri.

Font borusu (D = 3-60 inç)	90.2
Çok iyi sıvanmış	83.8-77.3
İyi yeni	64.4
Orta	51.5-25.8
Perçinli çelik boru (D = 3-60 inç)	
Yeni	70.9
Eski (10 yıllık)	64.4
Demir, kargir vs. (D = 60 inç)	
Çok düzgün pürüzsüz	90.2
İyi kargir	77.3
Tuğla pis su borusu	64.4
Pürüzlü	58.0
Çok pürüzlü	51.5
Kil pis su boruları (D = 4-36 inç)	70.9

7.5. Akan Suyun Ölçülmesi

Mühendislik uygulamalarında açık kanallar ve borulardan akan su miktarlarının ölçülmesinde çeşitli yöntemler ve aygıtlar kullanılır. Bunlardan bazıları kaba, bazıları ise çok duyarlıdır. Bu yöntemler içerisinde en basit olanı, belirli bir kesitten belirli bir sürede akan su hacmi veya ağırlığının ölçülü bir kap kullanarak doğrudan bulunmasıdır. Akış ölçmelerinde kullanılan dolaylı yöntemlerde su yükü, basınç intensitesi ya da kesit içerisinde çeşitli noktalardaki akış hızı ölçülür. Ölçülen bu değerlerden akım hesap edilir. En duyarlı yöntemler belirli bir sürede akan su hacmi veya ağırlığının ayarlı kaplarda ölçüldüğü volumetrik ya da gravimetrik yöntemlerdir.

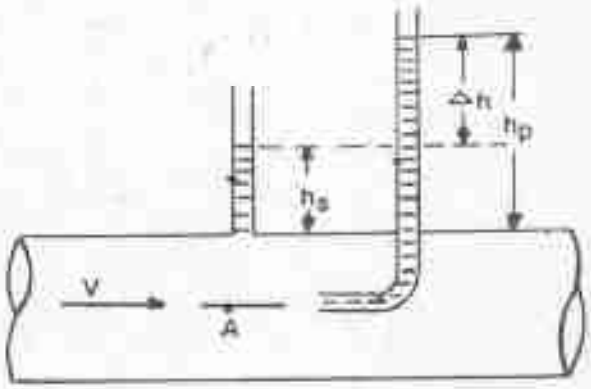
Genel olarak hız ölçmelerinde pitot tüpleri, su pervaneleri, yüzücüler ve iz elemanlarından ve suyun çıkış borularındaki yörüngesinden faydalanılır. Akış hızı ve akış kesiti ölçüldükten sonra, süreklilik denkleminde ($Q = A.V$) bu değerlerin yerine koyulmasıyla akım hesap edilir.

Su yükü ve basınç intensitesinden yararlanılarak akım debisinin bulunmasında genel olarak orifisler, venturi boruları, savaklar ve patenchi sayaçlar kullanılır.

Metrik sistemde akım debisi genel olarak m^3 / s, m^3 / dakika, m^3 / saat, L / s birimleri ile ifade edilir. Bu birimler birbirlerine kolayca çevrilebilir. Belirli bir amaç için hangi birimin kullanılacağı daha çok bulunacak debinin büyüklüğüne bağlıdır.

1. Pitot Tüpleri:

Pitot tüpleri genel olarak boru hatlarındaki akış hızının bulunmasında kullanılan iki ucu açık L şeklinde bir tüptür (Şekil 7.13).



Şekil 7.13. Pitot tüpü ile herhangi bir boru hattında akış hızının ölçülmesi.

Pitot tüpü, herhangi bir noktadaki stagnasyon yükünü (basıncını) ölçer. Stagnasyon yükü ise o noktadaki statik yükten $\left(\frac{V^2}{2g}\right)$ kadar fazladır.

Açık kanallarda su yüzeyinde atmosferik basınç egemen olduğundan (manometrik basınç = O) statik yükün değeri sıfıra eşdeğerdir. Bu sebeple, pitot tüpünde su seviyesi üstünde kalan su yüksekliği hız yükünü verir. Bununla beraber, açık kanallarda akış hızı çok düşük olduğundan hız ölçmelerinde genel olarak pitot tüpü kullanılmaz.

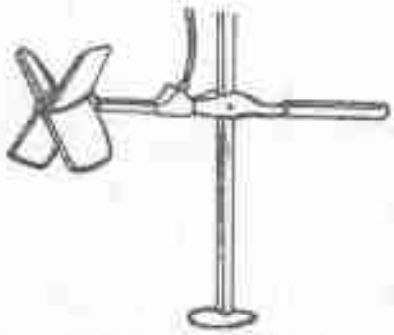
Borularda pitot tüpü ile su hızının ölçülmesinde (Şekil 7.12) statik yükün de ölçülmesi gerekir. Bu amaçla genel olarak boru yüzeyine bir piyezometre bağlanır. Piyezometrede suyun yükseldiği seviye statik yükü verir. Buradan:

$$(h_p - h_s) = \frac{V^2}{2g}$$

$V_3 = 2g\ (h_1 - h_2)$ elde edilir.

2. Su Pervaneleri:

Pervaneler açık kanallarda ortalama su hızının ölçülmesinde geniş çapta kullanılan aygıtlardır (Şekil 7.14)



Şekil 7.14. Bir su pervanesi.

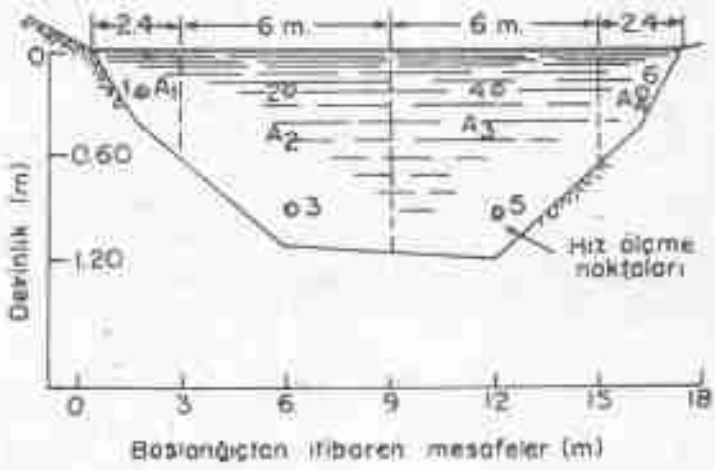
Aygıtın esası, suyun hareketi ile dönen bir pervanedir. Hız ölçmelerinde pervaneler ya bir çubuğa monte edilir veya bir kablo ucuna bağlanır. Pervaneler uygulamada kullanılmazdan önce, pervanenin belirli sürelerdeki devir sayısı ve buna denk su hızları arasındaki ilişkiler bulunur. Bu verilerden belirli zaman sürelerindeki devir sayılarına denk akış hızlarını gösteren grafikler hazırlanır. Akış hızı ölçmelerinde pervanenin belirli bir süredeki devir sayısı bulunur. Grafikte bu süre ve devir sayısına denk hız okunur. Su pervaneleri, ölçme süresinde pervanenin devir sayısını belirten mekaniksel ya da elektriksel bir sistemle donatılır.

Kanal veya akarsu yatağında pervanelerle hızl ölçülmesinde akımı kesitli (kinci alanlara bölünür (Şekil 7.15.)

Bu alanların genişliği, kesitin büyüklüğüne ve istenilen doğruluğa göre 0.6–6.0 m arasında değişir. Alanlar, kanal üzerinde gerilen bir şerit veya kablo üzerinde işaretlenir. Kanal veya akarsu yatağı derin ise her bölümde su yüzeyinden başlayarak derinliği 0.2 ve 0.8 iodn yapılan iki hız ölçmesinin ortalaması o bölümdeki ortalama hızı verir. Su derinliğinin az olduğu yerlerde, yüzeyden başlayarak derinliğinin 0.6 sındaki hız o bölüm için ortalama hız olarak kabul edilir. Hız ölçmesi sırasında her bölümdeki akış kesit alanları (A_1, A_2 .... A_n) bulunur.

Elde edilen verilerden kanal veya akarsuyun debisi şöyle hesap edilir:

$$Q = A_1 \times V_1 + A_2 \left(\frac{V_2 + V_3}{2}\right) + A_3 \left(\frac{V_4 + V_5}{2}\right) + A_4 \times V_6$$



Şekil 7.15. Akış kesitinin ikinci alanlara bölünmesi.

3. Yüzücüler:

Bir kanal veya akarsu yatağında yüzdürülen bir objenin ortalama akış hızı kabaca hesabedilir. Bu amaçla yatağın hiç olmazsa 50-100 metrelik doğru bir bölümü seçilerek iki kazıkla işaretlenir. Üst kısımdaki kazık hizasından salınan bir objenin, alttaki kazığa erişmesi için geçen zaman süresi saptanır ve bu verilerden hız hesaplanır. Kanal veya yatak şevinden çeşitli uzaklıklarda yapılan ölçme sonuçlarından elde edilen hızların ortalaması alınır. Bu değer ortalama yüzey hızını verir. Ortalama yüzey hızının 0.8-0.9 u ortalama akış hızı olarak kabul edilir.

4. İz maddeler:

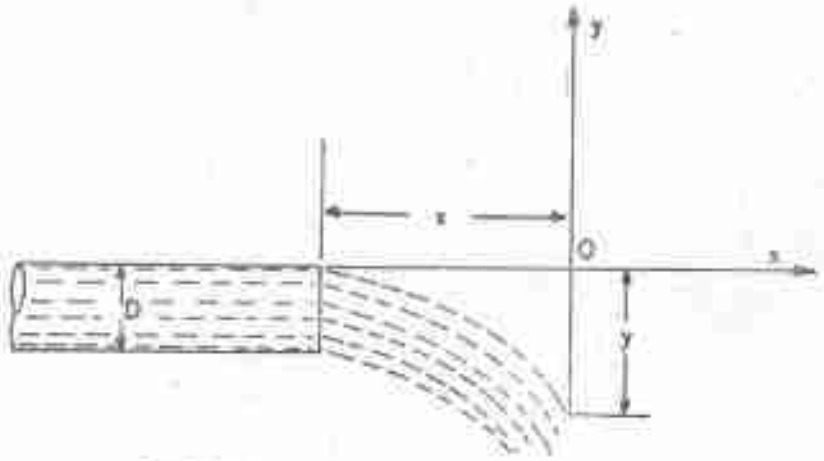
Hız ölçmesi yapılacak suya belirli bir noktada boya veya tuz gibi iz maddeleri karıştırılır. Yüzücülerde olduğu gibi bu maddelerin aşağıda önceden işaretlenmiş olan bir noktaya eriştiği zaman süreleri saptanarak, akış hızı hesabedilir. Bu yöntemle çalışırken iz maddenin aşağı noktaya ilk ve son erişen kısımlarına karşılık olan zaman sürelerinin saptanması önemlidir. Ortalama hızın hesabında bu sürelerin ortalama değeri kullanılır. Bu yöntemle kolayca izlenebildiklerinden dolayı genel olarak Florensan ve Potasyum Permanganat gibi boya maddeleri kullanılır. İz maddeler boru hatlarındaki akış hızının bulunmasında da kullanılırlar.

5. Borulardan çıkan suyun yörüngesinden yararlanarak akış debisinin bulunması:

Burada ilke çıkış borusundan akan suyun yörüngesinin bazı nitelikle-rinin ölçülmesiyle akış hızı ve debisinin hesaplanmasıdır. Yöntem, basit, ucuz ve kullanışlıdır.

1) Yatay borudan çıkan akışın hesabı:

Dolu akan yatay bir borudan çıkan su hüzmesinin (Şekil 7.16) boruya paralel (x) ve dikey (y) koordinatları gönye ile ölçülür. Aşağıda belirtilen denklemlerden yararlanılarak (Q) akım debisi hesap edilir.



Şekil 7.16. Dolu yatay borudan çıkan suyun yörüngesi.

$$y = \frac{1}{2} g t^2 \qquad x = Vt \qquad Q = A.V$$

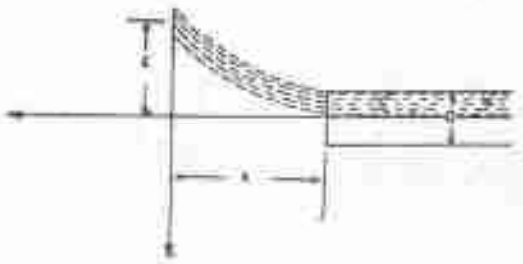
Bu üç denklemin kombinasyonu sonucunda:

$$Q = C \sqrt{\frac{g}{2}} \quad \frac{Ax}{\sqrt{y}} \text{ bulunur.}$$

Formülde:

Q = Akım debisi
C = Akış katsayısı (uygulamada C = 1 alınabilir)
g = Yerçekimi ivmesi (9,81 m/s²)
A = Boru ucundaki akış kesit alanı
x = Yörüngenin apsisi
y = Yörüngenin ordinatı

Kısmen dolu akan yatay borulardaki akış debisinin hesaplanmasında bir başka ölçünün de alınması gerekir. Bu ölçü borunun dolu akış oranıdır (Şekil 7.17). Bu durumda formül aşağıdaki biçime girer.

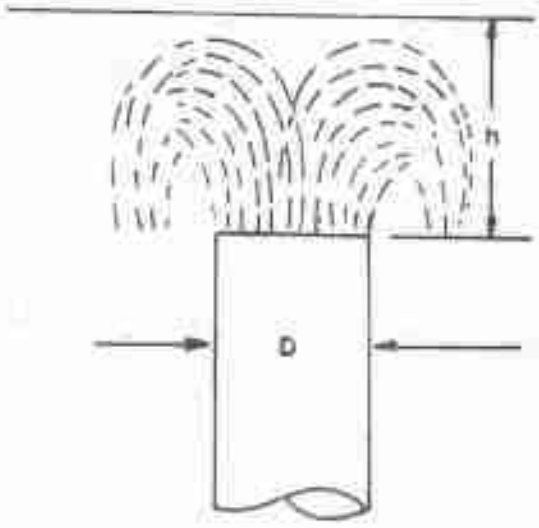


Şekil 7.17. Kısmen dolu yatay borudan çıkan suyun yörüngesi.

$$Q = C\sqrt{\frac{E}{2}}\left(\frac{Ax}{\sqrt{y}}\right)\left(\frac{S}{D}\right)$$

2) Düşey borudan çıkan akışın hesabı:

Düşey bir borunun çıkış ağzından yükselen su yüksekliği akım debisine bağlıdır (Şekil 7.18). Bu ilişki aşağıda belirtilen amprik formülle belirtilebilir:



Şekil 7.18. Düşey bir borudan akış.

$$Q = 0.034\ D^2\sqrt{h}$$

Formülde:

Q = Akım debisi, L/s

D = Borunun iç çapı, cm

h = Çıkış ağzından olan su yüksekliği, cm

6. Orifis

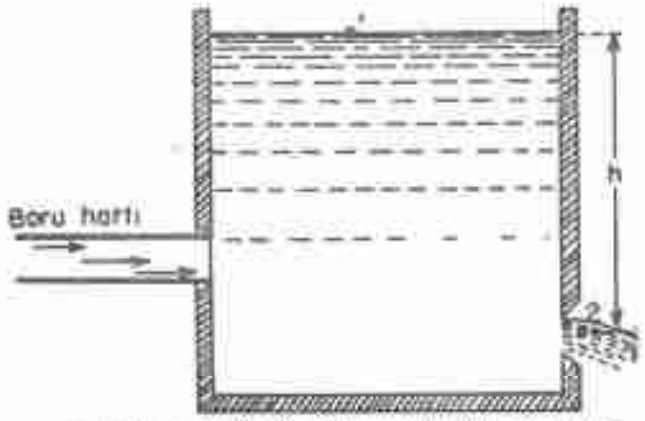
Orifisler, su depoları veya boru hatlarında sabit bir yük altındaki akış debilerinin ölçülmesinde kullanılan araçlardır. Orifisler basitliği, kullanışlığı ve sağlıklı sonuç vermesi yüzünden akış ölçmelerinde en önce kullanılan aygıtlardan birisidir.

Orifis esas olarak üzerinde, su akışını mümkün kılan bir deliği bulunan bir levhadır. Deliğin üst kısmı açık yani su delikten dolu olarak akmaz ise bu durumda orifis savak ödevi görür. Orifis su depoları, boru hatları veya açık kanallara yerleştirilen delik büyüklüğü ayarlı bir kapak veya delik bir disk veya diyaframdan oluşur.

Orifis, bir su ölçme cihazı olarak kullanıldığı zaman belirli şekiller verilir. Orifisten geçen akış havaya boşalırsa bu tip orifise serbest akışlı orifis, eğer akış bir su kütlesine giriyor ise bu tip orifise de batık akışlı orifis denir.

1) Su deposuna yerleştirilen orifisten akış

Şekil 7.19 de bir boru hattı ile beslenen su deposunun duvarına yerleştirilen bir orifis görülmektedir. Orifis su deposunun duvarında veya tabanında olabilir. Genel olarak orifis deliği kare veya daire şeklindedir. Orifis alanı deyince orifis deliğinin alanı anlaşılır. Deliğe kare şeklinde olan orifisten geçen su hüzmesi deliğin aşağı su tarafında büzülür. Büzülmenin en fazla olduğu kesite "Vena kontrakta" denir. Bu kesitte hüzmeyi oluşturan akım çizgileri paralel ve basınç intensitesi atmosferik basınca eşittir.



Şekil 7.19. Su tankında, orifisten h yükü altındaki akım.

Orifis üzerindeki su yükü (h) orifisin merkezinden, serbest su yüzeyine kadar olan düşey uzaklıktır. Akış esnasında (h) yükü sabittir.

Şekil (7.19) de serbest su yüzeyi (1) ve vena kontraktının merkezinde (2) atmosferik basınç ve (2) noktasındaki seviye esas alınmak suretiyle Bernoulli denklemi uygulanırsa:

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{W} + Z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{W} + Z_2$$

$$0 + 0 + h = \frac{V_2^2}{2g} + 0 + 0$$

$V_2 = \sqrt{2gh}$ bulunur.

İki nokta arasındaki kayıplar ihmal edildiğinden (V_1) nin bulunan değeri teorik hızdır. Kayıplar nedeniyle gerçek hız (V_a), kuramsal hız (V_t) den biraz daha düşüktür.

Gerçek hızın (V_a), kuramsal hıza (V_t) oranına hız katsayısı (C_v) denir.

$$C_v = \frac{V_a}{V_t}$$

Bu durumda;

$$V_{2a} = C_v \sqrt{2gh} \text{ dır.}$$

Herhangi bir orifisten geçen gerçek debi (Q) vena kontrakta'da ki gerçek hız ve su hüzmesi kesitinin alanı çarpımına eşittir. Vena Kontrakta'daki su hüzmesi kesin alanının (A_2) orifis alanına (A) oranına büzülme katsayısı (C_c) denir.

$$C_c = \frac{A_2}{A}$$

Bu durumda Vena Kontrakta alanı $A_2 = C_c A$ dır.

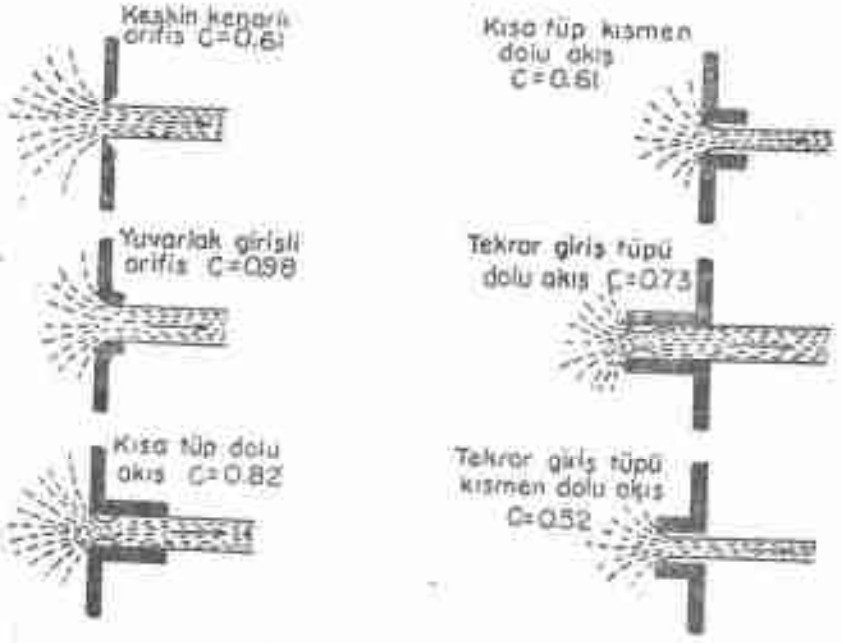
Buradan orifisten geçen gerçek debi şöyle gösterilir:

$$Q = C_v C_c A \sqrt{2gh}$$

Genel olarak formüldeki iki katsayı akış katsayısı, C ($C = C_v C_c$) halinde birleştirilir ve formül aşağıdaki biçime girer.

$$Q = C A \sqrt{2gh}$$

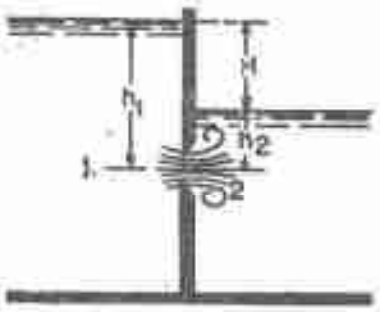
Akış katsayısı C deneysel yollarla bulunur ve değeri genel olarak (1.0) dan küçüktür. Şekil 7.20 de çeşitli orifis tiplerinde kullanılacak akış katsayısı değerleri gösterilmiştir.



Şekil 7.20. Orifis tipleri ve akış katsayıları.

2) Batık orifis

Şekil 7.21 de batık akışlı bir orifis gösterilmiştir. Orifis'in yukarı su kısmındaki su yükü (h_1) aşağı su tarafındaki su yükü ise (h_2) ile gösterilmiştir. Şu halde orifisten su akışını sağlayan yük $h_1 - h_2 = H$ yani yukarı ve aşağı su seviyeleri arasındaki farktır. Şekil 7.21 de gösterilen (1) ve (2) noktalarında Bernoulli denkleminin uygulanması ile atmosferik basınç ve 1-2 seviyesi esas alınmıştır:



Şekil 7.21. Batık orifis.

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{W} + Z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{W} - Z_2$$

$$O + h_1 + O = \frac{V_2^2}{2g} + h_2 + O$$

Buradan kuramsal hız:

$$V_2 = \sqrt{2g\,(h_1 - h_2)}\ \text{dir.}$$

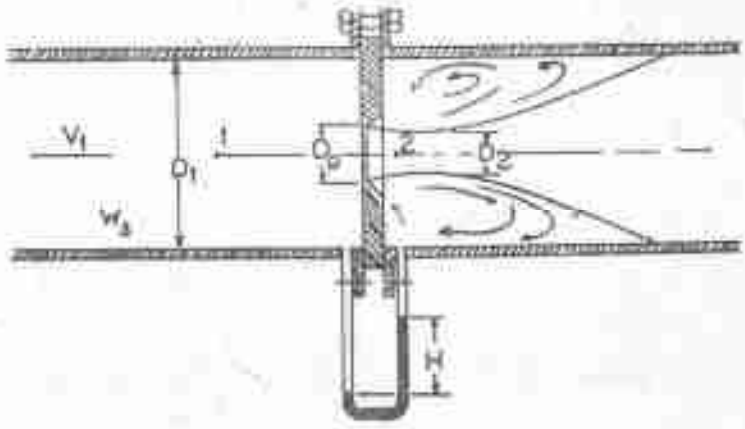
Bu değerin, akış katsayısı da gözönünde bulundurularak süreklilik denkleminde yerine konmasıyla, bazık orifisten geçen akışın formülü aşağıdaki şekle girer:

$$Q = AC\sqrt{2g\,(h_1 - h_2)}$$

veya

$$Q = AC\sqrt{2g\,H}$$

Boru hatlarında kullanılan orifisler genel olarak eskin kenarlı, dairesel bir deliği olan ince bir diskten oluşur (Şekil 7.22). Orifis genel olarak iki borunun flanşları arasına yahut da boru çıkış ağızlarına bağlanır.



Şekil 7.22. Boru hattına bağlanmış bir orifis.

Şekil 7.22 de (1) ve (2) noktaları için Bernoulli denkleminin uygulanması, bulunan hızın süreklilik denkleminde yerine konması ve akış katsayısının dikkate alınmasıyla orifisten geçen du debisini veren formül aşağıdaki şekle girer:

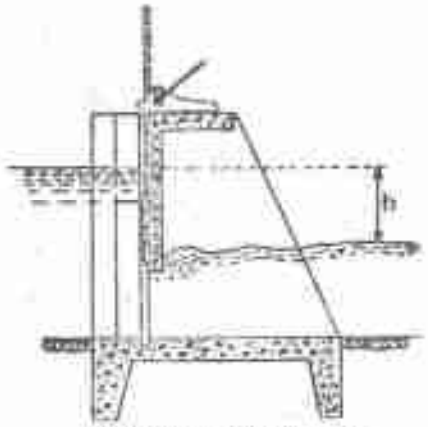
$$Q = CA\sqrt{2gH\left(\frac{W_D}{W_S} - 1\right)}$$

Eşitlikte:

Ws = Suyun hacim ağırlığı

Wo = Manometrede kullanılan sıvının hacim ağırlığıdır.

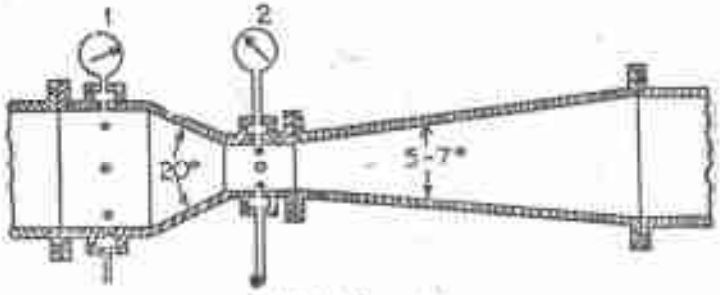
Su yapılarında (barajlar, regülatörler, kanallar), suyun ayarlı bir şekilde akıtılmasını sağlayan kapaklarda orifislerin hidrolik özelliklerine sahiptir. Bunlar çeşitli tiplerde yapılırlar (Şekil 7.23). Kapaklardan geçen akış serbest ya da batık olabilir. Akış hesabında orifis formülleri kullanılır.



Şekil 7.23. Kanal başı kapağı.

7. Venturi boruları

Boru hatlarında akış hüzmesinin kesitinin azaltılması, akışın ivmesini arttırır. Hidrolik eğim hattının veya basınç intensitesinin düşmesine neden olur. Bu ögeler de borunun söz konusu kesitinden geçen akış debisi ile doğrudan ilgilidir. Bu nedenle yukarı ve aşağı su taraflarındaki basıncın ölçülmesiyle akış debisi hesap edilir. Venturi borusu, ortasında bulunan bir dar boğazla akış hüzmesinin kesitini küçülten bir aygıttır (Şekil 7.24). Bir



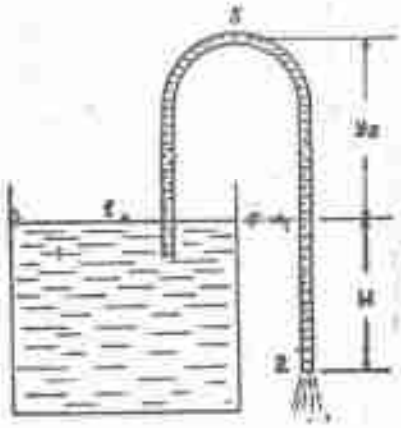
Şekil 7.24. Venturi borusu.

boru hattına yerleştirilen Venturi borusunda (1) ve (2) noktalarına Bernoulli ve süreklilik denklemlerinin uygulanması ve akış katsayısının gözönünde bulundurulması sonucunda debiyi veren formül aşağıdaki şekle girer.

$$Q = C\,A\,\sqrt{2g\,(h_1 - h_2)}$$

8. Sifonlar

Suyu serbest su yüzeyinden daha yüksek bir seviyeye çıkardıktan sonra, daha aşağı bir seviyeye akıtan kıvrık borulardır (Şekil 7.25).



Şekil 7.25. Sifon.

Sifonun tepe noktasındaki (s) basınç intensitesi, suyun buhar basıncına yaklaştığı zaman sifon etkili olarak çalışamaz. Bu bakımdan uygulamada devamlı çalışan büyük sifonların tepe noktalarına gazların boşaltılması için vakum pompaları yerleştirilir, (Şekil 7.25) de (1) ve (2) noktalarında Bernoulli ve süreklilik denklemlerinin uygulanması ve akış katsayısının gözönünde bulundurulması sonucunda sifondan geçen suyun debisini veren formül şöyle gösterilir:

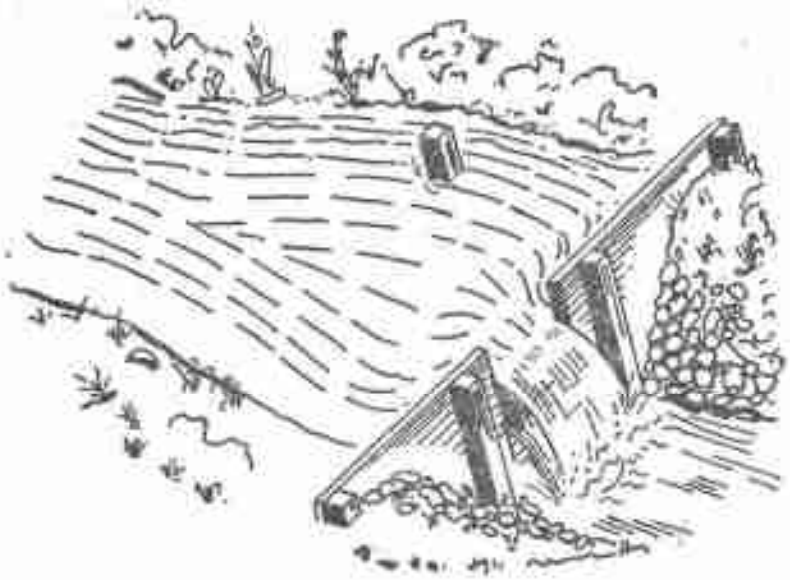
$$Q = CA\,\sqrt{2\,gH}$$

9. Savaklar

Savaklar, mühendislik uygulamalarında açık kanallardaki akış miktarlarının ölçülmesinde geniş çapta kullanılan ve belirli hidrolik karakteristikleri olan yapılardır.

Savaklar esas olarak (Şekil 7.26) kanal veya akartu eksenine dik olarak yerleştirilen engellerdir. Akış savağa erişince engellenir, savağın yukarı su

kısmında su seviyesi yükselir ve savağın eşiği üzerinden akarak aşağı su tarafına ulaşır. Savak eşiğinden akan su yüksekliği, akış kesiti ve debi arasında kararlı bir ilişki vardır. Bu ilişki şöyle bir genel denklemle gösterilir:



Şekil 7.26. Küçük bir akarsu üzerine kurulmuş bir dikdörtgen savak.

$$Q = C\,L\,h^m$$

Eşitlikte:

Q = Debi,

h = Savak eşiği üzerinden akan su yüksekliği (su yükü),

L = Savak eşiğinin uzunluğu,

m = Savak geçitinin şekline bağlı bir üs.

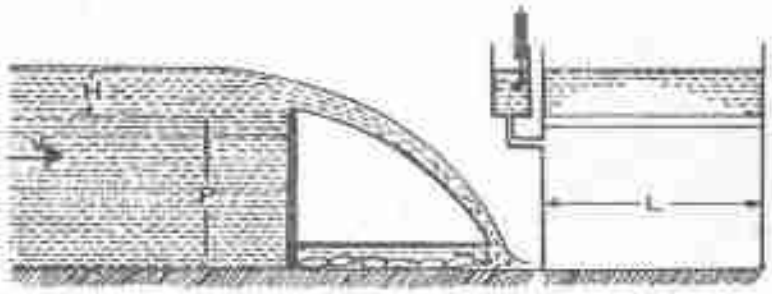
Metal levha, ahşap ve öbür malzemeden yapılan geçit kısmı, su huzmesi yukarı su yüzeyini terk ederken huzmenin serbestçe sıçramasını sağlayacak şekilde keskin olan savaklara keskin eşikli savaklar denir. Buna karşılık, suyu, eşik üzerinde akış ekseni doğrultusunda taşıyan savaklara geniş eşikli savaklar denir.

1) Keskin eşikli savaklar:

Keskin eşikli savaklarda savak geçiti dikdörtgen, yamuk ve üçgen şeklinde olabilir.

Dikdörtgen savaklar:

Uç büzülmesiz dikdörtgen savaklarda, eşik yataydır. Savak eşiğinin uzunluğu (L), savağın yukarı su tarafındaki kanal genişliğinin aynısıdır. Geçitten geçen su hüzmesi üstte ve altta büzülür (Şekil 7.27).



Şekil 7.27. Keskin eşikli dikdörtgen savak (uç büzülmesiz)

Uç büzülmesiz dikdörtgen savakta, savaktan geçen akış debisi şöyledir:

$$Q = 0.0184\ L\ H^{1/2}$$

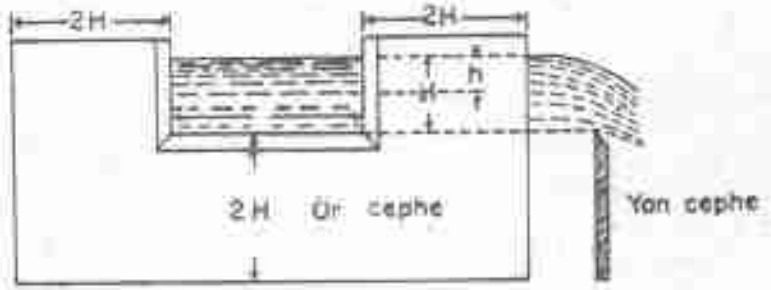
Eşitlikte:

Q = Debi (L/s),

L = Savak eşiğinin uzunluğu (cm),

H = Toplam su yükü (cm).

Savak eşiğinin uzunluğu (L) savağın yukarı su tarafındaki kanal genişliğinden az ise bu tip savaklara uç büzülmeli dikdörtgen savak denir (Şekil 7.28).



Şekil 7.28. Uç büzülmeli dikdörtgen savak.

Bu savaklarda, sadece eşik değil savak geçidinin bütün yüzeyleri keskindir. Uç büzülme su yükü arttıkça fazlalaşır. Bu yüzden su hüzmesinin

genişliği uç büzülme nedeniyle azalır. Bu tip savaklardan geçen akış debisi şöyle gösterilir:

$$Q = 0.02953\ C_d\ L\ H^{3/2}$$

Eşitlikte:

Q = Debi (L/s),

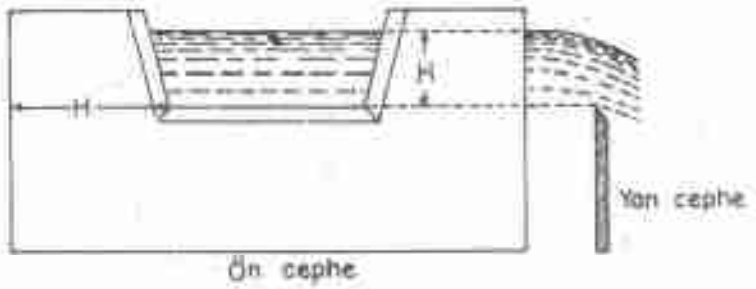
L = Savak eşiğinin uzunluğu (cm),

H = Su yükü (cm).

$$C_d = \text{Katsayı } C_d = 0.623 \left(1 - \frac{H}{51} \right)$$

Yamuk (Cippoletti) savak:

Bu tip savakta hem eşik ve hem de uç büzülmesi vardır (Şekil 7.29). Yamuk savaklardan geçen akış, eşik uzunluğu (L) ile doğru orantılı olduğundan uç büzülme için düzeltmeye gereksinim yoktur. Debi aşağıdaki eşitliğin kullanılmasıyla hesaplanır:



Şekil 7.29. Yamuk savak.

$$Q = 0.0186\ L\ H^{3/2}$$

Eşitlikte:

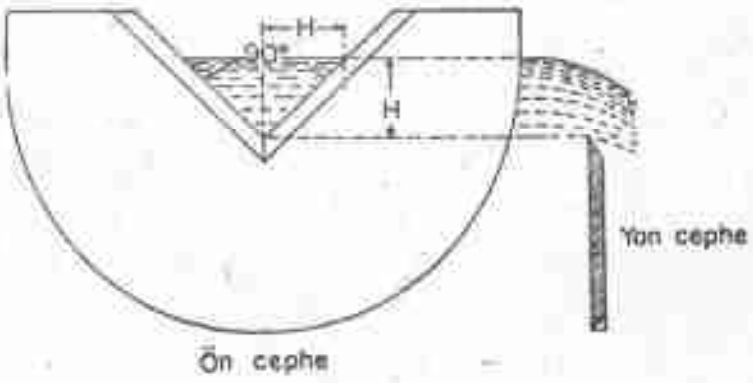
Q = Debi (L/s),

L = Eşik uzunluğu (cm),

H = Su yükü (cm).

Üçgen savak:

Özellikle küçük akış debilerinin ölçülmesinde, geçit kısmı dik üçgen şeklinde olan savaklar çok kullanışlıdır (Şekil 7.30). Savak geçitinin açısı 90° dir. Savak plakası üçgenin açı ortayı kanal tabanına dik gelecek şekilde yerleştirilir.



Şekil 7.30. Üçgen savak.

Tepe açısı 90° olan üçgen savaklardan geçen debi aşağıdaki verilen formülden hesabedilir:

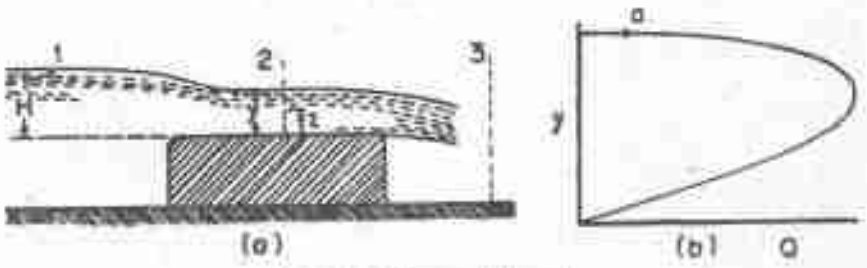
$Q = 0.0138\ H^{5/2}$

Q = Debi (L/s),

H = Su yükü (cm).

Geniş eşikli savaklar:

Geniş eşikli savaklarda eşik su hüzmesini akış doğrultusunda taşır. Şekil 7.31.a da 2 kesitindeki basınç hidrostatik basınca eşittir. Eşik uzunluğu (L) olan bir savakta kuramsal akış debisi:



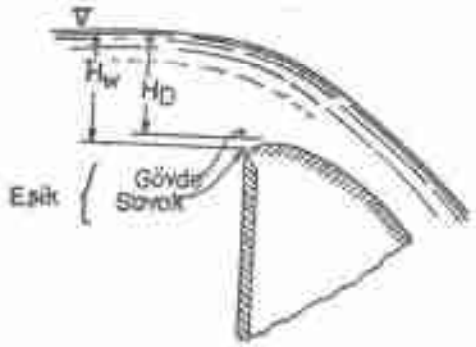
Şekil 7.31. Geniş eşikli savak.

$$Q = L\ y \sqrt{2g\ (H-y)}\ \text{dir.}$$

Debi Q ve buna karşılık olan y değerlerinin grafiği şekil (7.31) de verilmiştir. Grafikte maksimum Q yu sağlayacak y derinliği gösterilmiştir.

Geniş eşikli savaklar, bent ve barajların dolu savaklarında geniş ölçüde kullanılırlar. Dolu savakların projelenmesinde en önemli noktalar hidros-

tatik basınç ve dinamik yüklere karşı yapısal stabilite ve savak gövdesinin yüzeyinde ayrılma ve basınç azalmasının önlenmesidir (Şekil 7.32).

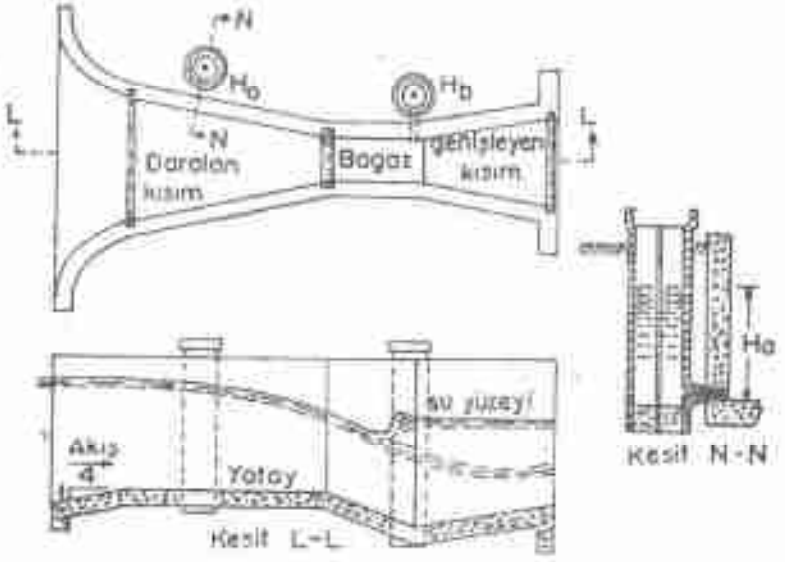


Şekil 7.32. Dolu savak kesiti.

7. Parshal su oluğu:

Özel olarak şekillendirilmiş ve stabilize edilmiş kanal segmentleri de akım debisinin ölçülmesinde kullanılabilir. Bu segmente oluk denir. Su olukları, savaklara göre suyun taşıdığı süprüntü ve sedimentleri daha az tutar. Bu bakımdan sediment taşıyan kanallarda ve yüzey akışlarının ölçülmesinde özellikle kullanışlıdır.

Parshal su oluğu yatay düzlemde; daralan, boğaz ve genişleyen olmak üzere birbirinden farklı üç bölümden oluşur (Şekil 7.33). Daralan bölümün



Şekil 7.33. Parshal su ölçme oluğu.

tabanı her iki doğrultuda da yataydır. Buna karşılık boğaz kısmı aşağı, genişleyen kısım ise yukarıya doğru eğimlidir.

Parshal su oluğunda, serbest ve batık olmak üzere iki akış koşulu meydana gelebilir. Serbest akış halinde, genişleyen bölümde su seviyesi akışı geciktirecek kadar yüksek değildir. Eğer $H_b < 0.7\ H_a$ ise akış serbest kabul edilir. Bu takdirde akış debisi sadece oluğun boğaz genişliğine ve Ha da okunan su yüküne bağlıdır.

Buna karşılık $H_b < 0.7\ H_a$ ise akış batık kabul edilir. Parshal su oluğundan akan suyun debisi, H_a, H_b ve oluk boğaz genişliğinin bir işlevidir.

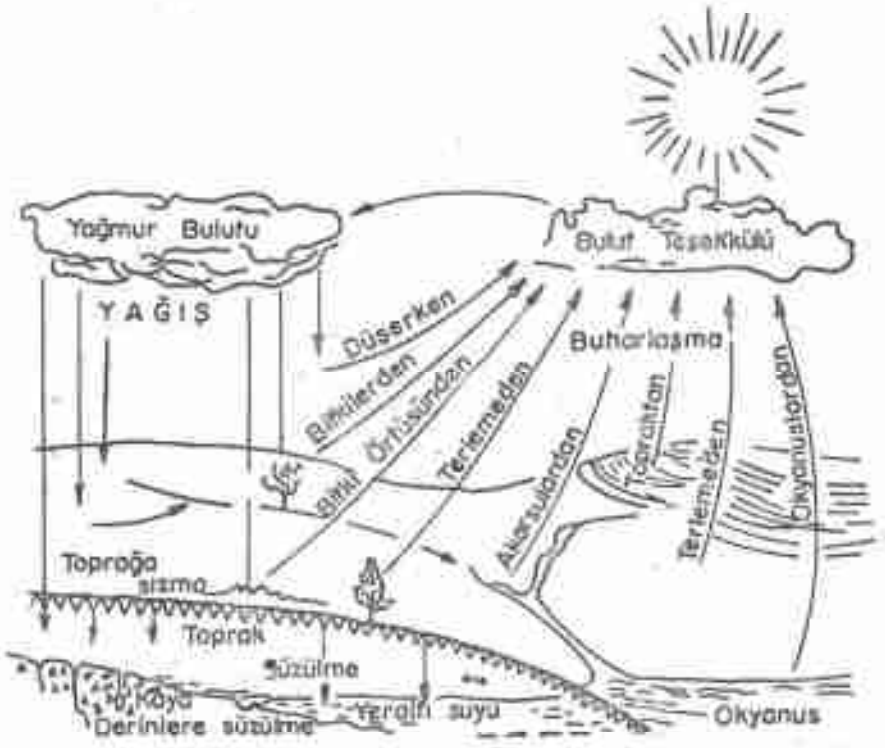
Uygulamada, debinin bulunmasında çeşitli boğaz genişliğine sahip Parshal oluklarındaki serbest ve batık akış koşulları için hazırlanmış özel tablolar kullanılır.

8. Eğim kesit metodu:

Açık kanallar ve akarsulardan akan su miktarlarının bulunmasında eğim bilindiği takdirde, daha önceki konularda belirtilen Chezy, Kutter ve Manning gibi temel akış formüllerinin uygulanmasıyla önce akış hızı hesap edilir. Daha sonra da hız akış kesit alanı ile çarpılarak akış debisi bulunur.

8. TARIMSAL HİDROLOJİ

Hidroloji, dünya üzerinde suyun atmosferden yeryüzüne, okyanuslara ve tekrar atmosfere geçişinin bütün evrelerini inceleyen bir bilim dalıdır. Yeryüzünün nem ve suyunun bu sonsuz devrine Hidrolojik Devre denir.



Şekil 8.1. Hidrolojik devre.

Bu, yer kabuğunda, okyanuslarda ve atmosferde olagelen bir devredir. Gerçekte bu devrenin ne başlangıcı ve ne de sonu vardır. Fakat öğretim

bakımından bir yerden başlamamız gerektiğinden, yeryüzünün 3/4 ünü kaplayan okyanus sularını başlangıç alacağız.

Okyanusların yüzeyinden buharlaşan su, atmosfere geçer, yükselir ve sonunda yoğunlaşır ve yeryüzüne yağış olarak düşer.

Yağmur, dolu, çiğ, kar veya sulu sepken olarak düşen yağışlar insanlar ve tarım için özel bir önem taşır.

Yağışın bir bölümü yeşil örtüyü ve toprak yüzeyini ıslattıktan sonra, yüzeyden akarak okyanuslara ulaşır. Bu su, bazı durumlarda erozyona neden olur ve taşkınları oluşturur.

İnfiltrasyon olayı ile toprağa sızan yağışın bir bölümü, bitkiler tarafından kullanılır. Bir bölümü buharlaşır ve geri kalanı ise yeraltı sularına karışır; kurak zamanlarda kaynaklar ve akarsuları besler. Bu sular da sonunda okyanuslara, yağışın başlangıç noktasına döner.

Her yıl okyanuslardan yaklaşık olarak 325 000 km^3 su buharlaşmaktadır. Buna ek olarak 61 500 km^3 lük bir su da göller ve yerkabuğunun karlarla kaplı bölümünden buharlaşmaktadır. Toplam buharlaşma, toplam yağışa eşittir. Bu yağışın 98 400 km^3 ü karalara düşmekte olup bu da, Türkiye'nin toplam alanı üzerinde yaklaşık 125 m lik bir su yüksekliğine eşittir.

Buraya kadar verilen bilgilerden anlaşılacağı üzere, hidrolojik devrenin; yağışlar, infiltrasyon, buharlaşma, transpirasyon, yüzey akışları ve yeraltı suları olmak üzere belli başlı altı ögesi vardır.

8.1. Yağışlar

Yağış bulutlarından yağmur, kar, kırağı ve sulu sepken halinde düşen tüm nem şekillerine verilen genel bir addır.

Yağış, su buharı içeren bir hava kütlesinin 0° C üstünde veya altında yeter derecede soğumasıyla oluşur. Daha az soğumalar yalnız bulut veya sis oluşturur. Nemli havanın yükselmesi sırasında yayılma ile ortaya çıkan soğuma yağışın en önemli nedenidir.

Havanın yükselmesine neden olan belli başlı etmenler şöyle özetlenebilir.

1) Dağ silsilelerinin etkisiyle, havanın sıcaklığı daha az olan bölgelere sürüklenmesi. Bu durum daha çok egemen rüzgar doğrultularının dağ sıralarına dik olduğu yerler için geçerlidir.

2) Konveksiyon akımları veya aşağı tabakalardaki havanın ısınarak yükselmesi.

3) Havanın alçak basınçlı bölgelere akmasıyla ortaya çıkan siklonik fırtınalardır. Bu durum merkezdeki havanın yükselmesine neden olur.

Konveksiyonel akımlar yazın düşen yağışların başlıca nedenidirler.

Genel olarak, bol yağış ortaya çıkaran koşullar şunlardır:

1. Okyanuslara yakınlık,

2. Yörenin olağan siklonik fırtına alanlarında bulunması,

3. Sıradağlar.

Bu etmenler teker teker veya hep birlikte etki yaparlar. Birinci koşul her vakit geçerli değildir. Örneğin Kaliforniа'da olduğu gibi, dünyada öyle yerler vardır ki, okyanuslara sınır olmakla beraber, çöl niteliğindedirler.

İkinci koşul buharlaşma kaynaklarının az olduğu iç bölgelerde daha az etkilidir. İç Anadolu platosu bu durumun iyi bir örneğidir.

1. Yağışın Ölçülmesi:

Metrik sistemde yağışın ölçülmesinde kullanılan birim (mm) veya (cm) dir. Kar gibi katı yağışlar, eşdeğer su yüksekliği (cm, mm) olarak belirtilir. Karın eşdeğer su yüksekliği karın yoğunluğuna bağlı olarak 1/5-1/15 oranları arasında değişir. Gerçek eşdeğer su yüksekliğinin bilinmediği durumlarda orta yoğunluktaki karın 10 cm sinin 1 cm su yüksekliğine eşit olduğu kabul edilir.

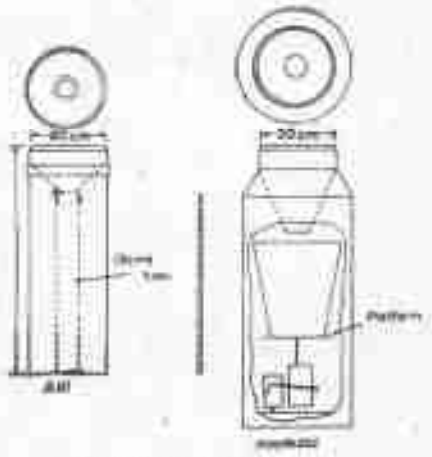
Ülkemizde yağışın miktarı ve dağılışı ile ilgili ölçmeler Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünce yapılmakta ve meteoroloji bültenlerinde yayınlanmaktadır.

1) Yağışların Ölçülmesi:

Yağış ölçmelerinin amacı, infiltrasyon, yüzey akışı veya buharlaşma gözönüne alınmadan, yağmurun yüksekliğinin ve şiddetinin ölçülmesidir. Yağış ölçmelerinde gözönünde bulundurulacak noktalar topoğrafya ve yörenin vejetasyon etkisidir.

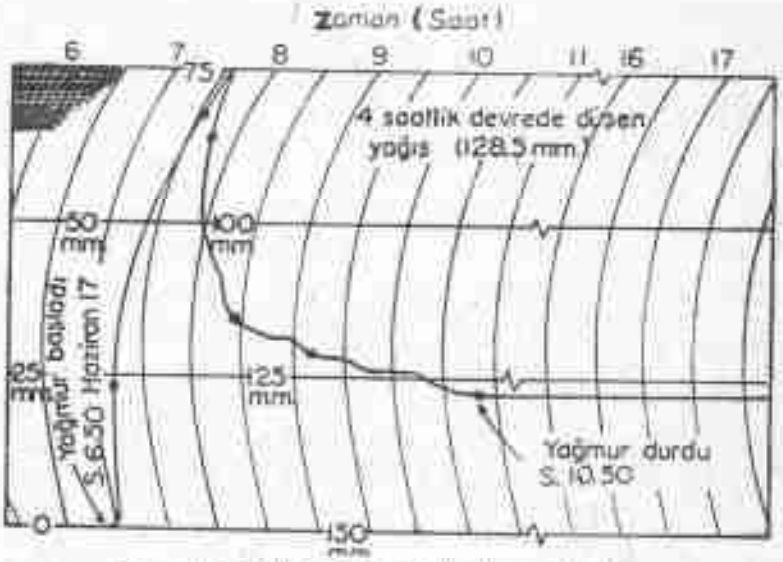
Ülkemizde genel olarak kullanılan yağış ölçekleri düşey silindirik kaplardır (Şekil 8.2). Buharlaşma etkisinin azaltılması amacıyla bu kapların giriş ağzı huni biçimindedir.

Yağış ölçekleri olağan ve kaydedici ölçekler olmak üzere sınıflandırılır. Olağan yağış ölçekleri yalnız toplam yağış ölçerler. Bunlar basit ve ekonomiktirler. Yalnız yağışlardan sonra bakıma gereksinim gösterirler ve bakım giderleri göreli olarak azdır.



Şekil 8.2. Yağış ölçekleri.

Kaydedici yağış ölçekleri, belirli bir zamanda düşen yağışın yüksekliğini kaydeder. Kayıtlar, bir saat düzeni ile bir karta işlenir (Şekil 8.3).



Şekil 8.3. Kaydedici yağış ölçeği ile işlenmiş bir kart.

Yağmur bir çark düzeni üzerinde bulunan bir kapta toplanır. Toplanan suyun ağırlığı yayı sıkıştırır. Yaydaki bu sıkışma, saatle çalıştırılan bir kod-

ran üzerindeki karta yazılır. Kaydedici düzen yayın tüm sıkışmasında üç kez yön değiştirir. Bu durum, daha büyük bir düşey ölçek sağlar ve yağışın büyük bir doğrulukla ölçülmesini sağlar (Şekil 8.3).

Karın ölçülmesi:

Kar çoğu kez, buharlaşma bunisi kaldırılmış olağan yağış ölçekleri ile ölçülür. Ölçeğe düşen karın erimesinin kolaylaştırılması için korozyon ve buharlaşmayı önleyen bir antifiriz materyal dökülür. Kar ölçmelerinde, rüzgar yağmur ölçmelerinden daha önemli olduğundan, bazen özel olarak projelenmiş perdeler kullanılır.

Kar şeklindeki yağış ölçmelerinde kullanılan bir başka yöntem kar yüksekliğinin özel etüdlerle bulunmasıdır. Bu tip etüdler, karın sulamada yararlanılacak şekilde depolandığı dağlarda özellikle önemlidir. Ölçmeler daha çok karlar erimeden önce yapılır. Bu amaçla tüm kar örtüsü derinliğinden örnek alabilecek şekilde projelenmiş küçük çaplı özel mesai tüpler kullanılır. Örnekleme belirli bir sisteme göre yapılır. Alınan örnekler tartılır ve sonra eşdeğer su yükseklikleri hesaplanır. Kar ölçmelerinin bir çok yıllar yapılmasıyla ve elde edilen eşdeğer su yüksekliklerinin bu alanlardan gelen yüzey akışları ile karşılaştırılması ile gerçek yüzey akışları önceden tahmin edilebilir. Bu ölçmeler sulama suyu olarak kullanılabilecek miktarın ve taşkın miktarlarının tahmininde ve yapılacak çalışmaların önceden planlanmasında çok önemlidir.

2. Yağış Verilerinin Analizi:

Yağış verilerinin hem belirli yerler ve hem de göreli olarak geniş alanlar için değerlendirilmesinin uygulamadaki önemi büyüktür. Yağış ölçekleri belirli bir istasyondaki yağışı verdiğinden, yağışın bir alandan çok bu istasyon için analizi daha kolaydır.

i) Yağış intensitesi ve süresi:

Yağışın en önemli niteliklerinden birisi intensitesi (şiddeti) dir. Yağış intensitesi genel olarak mm/saat olarak gösterilir. Yıllık toplam yağışı fazla olan bölgelerde, çok yüksek intensiteli yağışların daha sık olması gerekmez. İntensitesi yüksek yağışlar genel olarak nisbeten kısa bir süre devam eder ve küçük bir alanı kaplar. Geniş alanları kaplayan yağışlar seyrek olarak yüksek intensitelidir. Bu tip yağışlar bazen günlerce sürebilir. Pekaz durumlarda olan yüksek intensite ve uzun süre kombinasyonunda toplam yağış oldukça fazladır. Bu tip yağışlar şiddetli toprak erozyonuna ve taşkınlara neden olur.

2) Yağışın dönegelim aralığı:

Ülkemizin hemen bütün bölgelerinde, zaman zaman değişik süreli şiddetli yağışlar olur. Bu şiddetli yağışların düşme olasılığı yöreden yöreye değişiktir. Herhangi bir su kontrol yapısının projelenmesinde ilk adım farklı intensite ve süredeki yağışların olası tekerrürün belirlenmesidir. Çoğu kez, olası en yüksek yağışa göre proje yapmak ekonomik değildir. En yüksek intensiteli yağışa göre proje yapmaktansa, periyodik bir başarısızlığı göze almak daha ekonomiktir. Buna karşılık yapının yıkılmasıyla can kaybının söz konusu olabileceği durumlarda projelemenin kaydedilen en şiddetli yağıştan daha fazla yüzey akışlarına göre yapılması esastır. Bu nedenle toprak ve su yapılarının projelenmesinde, farklı intensite ve süredeki yağışların dönegelim aralığını veren veriler esastır. Bazen frekans olarak adlandırılan bu dönegelim aralığı, belirli bir süre ve intensitedeki yağışın beklendiği yıl sayısı olarak tanımlanabilir.

Küçük tarımsal havzalardaki toprak ve su yapıları genel olarak 5, 10, 25,50 ve 100 yılda bir beklenen en şiddetli yağışa göre projelenir. Kullanılacak yağış, tekerrür aralığı yapının büyüklüğüne ve istenilen servis ömrüne bağlı olacaktır.

Genel olarak hidro-meteorolojik bültenlerde gözlem istasyonunda 6 saat sürede kaydedilen en yüksek yağış belirtilir. Bu değerlerin daha uzun süredeki yağışa çevrilmesinde "A.B.D. Toprak Koruma Örgütü" tarafından kullanılan katsayılar Cetvel 8.1. de verilmiştir.

Örnek: Herhangi bir yağış istasyonunda 6 saatte kaydedilen yağış 28 mm dir. 12 saatlik süreye karşılık olan eşdeğer, enyüksek yağış nekadardır?

Cetvel 8.1 de, 12 saat süreye karşılık olan katsayının 1.320 olduğu görülür. Buradan;

Cetvel 8.1. Proje yağış süresinin tüzülmesinde kullanılan katsayılar.

Yağış süresi (saat)	Katsayı	Yağış süresi (saat)	Katsayı
7	1.026	18	1.552
8	1.121	20	1.619
9	1.176	22	1.682
10	1.227	24	1.741
11	1.274	28	1.852
12	1.320	32	1.953
14	1.402	36	1.048
16	1.481		

$$P \text{ maks} = (28) \times (1.320) = 37 \text{ mm dir.}$$

3. Gözlem İstasyonu Yağış Analizi:

Tipik bir kaydedici yağış ölçeği kartı (Şekil 8.3) de verilmiştir. Karttaki çizgi, kümülatif yağmur eğrisidir. Eğrinin eğimi yağmurun intensitesi ile

doğru orantılıdır. Eğrinin en yüksek noktası kaydedicinin yön değiştirdiği noktadır. Kartın analizinde, zaman ve yağış miktarlarının seçiminde, eğriyi temsil edecek noktalar olması gözönünde bulundurulur. Bu noktalara karşılık olan veriler bir cetvel haline getirilebilir (Cetvel 8.2).

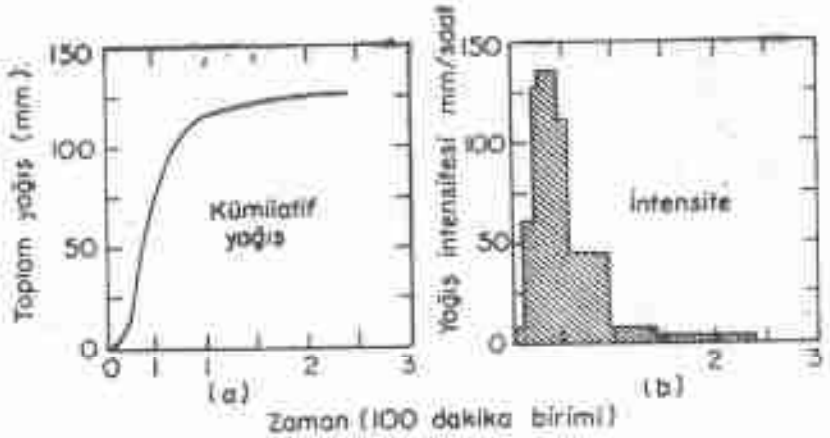
Cetvel 8.2. Kaydedici yağış ölçeği kartı analizi.

Zaman (saat)	Süre (dakika)	Kümülatif süre (dakika)	Süre esnasında-ki yağış (mm)	Kümülatif yağış (mm)	Yağış intensitesi (mm/saat)
6:50	10	10	1.20	1.20	7.50
7:00	10	20	10.30	11.50	61.50
7:10	5	25	10.50	22.00	126.00
7:15	20	45	45.50	67.50	136.50
7:35	10	55	18.50	86.00	111.00
7:45	85	140	30.00	116.00	18.00
9:10	100	240	5.30	121.30	3.30
10:50					

Bu cetvelde aynı zamanda çeşitli zaman sürelerine karşılık olan kümülatif yağış ve intensitede kaydedilir.

Çeşitli zaman sürelerine karşılık olan dönegelim aralığının belirlenmesi için önce seçilen aralık sırasında düşen maksimum yağış miktarı bulunmalıdır.

Bazı analizler için gerekli olan yağış birikim (akümülasyon) eğrileri birikimli yağışın zamana göre grafiklendirilmesi ile elde edilir (Şekil 8.4 a.). Ekseri hallerde, yağış intensitesinin, zaman artışına göre grafiklendirilmesi de uygundur. Bu grafiğe intensite histogramı denir (Şekil 8.4 b).



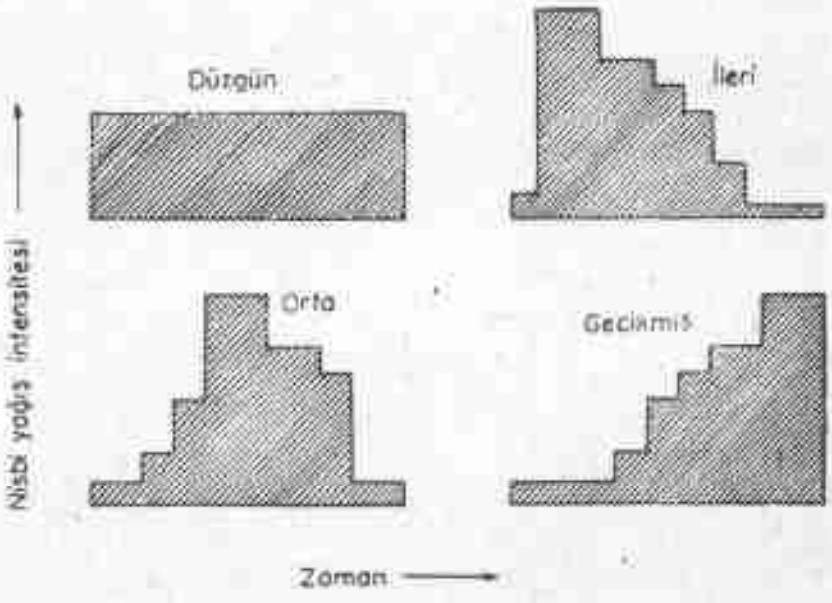
Şekil 8.4. (a) Yağış birikim eğrisi (b) İntensite histogramı (Her iki eğri de Tablo 8.2. de verilen verilerden elde edilmiştir).

Yağışların sınıflandırılması:

İki yağış hiçbir zaman aynı zaman-intensite ilişkisine sahip değildir. Bu bakımdan yağışların bazı belirli niteliklerine göre gruplanması istenir. Bu tip gruplamalarda en çok kullanılan nitelikler yağışın intensitesi ve yağış intensite histogramının durumudur.

Yağışlar, yağışın belirtilen intensite sınırları içerisinde düşen kısımlarına göre intensite sınıflarına ayrılabilir. Böyle bir sınıflama ile çeşitli havza koşulları altında kritik sonuçlar vermesi beklenen yağışların gruplanması olanağı doğmaktadır.

Herhangi bir yağışın deseni yağış intensite histogramının oluşturulması ile bulunur. Yağış desenleri yüzey akış histogramlarını belirleyen etmenlerden birisi olduğundan olağanüstü önem taşır. Yağışlar yağış intensitesinin durumuna göre dört yağış desenlinde toplanabilirler (Şekil 8.5). Bunlar: düzgün intensite, ileri patern, orta patern ve gecikmiş patern gruplarıdır. İleri patern, infiltrasyon hızının en yüksek olduğu anlarda daha yüksek intensite meydana getirir. Bu nedenle yüzey akışlarının yüksek seviyesi göreli olarak düşürülmüş olur. Öte yandan, gecikmiş patern, infiltrasyon hızı minimum olduğu zaman yüksek yağış intensitesi olduğundan yüksek yüzey akışı oluşturur.



Şekil 8.5. Yağış intensite paternleri.

4. Havza yağış ortalaması:

Herhangi bir havza üzerine düşen ortalama yağış yüksekliğinin bulunmasında kullanılan çeşitli yöntemler vardır. Eğer tarımsal havzada, tek gözlem istasyonu söz konusu ise, yağışın tüm havza üzerinde aynı olduğu kabul edilir. Havzada birden fazla yağış istasyonu varsa havzaya düşen ortalama yağış hesabında genel olarak aşağıda esasları verilen üç yöntem kullanılır:

1) Aritmetik ortalama:

Havza içerisindeki bütün yağış istasyonlarında kaydedilen yağışların aritmetik ortalaması alınarak havzanın ortalama yağışı bulunur.

$$h_o = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n}{n}$$

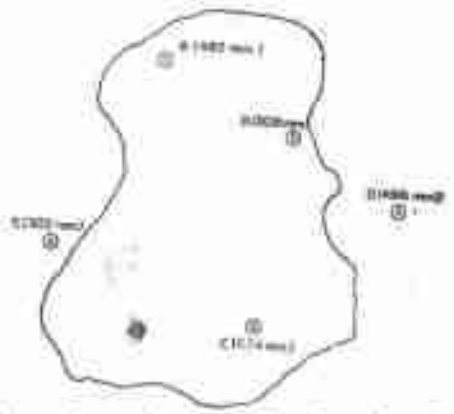
Eşitlikte:

h_o = Ortalama yağış (mm),

$h_1 \dots h_n$ = Havzadaki yağış istasyonlarında kaydedilen yağışlar (mm),

n = Yağış istasyonu sayısı.

Örnek: Şekil 8.6. da gösterilen havzanın yağış ortalamasını hesaplayınız.



Şekil 8.6. Havza yağış ortalamasının aritmetik ortalama ile hesaplanması.

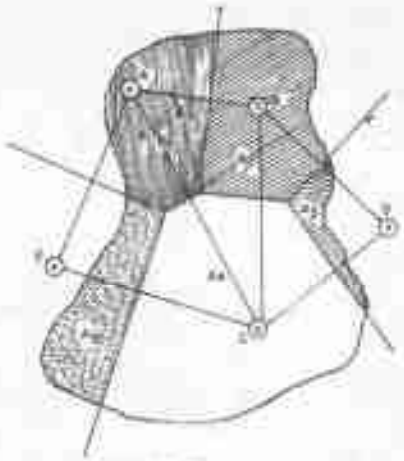
Çözüm:

$$h_o = \frac{482 + 508 + 474}{3} = 488 \text{ mm}$$

D ve E ile belirtilen istasyonlar havzanın dışında kaldığından ortalamaya sokulmamıştır.

2) Thiessen yöntemi:

Thiessen yönteminin kullanılışı (Şekil 8.7) de izah edilmiştir. Yağış istasyonlarının yeri havza haritasına işaretlenir. İstasyonlar arası doğru çizgilerle birleştirilir. Bu çizgilerin oluşturduğu üçgenlerin dikey kenar or-



Şekil 8.7. Thiessen yönteoni.

tayları çizilir. Bu kenar ortayların meydana getirdiği şekle Thiessen Poligonu denir. Bu poligonun yağış havzası üzerinde ayırdığı bölgelerin alanı planimetre ile ölçülür. Bundan sonra havzanın yağış ortalaması şöyle hesap edilir.

$$h_o = \frac{A_1\ h_1}{A} + \frac{A_2\ h_2}{A} + \ldots + \frac{A_n\ h_n}{A}$$

$$h_o = \frac{A_1\ h_1 + A_2\ h_2 + \ldots + A_n\ h_n}{A}$$

Eşitlikte:

h_o = Ortalama yağış,

$A_1 \ldots A_n$ = Herbir zonun alanı,

$h_1 \ldots h_n$ = Herbir zona ait yağış,

A = Havza alanı.

Bulunan havza yağış ortalamasına yağış ölçeklerinin havza genişlikleri de katılmış olduğundan aritmetik ortalamaya göre daha sağlıklı bir sonuç elde edilmiş olur.

Örnek: (Şekil 8.7) de verilmiş olan havzanın ortalama yağışını bulmak için önce Thiessen poligonu çizilip, bu poligonun havza üzerinde ayırdığı her bir bölgenin alanı planimetre ile hesaplandıktan sonra bulunan değerler şöyle bir cetvel halinde düzenlenir.

Bölge	Bölgelere ait yağış değerleri ($h_1 \ldots h_n$) mm	Her bir bölgenin alanı (Dekar)	Bölgeler için $\frac{A_1 h_1}{A} \ldots \frac{A_n h_n}{A}$
A_1	482	5800	108.39
A_2	508	4750	93.73
A_3	496	1223	23.60
A_4	474	9459	177.66
A_5	502	4220	84.24
		A = 25745	h_o = 487.82

Havza yağış ortalaması h_o = 487.82 mm olarak bulunur.

3. İsohyetal yöntemi:

Havza haritasında (Şekil 8.8) her yağış istasyonunda ölçülen yağış yükseklikleri kaydedilir. Sonra bu yükseklikler gözönüne alınarak, eş yağış eğrileri (isohyetler) geçirilir. Bu amaçla harita üzerinde havza içindeki ve çevresindeki yağış istasyonları birer çizgi ile birleştirilir. Sonra yağış istasyonları arasındaki ara noktalar aynen eş yükseklik eğrilerinin geçirilmesinde olduğu gibi enterpolasyonla bulunarak, eş yağışlı noktalar birleştirilince isohyetler bulunur.

Havza içerisinde arkadan gelen isohyetler arasındaki bölgelerin (zonların) bu bölgeleri çevreleyen isohyetler ortalamasıyla çarpılmasıyla elde edilen değerler toplamının havza alanına bölünmesi ile yağış ortalaması elde edilir.

$$h_o = \frac{A_1 h_1 + A_2 h_2 + \ldots + A_n h_n}{A}$$

Eşitlikte:

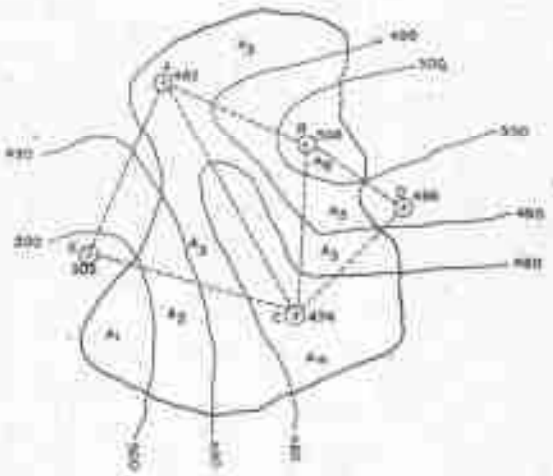
h_o = Ortalama yağış,

$A_1 \ldots A_n$ = İki isohyet arasındaki alan,

$h_1 \ldots h_n$ = Birbirini izleyen iki isohyetin ortalaması,

A = Havza alanı.

(Şekil 8.8) deki isohyet arasındaki bölgelerin planimetre ile ölçülmüş olan alanları ve her bir bölgeye ilişkin yağış ortalamaları şöyledir.



Şekil 8.8. Isohyetal yöntemine göre bölgelere ayrılmış olan bir yağış havzası.

Bölgeler	Herbir bölgenin alanı (Dekar)	Bölgelerin yağış ortalamaları (mm)
A_1	1220	$h_1 = \frac{510 + 500^*}{2} = 505$
A_2	4325	$h_2 = \frac{500 + 490}{2} = 495$
A_3	9600	$h_3 = \frac{490 + 480}{2} = 485$
A_4	5850	$h_4 = \frac{480 + 470}{2} = 475$
A_5	2760	$h_5 = \frac{500 + 490}{2} = 495$
A_6	2000	$h_6 = \frac{500 + 510}{2} = 505$
	$A = 25745$	

* 500 den sonra geldiği kabul edilmiştir.

Bu değerlerden havza yağış ortalaması şöyle hesap edilebilir.

Isohyetal yöntemine göre hesaplanmış olan havza yağış ortalaması 416.00 mm dir.

Bölge	Her bölgenin ortalama yağışı (mm)	Her bir bölgenin alanı (Dekar)	Bölgeler için $\frac{A_1 h_1}{A} \ldots \frac{A_n h_n}{A}$
A_1	$h_1 = 505$	1220	24.24
A_2	$h_2 = 495$	4225	82.66
A_3	$h_3 = 485$	9600	180.90
A_4	$h_4 = 475$	5850	107.35
A_5	$h_5 = 490$	2750	53.46
A_6	$h_6 = 505$	2000	39.39
		A = 25745	$h_o = 416.00$

5. Yağış ve Sulama Arasındaki İlişkiler

Tarımsal çalışmalar ve özellikle sulama yönünden yalnız yıllık yağış ortalamasının bilinmesi, sulamanın gerekliliğinin belirlenmesinde yeterli bir ölçü değildir. Yağışın mevsimlere göre dağılışı, sıcaklık, hava nemi ve rüzgar yönü gibi etmenler de belirli bir yağışın yararlılığına etki yaparlar. Tarımda yağışın yararlılığını arttıran nitelikler şöyle özetlenebilir:

1. Yağışın miktarı, bitki kök bölgesinden boşaltılan suyu karşılayacak kadar olmalı.

2. Yağışın özellikle gelişme devresindeki aralığı, bitkiler zarar görmeden toprak nemini besleyecek kadar sık olmalı.

3. Yağışın intensitesi, o bölgedeki toprakların infiltrasyon hızından yüksek olmamalıdır.

Dünyanın çok az yerinde tarımsal üretimin en yüksek seviyeye çıkarılması için yağış yukarıda belirtilen niteliklere sahiptir. Yağışın bu istekleri karşılayamadığı bölgelerde sulamanın önemi büyüktür.

Sulama projelerinin planlanmasında yıllık ya da aylık yağış ortalamaları yanlış değerlendirilmemelidir. Uzun süreli ortalamalar bile bazı durumlarda aldatıcıdır. Çünkü her bölgenin ortalamanın altında ya da üstünde yağışlı ve kurak ayları, yağışlı ve kurak yılları vardır. Sulama sistemleri, beklenilen kuraklık yinelenmesine göre projelenmelidirler.

Doğanın ilginç niteliklerinden birisi, onun variyasyonu yani yöreden yöreye zamandan zamana gösterdiği değişikliklerdir. Yağışta da bir kararlılık yoktur. Günden güne, haftadan haftaya, aydan aya ve yıldan yıla sürekli bir değişiklik gösterir. Bu değişmelerin hem kurak ve hem de nemli bölgelerde tarım için yaşamsal bir önemi vardır. Bitki gelişme döneminde nemli bölgelerde bile iki hafta veya daha fazla süreli yağışsız günlere sık sık rastlanır. Olağan yıllarda yeterli yağış olsa bile bazen, yaz aylarındaki kısa süreli kurak periyodlar verim düşmesinde önemli rol oynarlar.

Bazı bölgelerde yağış dışındaki atmosferik sular da (gizli yağışlar) evapotranspirasyonu azaltarak bitkilerin sulama suyu gereksinimini önemli ölçüde düşürürler. Bu kaynağı önemli yapan atmosferik koşullar çiğ, sis, bulutluluk ve yüksek bağıl nemdir.

Bazı bilim dalları iklimi yıllık ortalama yağışa göre üç sınıfa ayırırlar. Bu sınıflar sıra ile şöyledir.

1. Kurak (Arid): Yıllık ortalama yağış 380 mm den az.

2. Yarı kurak (Yarı arid): Yıllık ortalama yağış 380–760 mm

3. Nemli (Humid): Yıllık ortalama yağış 760 mm den yüksek.

Öte yandan De Martonne, yıllık ortalama yağış ve yıllık ortalama sıcaklığı gözönüne alarak bir kuraklık indisi geliştirmiştir. De Martonne kuraklık indisi şöyledir.

$$İk = \frac{H}{T + 10}$$

Eşitlikte;

İk = Kuraklık indisi,

H = Yıllık ortalama yağış (mm),

T = Yıllık ortalama sıcaklık (°C).

De Martonne kuraklık indisi bir bölgenin hidrografisi hakkında bilgi verir ve biyolojik coğrafyasını açıklar. Sulamaya gereksinimi olan bölgelerin belirlenmesinde de yardımcıdır. Bu formül büyük iklim bölgelerine uygulandığında şöyle bir sınıflama elde edilir.

1) Kuraklık indisi 5 den küçük bölgeler: hidrografi ve iklim bakımından gerçek çöldür.

2) Kuraklık indisi 5–10 arasındaki bölgeler: iklim çok kuraktır, geçici akarsuları vardır.

3) Kuraklık indisi 10–20 arasındaki bölgeler: sulama zorunlu ve yararlıdır. Bazen kuru tarım yöntemleri ile tarım yapmak olasıdır.

4) Kuraklık indisi 20–30 arasındaki bölgeler: bu bölgelerde sulama yararlı olmakla birlikte zorunlu değildir.

5) Kuraklık indisi 30 un üstünde olan bölgeler: bol ve sürekli akarsulara sahiptir.

Genel olarak nemli bölgelerin sulamaya gereksinim göstermediği kabul edilirse de, son zamanlarda bilim adamlarının bu konudaki düşünceleri

değişmiştir. Nemli bölgelerde sulama aşağıda belirtilen yararları sağlamaktadır:

1) Toprak neminin denetimini sağlar ve kuraklığı önler.

2) Yaz sonlarında mer'aların yeşil tutulmasına yardım eder.

3) Gelişme dönemi uzun bölgelerde iki ya da daha çok ürün alınmasına olanak verir.

4) Topraktaki yararlı bakteri ve kimyasal işlemlere yardımcı olur.

5) Ürünün niteliğini geliştirir.

6) Bitki gelişmesinin çok elverişli olduğu havalarda toprak nemini artırır.

7) Kesekleri yumuşatır ve bitki besin maddelerini mobil hale getirir.

8) Kurak dönemlere karşı ürünü sigorta ederek, verimi dolayısıyla net karı artırır.

8.2. İnfiltrasyon

Suyun yüzeyden toprak içerisine girmesine toprağın su alma hızı ya da infiltrasyon denir. Geçirgenlik (permeabilite) ise suyun toprak içerisindeki hareket hızının bir ölçüsüdür. İnfiltrasyon hızı genel olarak mm/saat veya cm/saat birimleri ile ifade edilir. İnfiltrasyon hızı, yüzey akışlarının bulunmasında ve sulamada suyun toprağa verilmesinde bilinmesi gereken bir veridir. Suyun infiltrasyon olayı ile toprak içerisine girmesi, suyun topraktaki hareketini engelleyen çeşitli etmenler tarafından sınırlıdır. Bu engeller çoğu kez toprak yüzeyinde olmakla beraber, toprak profilinin herhangi bir noktasında da olabilir. İnfiltrasyon hızına etki yapan en önemli etmenler, toprağın fiziksel özellikleri ve toprak yüzeyinin örtü durumudur. Bunun yanında toprağın nem içeriği, sıcaklık ve yağış intensitesi de infiltrasyon hızına etki yapar.

Toprak:

Genel olarak infiltrasyon hızına etki yapan toprak özellikleri (a) toprağı teşkil eden zerrelerin büyüklük dağılışı, (b) toprak taneleri arasındaki agregasyon, (c) taneler ve toprak agregalarının düzenleme biçimidir. Uzun süreli bir yağıştan önce ıslak bulunan ve koruyucu vejetasyon örtüsü bulunmayan topraklar infiltrasyon hızlarına göre dört grupta toplanabilir:

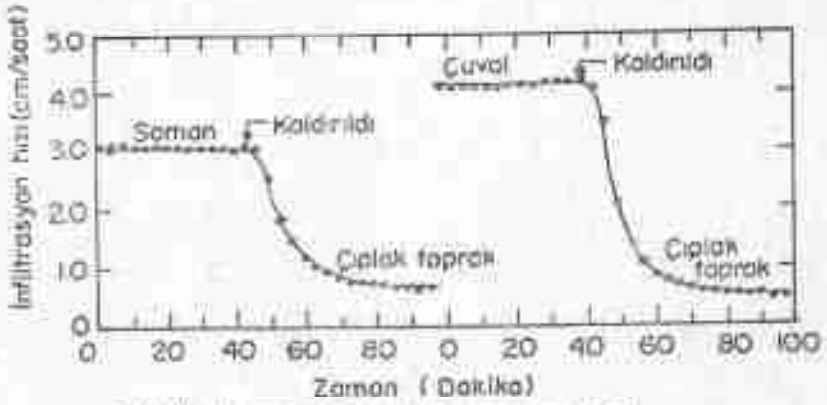
Grup A. Yüzey akış potansiyeli çok düşük topraklar. Çok az silt ve kil ihtiva eden derin kumlu ve geçirgenliği yüksek derin lös topraklar.

Grup B. Grup A daki topraklara göre daha az derin ve daha az agregalaşmış fakat doyma durumundan sonra normalin üzerinde infiltrasyon hızına sahip kumlu ve lös topraklar.

Grup C. Oldukça yüzeysel, kil ve kolloid ihtiva eden topraklar. Bu gruptaki toprakların infiltrasyon hızları ortanın altındadır.

Grup D. Çok yüksek yüzey akış potansiyeli olan topraklar. Genel olarak şişme derecesi yüksek killi topraklar ve yüzeye yakın geçirimsiz toprak katları ihtiva eden topraklar bu grupta toplanır.

Yağış sırasında infiltrasyon hızının zamanla azalmasına etki yapan faktörlerden birisi yağmur damlalarının kinetik enerjilerinin etkisiyle yüzeydeki toprak agregalarının parçalanması sonucunda meydana gelen kaymak tabakalardır. Toprak malçlanması ya da sürekli mekanik tedbirlerle korunması toprağın kaymak bağlamasını önemli ölçüde azaltır. Böyle bir koruyucu örtünün etkisi (Şekil 8.9) da gösterilmiştir. Örtünün kaldırılmasıyla toprak yüzeyi kaymak bağlamakta infiltrasyon hızı hızla düşmektedir.



Şekil 8.9. Koruyucu örtünün infiltrasyon hızına etkisi.

Koruyucu vejetasyon:

Toprak yüzeyinin vejetasyonla örtülü bulunması toprak yüzünün kaymak bağlamasını büyük bir çapta azaltır. Genel olarak vejetatif örtü ve yüzey şartları, infiltrasyon hızına, toprağın tipi ve bünyesinden daha fazla etkilidir. Koruyucu örtü çayır veya sık gelişen diğer vejetasyon tiplerinden oluşabilir.

Öbür etmenler:

İnfiltrasyon hızına etki yapan öteki etmenler arasında, toprağın başlangıçtaki nem içeriği, eğim, suyun sıcaklığı, toprağın donma durumu sayılabilir. Eğimin infiltrasyon üzerindeki etkisi özellikle % 2 den daha aşağı sınırlarda daha önemlidir. Bazı araştırmalar % 2 den yüksek eğimlerde, eğim

artışının infiltrasyon hızı üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığını göstermiştir.

Genel olarak toprağın nem durumu infiltrasyon hızını azaltır veya sınırlar. Bunun nedeni nemin toprak kolloidlerini şişirmesi ve böylece gözenek hacmini ve suyun toprak içerisindeki hareket hızını azaltmasıdır.

Bunlar dışında, eş yükseklik eğrilerine koşut hendekler ve teraslama gibi teknik önlemler de yüzey akışlarının azaltılmasında önemli ölçüde etkilidirler.

1. İnfiltrasyon hızının ölçülmesinde kullanılan yöntemler:

İnfiltrasyon hızı gerçek yağışlardan veya yağışın taklid edilmesi sonucunda meydana gelen yüzey akışlarının veya toprak yüzeyinde oluşturulan durgun su yüzeyi seviyesinin düşme hızından bulunur. İnfiltrasyon hızının bulunmasında kullanılacak en uygun yöntem, elde edilecek verilerin kullanılacağı yere ve var olan ekipman ve olanaklara bağlıdır.

1) Silindir infiltrometreler:

Toprak yüzünde konsantrik iki silindir çakılır ve belirli bir derinliğe kadar su ile doldurulur. Genel olarak içte bulunan silindirin çapı 20-25 cm dir. Dış silindir daha büyük çaplıdır. Ölçmeler iç silindirdeki su yüzeyinde yapılır. Dış silindirin işlevi lateral akış etkisini azaltmak için daha geniş bir ıslak alan meydana getirmektir.

2) Yağmurlama cihazlı infiltrometreler:

Bu yöntemde belirli boyutta dikdörtgen şeklinde bir arazi parseli seçilir. Parsele metal bir çerçeve çakılır. Bir yağmurlama başlığından parsele, incelenmesi istenen yağış intensitesinde su verilir. Rüzgar etkisini azaltmak için tüm sistem bir çadır içerisine alınır. Yağmurlama sırasında parselden çıkan yüzey akışı belirli aralıklarla ölçülür. Yağmurlama hızı ve ölçülen yüzey akış hızları, zamana göre bir grafik kağıdına işlenir.

Herhangi bir anda yağmurlama hızı ve yüzey akış hızı arasındaki fark infiltrasyon hızını verir. Bu değerler de zamana göre aynı grafik kağıdına işlenir.

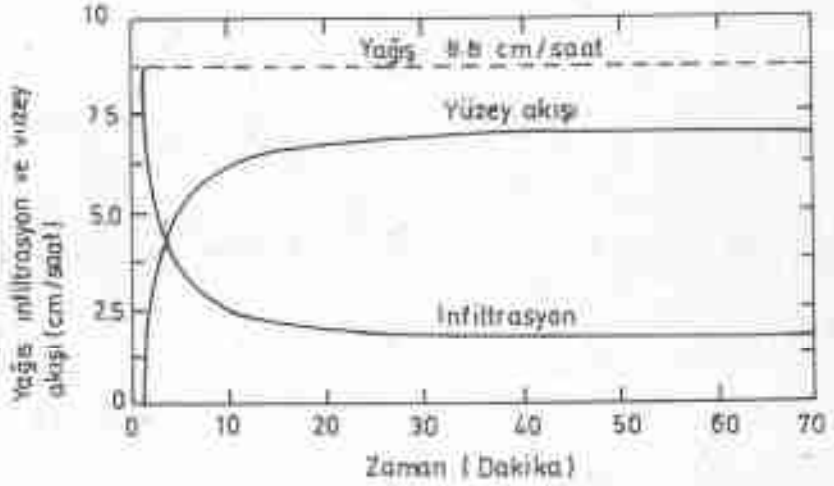
3) Doğal yağış:

Bu yöntemle infiltrasyon hızının bulunmasında havza yüzey akışlarına ilişkin hidrografiler analiz edilir. *Hidrograf*, birim zamanda akan yüzey akışlarının, zamana göre grafiklendirilmesi ile elde edilen eğriye denir. Bu eğri altındaki alan, alınan süredeki toplam yüzey akış hacmini verir. Yağış

ve yüzey akışları arasındaki fark, yüzey faktörleri ve depolamaya göre düzeltildikten sonra infiltrasyon hızı elde edilir. Doğal yağışın taklidi prensibine göre çalışan infiltrometreler, yüzey şartlarını ve havza yağışını karakterize eder ve gerçek infiltrasyon hızına daha yakın değerler verir. Öteyandan silindir infiltrometrelerle elde edilen infiltrasyon değerleri toprak profilinin karakteristiklerini daha iyi gösterir.

2. İnfiltrasyon verilerinin gösterilmesi:

İnfiltrasyon verileri genel olarak, infiltrasyon hızının ordinat, zamanın apsis eksenine işlenmesiyle elde edilen eğriler halinde gösterilir. Şekil 8. 10. da tipik bir infiltrasyon eğrisi görülmektedir. Bu eğride, başlangıçtaki infiltrasyon kapasitesinin su verme (yağış) hızından yüksek olduğu görülmektedir. Bununla birlikte zamanla toprak infiltrasyon hızı aşamalı olarak düşmekte ve o koşul için karakteristik bir sabit değere ulaşmaktadır.



Şekil 8.10. İnfiltrometre verilerinden elde edilmiş tipik bir infiltrasyon eğrisi.

8.3. **Buharlaşma**

Buharlaşma sıvı haldeki suyun buhar halinde atmosfere iletilmesi olayıdır. Buharlaşma hızına etki yapan belli başlı etmenler: buharlaşmanın olduğu yüzeyin niteliği ve buhar basıncı farkıdır. Sıcaklık, rüzgar, atmosferik basınç ve suyun kalitesi buhar basıncı farkına etki yapar.

Sıcaklığın artmasıyla buhar basıncı arttığından, su yüzeyinin sıcaklığı yükseldikçe buharlaşma hızı artar. Hava sıcaklığının buharlaşma üzerindeki etkisi tam anlamı ile saptanamamışsa da genel olarak yüksek boylam dere-

celerindeki düşük sıcaklıklarda buharlaşmanın düştüğü gözlenmektedir. Aylık ortalama hava sıcaklığı, yalnız başına, aylık ortalama buharlaşmanın bulunmasıyla yeterli bir ölçü değildir.

Rüzgar genel olarak buharlaşma hızını artırır. Barometrik basınçtaki düşme, havadaki su molekülleri konsantrasyonunun düşmesine neden olacağından buharlaşma hızını artırır. Öbür koşullar aynı kalırsa yüksek yerlerde buharlaşma hızı daha yüksektir. Suyun tuz içeriği arttıkça buharlaşma hızı düşer.

1) Buharlaşmanın ölçülmesi ve bulunması:

Herhangi bir yerde ortaya çıkan buharlaşma, atmosferik koşullar ya da enerji transformasyonuna dayanan eşitliklerin kullanılmasıyla hesaplanabilir. Su yüzeylerinden olan buharlaşmanın ölçülmesinde kullanılan en yaygın araçlar: 1) Açık kaplar, 2) Gömülü kaplar ve 3) Yüzücü kaplardır.

Buharlaşma formüllerinin çoğu Dalton yasasına dayanır.

$$E = C\ (e_s - e_d)$$

Eşitlikte;

e_s = Su yüzeyi sıcaklığında doygun buhar basıncı,

e_d = Havanın çiğlenme noktasındaki doygun buhar basıncı,

E = Buharlaşma hızı,

C = Buharlaşma hızına etki yapan diğer değişkenlere bağlı bir katsayı.

Çeşitli araştırıcılar Dalton denklemindeki (C) katsayısının değerlendirilmesi ile ilgili yollar önermişlerdir. Bunlar arasında yalnız Meyer formülün verilmesi ile yetinilecektir.

$$E = e\ (e_s - e_d)\left(1 + \frac{V}{16}\right)$$

Eşitlikte;

E = Buharlaşma hızı (mm/gün),

e_s = Su yüzeyi sıcaklığında doygun buhar basıncı (milibar),

e_d = Havanın çiğlenme noktasında doygun buhar basıncı (milibar),

V = Rüzgar hızı (km/h),

e = Bir katsayı, (V) hızı sudan 8 metre yükseklikte ölçüldüğü takdirde e = 0.27, küçük ve sığ sularla ıslak topraklar için e = 0.38 olarak alınabilir.

2) Toprak yüzeyinden buharlaşma:

Toprak bünyesinde ve toprak nem hareketindeki farklılıklar nedeni ile, toprak yüzeyinden olan buharlaşmanın genelleştirilmesi güçtür. Doygun topraklarda buharlaşma serbest su yüzeyinden olan buharlaşmaya çok yakındır. Buna karşılık tahan suyu alçaldıkça buharlaşma hızı düşecektir. Tarla kapasitesinin altındaki nem seviyelerinde toprak yüzeyinden olan buharlaşma önemli değildir. Çünkü toprak kuru olduğu zaman su hareketi çok yavaş olacaktır. Malçlama yağışlardan sonra birkaç gün için etkilidir. Toprak yüzeyinin malçla kaplanması hava hareketini frenlediğinden yüksek bir hava buhar basıncı sağlar. Bu durumda ise buharlaşma azalır. Çıplak toprak yüzeyinin donması, yüzeyin ıslanmasına neden olduğundan buharlaşma hızını büyük ölçüde artırır.

8.4. Transpirasyon

Toprak suyunun bitki sistemine geçmesi ve buradan atmosfere buharlaşmasına transpirasyon denir. Vejetasyon döneminde toprakta var olan faydalı suyun büyük bir bölümü bitki sisteminden geçerek atmosfere ulaşır. Belirli bir alanda transpirasyon çok küçük değerlerden başlayarak büyük değerlere kadar çıkabilir. Transpirasyona etki yapan faktörler topraktaki kullanılabilir suyun miktarı, vejetasyonun cinsi ve yoğunluğu, güneşli günler sayısı, sıcaklık, toprak verimliliği ve toprağın yapısıdır. Bitki sistemine giren suyun ancak % 1 inden azı organizmanın bünyesinde tutulur.

1. Transpirasyon Katsayısı:

Bitkinin kuru madde üretiminde su kullanma randımanının bir ölçüsü transpirasyon katsayısıdır. Transpirasyon katsayısı, kullanılan su miktarının üretilen kuru maddeye oranıdır. Transpirasyon katsayısı, transpirasyona etki yapan faktörlere göre değişir. Belli başlı ürünlerin yaklaşık transpirasyon katsayıları şöyledir:

Ürün	Transpirasyon katsayısı
Sorgum	250
Mısır	350
Tirfil	450
Buğday	500
Patates	640
Yonca	900

2. Evapo-Transpirasyon (Bitki Su Tüketimi)

Sulama proje alanlarında varolan vejetasyonun su gereksiniminin bulunması hem tarım ve hem de inşaat mühendisliği yönünden önemlidir. Uygulamada bitkiler tarafından transpirasyonla atmosfere verilen su ve toprak yüzeyinden meydana gelen buharlaşmanın ayrılması oldukça güçtür. Bu bakımdan, toprak neminin azalmasının değerlendirilmesinde, topraktan buharlaşan ve bitkiler tarafından transpirasyonla harcanan suyun toplamı gözönünde bulundurulur. Bu toplama evapotranspirasyon veya bitki su tüketimi denir. Çeşitli ürünlerin ve vejetasyonun su tüketimlerinin vejetasyon devresi içerisindeki değişimi sulama mühendisliğinde çok önemlidir. Ürünlerin mevsimlik, aylık ve hatta günlük su tüketimleri sulama sistemlerinin çalışma biçimine, sulama yöntemine ve işletmenin işgücü gereksinimine etki yapar.

Toprak nemi, infiltrasyon hızına ve yüzey akışlarına etkilidir. Evapotranspirasyon ise, toprak nem durumuna etki yapar. Bu bakımdan yüzey akış problemlerinde de evapotranspirasyon verileri oldukça önemlidir.

Bitki su tüketiminin bulunmasında kullanılan yöntemler üç genel grupta toplanabilir:

1. Doğrudan Ölçme Yöntemleri:

Kültür bitkileri ve doğal vejetasyonun su tüketiminin bulunması için çeşitli ölçme yöntemleri geliştirilmiştir. Kullanılan yöntem ne olursa olsun uygulamada çeşitli sorunlar ortaya çıkmaktadır. Kullanılacak yöntemin seçiminde; bitkiler tarafından kullanılan suyun kaynağının yalnız yağış, yağış + sulama suyu veya yeraltı suyu + yağış mı olduğunun bilinmesi önemlidir. Bitki su tüketiminin direkt olarak ölçülmesinde kullanılan belli başlı yöntemler tank ve lizimetre denemeleri, tarla deneme parselleri, toprak nem çalışmaları, integrasyon ve havzaya giren ve çıkan akışların ölçülmesidir.

a) Tank ve lizimetre denemeleri:

Bitki su tüketiminin bulunmasında kullanılan tabanı geçirimsiz tanklara evapotranspirometre, tabanı geçirgen olanlara ise lizimetre denir. Bu yöntemin kullanılmasındaki başarı doğal koşulların yaratılmasındaki başarıya bağlıdır. Sınırlayıcı faktörler, toprak, tank büyüklüğü, su temini ve bazen de çevrenin kontroludur. Tanklar, bitkinin doğal halde yetiştiği tarlalara yerleştirilir. Böylece tank içerisindeki toprakta yetiştirilen bitkinin civarındaki doğal yetişme ortamı ile aynı koşullarda olması sağlanmış olur. Tank-

larda yetiştirilen bitkilerin su tüketimlerinin bulunmasında tartma en doğru yöntemlerden birisidir. Bununla beraber, koşullar ve olanaklar her zaman tankların tartılmasına elverişli olmayabilir.

b) Tarla deneme parselleri:

Bu yöntemin esası, derinlere sızmanın önlenmesi amacıyla deneme parsellerine verilen suyun az tutulması ve meydana gelen yüzey akışlarının ölçülmesidir. Bitki su tüketimi başlangıçta toprakta varolan nem, verilen su miktarı ve dikkate alınan türdeki yağış toplamından, yüzey akış miktarının çıkarılması ile elde edilen değerlere eşit olacaktır.

c) Toprak nem değişimi çalışmaları:

Bu yöntemin esası, her sulamadan önce, sonra ve arada, kök bölgesinin derinliklerinden fazla sayıda örnek alma ve topraktan günde alınan suyu saptayıp bunu gelişme mevsimi boyunca zamana göre grafikleştirmektir. Elde edilen eğriden mevsimlik su tüketimi okunabilir.

d) İntegrasyon yöntemi:

Bu yöntemde ele alınan tüm proje alanında toprak ve su yüzünden olan buharlaşma ve bitkiler tarafından kullanılan su birleştirilir.

e) Havzaya giren ve çıkan akışın ölçülmesi:

Bu yöntemde havzaya giren yıllık akış, yıllık yağış, havzadan uzaklaşan yıllık akış ve yeraltı su seviyesindeki değişmeler değerlendirilir ve buradan evapotranspirasyon aşağıdaki eşitlikle hesap edilir:

$$U = (I + P) + (G_s - G_o) - R$$

Eşitlikte:

U = Havza bitki su tüketimi,

I = Havzaya giren yıllık akış,

P = Havzaya düşen yağış,

G_o = Yağış yılının başında yeraltı su deposu,

G_s = Yağış yılının sonunda yeraltı su deposu,

R = Havzadan uzaklaşan yıllık akış.

2. Amprik Yöntemler:

Çevre faktörleri, ürün çeşidi ve evapotranspirasyon arasında çeşitli araştırıcılar amprik ilişkiler geliştirmişlerdir. Bu ilişkilerde kullanılan çevre faktörleri ortalama sıcaklık, gün uzunluğunun süresi, havanın bağıl nemi ve

bitki çeşidi gibi verilerdir. Aşağıda bu amaçla geliştirilmiş belli başlı yöntemler kısaca özetlenmiştir:

1) Thornthwaite Yöntemi:

Thornthwaite kolayca sağlanabilecek verileri kullanarak herhangi bir proje alanında evapotranspirasyon potansiyelinin bulunması için aşağıda verilen amprik formülü geliştirmiştir.

$$U = 1.6\ L \left(\frac{10^t}{J}\right)^a.$$

Eşitlikte:

U = Aylık evapotranspirasyon (mm)

J = Yıllık ortalama ısı indeksi $J = \left(\frac{t}{5}\right)^{1,514}$

a = $0.000000675\ J^3 - 0.0000771\ J^2 + 0.001792\ J + 0.49239$

L = Ortalama gündüz saatleri (12 saatlik birim halinde)

t = Aylık ortalama sıcaklık

Bu eşitlikte yalnız sıcaklık ve gündüz saatleri gözönünde bulundurulmuştur. Öbür iklim verileri, çeşitli bitkiler ve arazi kullanma şekline yer verilmemiştir. Eşitlik daha çok vejetasyonu yoğun nemli bölgelerde kullanılabilir.

2) Lowry-Johnson Yöntemi:

Lowry ve Johnson A.B.D. de sulama projelerinde bitki su tüketiminin bulunması amacıyla amprik bir formül geliştirmişlerdir. Bu formül bireysel çiftliklerden çok havzalar için kullanılabilir. A.B.D. özellikle kurak bölgelerinde iyi sonuçlar vermiştir. Formülün geliştirilmesinde etkili sıcaklık ve evapotranspirasyon arasında doğrusal ilişkinin var olduğu kabul edilmiştir. Lowry-Johnson formülü şöyledir.

$$U = 274 + 0.0824\ H$$

Eşitlikte:

U = Mevsimlik bitki su tüketimi

H = Gelişme dönemindeki etkili sıcaklık

Etkili sıcaklık, gelişme mevsiminde 0°C üzerindeki günlük maksimum sıcaklıkların toplamı olarak tanımlanır. Eşitlik yalnız etkili sıcaklığı içerisine almaktadır. Bitki su tüketiminin gelişme mevsimi içerisindeki değişimi

gözönüne alınmamaktadır. Ayrıca radyasyon süresi rüzgar, bağıl nem ve vejetasyon tipinin evapotranspirasyon üzerindeki etkisi de ihmal edilmiştir.

3) Blaney-Criddle Yöntemi:

Blaney ve Criddle iklim ve sulama verilerinden bitki su tüketiminin (evapotranspirasyonunun) bulunmasında bir yöntem geliştirmiştir. Yöntemin geliştirilmesindeki ilke, çeşitli ürünlerin varolan evapotranspirasyon verileri ile aylık sıcaklık, gündüz saatleri yüzdesi ve gelişme mevsimi uzunluğu arasında kurulan korelasyondur.

Aylık bitki su tüketim (evapo transpirasyon) aşağıda verilen amprik eşitlikte hesap edilebilir:

$$u = k.f$$

Eşitlikte;

u = Aylık bitki su tüketimi (mm)

f = Aylık iklim faktörü

Eşitlikteki "k" ve "f" unsurları aşağıdaki ilişkilerden hesaplanabilir.

$k = k_c \cdot k_t$

k_c = Bitkinin gelişme dönemini aylık olarak belirleyen bir katsayı olup, bu amaçla geliştirilmiş eğrilerden elde edilir. Cetvel 8.3 de Ankara ili için hesaplanan k_c değerleri verilmektedir.

$k_t = 0.03114\,t + 0.2396$: Ortalama hava sıcaklığına bağlı iklim katsayısı

$$f = \frac{(45.7\,t + 813)\,P}{100}$$

t = Aylık ortalama hava sıcaklığı (C°)

P = Yıl içerisindeki aylık güneşlenme saati % si (Cetvel 8.4).

4. Kuramsal ilişkiler (Penman) Yöntemi:

Penman, evapotranspirasyonun bulunmasında kuramsal bir çalışma yapmış ve evapotranspirasyonun yeryüzüne gelen solar enerji ile çok sıkı bir şekilde ilgili olduğunu göstermiştir. Penman buharlaşmanın enerji bütçesi yöntemi ile bulunmasını ise tutmuştur. Penman potansiyel evapotranspirasyonu şöyle ifade etmiştir:

$$E_t = \frac{H + E_a}{\gamma + \Delta}$$

Eşitlikte;

$$H = R_A\,(1-r)\,(0.18 + 0.55\,n/N) - \sigma\,T_a^4\,(0.56-0.092\,\sqrt{e_d})\,(0.10 + 0.90\,n/N)$$

Cetvel 8.3. Ankara ili için hesaplanan Kc değerleri.

İli : Ankara Enlem : 39°57'N
İlçesi : Merkez Toprakkale Boylam : 32°45'E İlk don ortalama tarihi : 2 Kasım
Kaşat süresi : 12 Yıl Yükseltisi : 924 m Son don ortalama tarihi : 11 Nisan

Aylar	Yağış (mm)	Bitki Büyüme katsayısı "kc"								
		Buğday	Yonca	Şeker pancarı	Ayçiçeği	Patates	Domates	Hiyar		
Ocak										
Şubat		1.38								
Mart		0.72	1.15							
Nisan		1.86	1.29	1.12	1.04	0.67				
Mayıs		1.44	1.11	0.85	0.84	0.54	0.66	0.61		
Haziran		0.74	1.29	1.36	0.66	1.00	0.78	0.73		
Temmuz		0.20	1.61	1.76	1.25	1.62	0.98	0.76		
Ağustos			1.72	2.08	0.67	1.21	1.06	0.93		
Eylül			1.22	1.85		0.66	1.03	0.58		
Ekim		0.58	4.16	0.78			0.58			
Kasım		0.55								
Aralık		1.34								
Toplamı										

Cetvel 8.4. Aylık güneşlenme süreleri % si (P)

Enlem (N)	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
45°	6.40	6.54	8.29	9.08	10.31	10.46	10.57	9.75	8.47	7.61	6.43	6.14
44°	6.48	6.57	8.29	9.05	10.25	10.39	10.49	9.71	8.41	7.64	6.50	6.22
43°	6.55	6.61	8.30	9.02	10.19	10.31	10.42	9.66	8.40	7.67	6.56	6.31
42°	6.61	6.65	8.30	8.99	10.13	10.24	10.35	9.62	8.40	7.70	6.62	6.39
41°	6.68	6.68	8.31	8.96	10.07	10.16	10.29	9.59	8.39	7.72	6.68	6.47
40°	6.75	6.72	8.32	8.93	10.01	10.09	10.22	9.55	8.39	7.75	6.73	6.54
39°	6.81	6.75	8.33	8.91	9.95	10.03	10.16	9.51	8.38	7.78	6.78	6.61
38°	6.87	6.79	8.33	8.89	9.90	9.96	10.11	9.47	8.37	7.80	6.83	6.68
37°	6.92	6.82	8.34	8.87	9.85	9.89	10.05	9.44	8.37	7.83	6.88	6.74
36°	6.98	6.85	8.35	8.85	9.80	9.82	9.99	9.41	8.36	7.85	6.93	6.81
35°	7.04	6.88	8.35	8.82	9.76	9.76	9.93	9.37	8.36	7.88	6.98	6.87

$$E_a = 0.35\ (e_a - e_d)\left(1 + \frac{u_2}{100}\right)$$

H = Toprak yüzeyinde günlük ısı bütçesi (mm su/gün)

R_A = Atmosfer üstünde günlük güneş radyasyonu (mm su/gün)

r = Yüzey yansıtma katsayısı (kısa boylu yeşil bitkiler için 0,25 dir).

n = Parlak güneş ışığının gerçek süresi (gerçek güneşlenme)

N = Parlak güneş ışığının olası maksimum süresi (olası güneşlenme)

σ = Boltzman sabiti

$T_a{}^4$ = (mm su/gün)

e_d = $R_H \times e_a$

e_d = Çiğlenme noktasında doymuş buhar basıncı (mm Hg)

R_H = Ortalama bağıl nem

e_a = Hava sıcaklığında doymuş buhar basıncı (mm Hg)

E_a = Buharlaşma (mm su/gün)

u_2 = Toprak yüzeyinden 2 m yükseklikte rüzgar hızı (mil/gün)

E_T = Evapotranspirasyon (mm su/gün)

γ = Stephan sabitesi

△ = Havanın (T_a) mutlak sıcaklıkta doymuş buhar basıncı eğrisinin eğimi mm Hg/C°)

Penman eşitliği ile hesap edilmiş ve ölçülmüş evapotranspirasyon değerleri arasında çok yüksek bir korelasyon bulunmuştur. Penman yönteminin kullanılışını sınırlayan en önemli faktör, her yerde gereksinim duyulan bu fazla sayıdaki meteorolojik verileri bulma güçlüğüdür. Eşitliğin kullanılmasında gözönünde tutulması gerek bir başka nokta da, kullanılmakta olan bazı katsayıların, okyanustan uzak olmayan, oldukça nemli ve yoğun vejetasyona sahip bir bölge için bulunmuş olmasıdır.

8.5. Yüzey Akışlar

Toprak ve su koruma işlerinde çalışan ziraat mühendisleri suyun doğal akışını düzenleyen yapı ve tesislerin projelenmesi sorumluluğu ile karşı karşıya gelebilirler. Bu suların kaynağı çoğu kez yağmur ve eriyen kardır. Projelenen bu yapı ve tesisler yüzey sularının yükünü taşıyabilecek kapasite dayanımda olmalıdır.

Yüzey akışı (Runoff), yağışın infiltrasyon olayı ile toprağa girmeyen, vejetasyon tarafından kullanılmayan buharlaşma ile kaybolmayan akarsulara, göllere ve okyanuslara ulaşan bölümüdür. Şu halde herhangi bir alandan

beklenen yüzey akışı, o yöredeki infiltrasyon, transpirasyon ve buharlaşma ile sıkı sıkıya ilgilidir. Yüzey akış sularının denetimi projelerinde çalışan mühendis beklenen yüzey akışlarının maksimum debisi, hacmi hakkında bilgi sahibi olmalıdır. Yüzey akışları meydana gelmezden önce yağış, buharlaşma, tutulma, infiltrasyon, yüzey depolaması ve doğal su yataklarındaki tutulma gereksinimini karşılamalıdır.

Yüzey akışları ancak yağış hızı, toprağın infiltrasyon hızı aştığı zaman olur. İnfiltrasyon hızı aşıldığı zaman su önce, toprak yüzündeki küçük veya büyük çöküntüleri doldurmağa başlar. Bu çöküntüler dolduktan sonra su toprak yüzeyinde akmağa başlar. Önce yüzey akışı, yağış, infiltrasyon ve tutulma arasındaki farkla denge haline gelinceye kadar su toprak yüzüne yükselir. Bu yük kazanma olayında söz konusu olan su hacmi yüzey tutulmasını gösterir. Akış belirli su yollarına doğru akarken de aynı şekilde bir yük kazanma ve tutulma olayı söz konusudur.

Yüzey ve su yollarında tutulan su hacmi yüzey akış debisi azalmaya başlayınca, yüzey akışlarını besler. Yüzeyde depolanan su ise zamanlar infiltrasyon ve buharlaşma ile karşılaşır.

I. Yüzey Akışına Etki Yapan Etmenler:

Yüzey Akışlarının debisine ve hacmine etki yapan belli başlı etmenler, su havzasının büyüklüğü, jeolojisi, biçimi ve topoğrafik durumu, yağışın niteliği, vejetasyon durumu, yüzey toprağının özellikleri havzasının genel drenaj koşulları ve iklim durumudur. Bu etmenler aynı zamanda, konsantrasyon zamanına da etki yapar. Konsantrasyon zamanı: belirli bir yağışta, havzada çıkış ağzından en uzak bir noktaya düşen yağmur damlalarının doğal yollarla havza çıkış ağzına ulaşması için geçen zamandır. Konsantrasyon zamanı, en çok (maksimum) yüzey akışı doğuran yağışın süresini tayin etmesi bakımından özellikle küçük su toplama havzalarında önemlidir.

1) Su toplama havzasının büyüklüğü:

Öbür koşullar aynı kaldığı durumda, havza büyüdükçe, belirli bir yağıştan sonra ortaya çıkan toplam yüzey akışının kaybolması için daha uzun bir zamana gereksinim duyulacaktır. Bu nokta özellikle konsantrasyon zamanının da büyük olacağı dar ve uzun havzalar için çok daha açıktır. Havza büyüdükçe yüzey akışlarının hacmi ve debisi artarsa da birim alandan beklenen akış miktarı azalır. Taşkın kontrolu çalışmalarında havza büyüklüğü hem mühendislik ve hem de ekonomik yönden çok önemli olduğundan havzalar büyüklüklerine göre aşağıda belirtilen sınıflarda incelenirler:

a) Büyük havzalar:

Fırat, Dicle, Sakarya, Kızılırmak gibi büyük akarsuların binlerce kilometrekareyi aşan su toplama havzaları büyük havza olarak nitelenirler. Büyük havzalar çapında yapılan mühendislik çalışmaları yalnız tarımsal yönden değil insanlığın yaşamı bakımından da önemlidir.

b) Orta büyüklükteki havzalar:

Nisbeten küçük akarsu ve ırmakların havzaları büyükçe yan dere havzaları bu grupta incelenir. Bunların büyüklükleri 200-250 km² ye kadar çıkabilir. Bu havzalardaki çalışmalar tarımsal çalışmalar yönünden önemlidir.

c) Küçük havzalar:

Bunlar büyüklükleri 500 hektara kadar olan küçük tarımsal su toplama havzalarıdır.

2) Su toplama havzasının jeolojisi

Geçirgenliği yüksek jeolojik formasyonlardan beklenen yüzey akışlarının debisi ve hacmi aksi karakterde olanlardan küçüktür.

3) Su toplama havzasının topoğrafik özelliği

Su toplama havzasının biçimi yüzey akışlarına etki yapar. Doğal su yollarının dar tarafta olduğu dar ve uzun bir havzadan beklenen yüzey akışlarının debisi, su yollarının uzun tarafta olduğu durumdakinden daha az olacaktır.

Yukarı havzadaki arazinin eğimi development durumu su yollarının eğimi, çöküntü alanlarının büyüklüğü ve sayısı gibi topoğrafik ögeler de yüzey akışlarının debisine ve hacmine etki yapar.

4) Yağışın özelliği

Yağışın türesi, intensitesi, kapladığı alan ve bu alan içerisindeki dağılışı yüzey akışlarının hacmine ve debisine etki yapar. Kısa süreli bir yağış hiç yüzey akışı meydana getirmeyebilir. Aynı intensite fakat uzun süreli bir yağış yüzey akışı meydana getirebilir. Maksimum yüzey akışı, havzanın tüm yüzeyinden gelen suların çıkış ağzına ilk kez eriştiği anda olur. Başka bir deyişle ekonomik projeleme yönünden, konsantrasyon zamanına eşit bir süre devam eden yağış "Kritik Yağış"tır.

5) Vejetasyonun özelliği

Havzadaki doğal vejetasyon, tarım ve ormancılığa ilişkin uygulamalar yüzey akışlarına etki yapar. Vejetasyon, arazi yüzeyindeki akışı azalttığın-

dan ve yüzey tutulmasını arturdığından yüzey akışlarının doruk seviyesini düşürür.

6) Yüzey toprağının özelliği

Toprağın tipi ve özelliği, infiltrasyon hızı ve kapasitesini belirlediğinden yüzey akışlarının debisi ve hacmine doğrudan etki yapar.

7) Mevsimler ve iklim

Özellikle soğuk iklimlerde, mevsimler buharlaşma, infiltrasyon ve vejetasyon örtüsüne etki yapar. Kar, buz ve toprak etkisi belirli bir dereceye kadar iklim ve mevsimlere göre değişir.

2. Yüzey Akışlarının Bulunmasında Kullanılan Yöntemler:

Hidrolojik yapıların projelenmesi ile ilgili mühendis, yüzey akışlarının debisi, hacmi ve zamanı ile ilgili noktalarda bilgi sahibi olmalıdır. Daha önce verilen bilgilerden anlaşılacağı üzere, yüzey akışlarının doğru olarak bulunması güç bir iştir. Yüzey akışlarının tahmininde kullanılan yöntemlerin uygulanmasında, bu nedenle bazı etmenler ihmal edilmektedir. Burada belirtilen yöntemler toprak ve su koruma çalışmalarında en çok kullanılmakta olanlardır.

Yüzey akışlarını taşımak üzere yapılan bir mühendislik yapısına verilen kapasiteye proje akış debisi denir. Yapılar ve su yolları belirli bir dönegelim (tekerrür) aralığında beklenen yüzey akışlarına göre planlanırlar. Vejetasyon kontrollü geçici yapılar, genel olarak 10 yılda bir olacak yüzey akışlarına göre projelenirler. Pahalı ve uzun ömürlü yapılar ise genel olarak 50 veya 100 yılda bir gelecek maksimum yüzey akış debisine göre projelenirler.

1) Rasyonel yöntem:

Projeençok yüzey akışının bulunmasında kullanılan rasyonel yöntem aşağıdaki denklemle ifade edilir:

$$Q = 0{,}0028\ C\ I\ A$$

Eşitlikte;

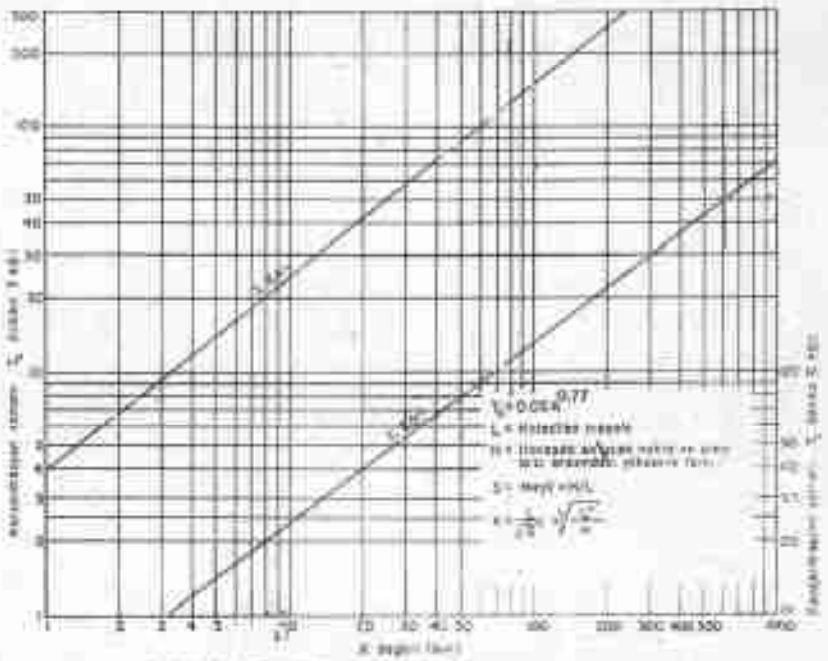
Q =Ençok proje yüzey akışı (m^3/s)

C = Yüzey akış katsayısı

I = Proje dönegelim (tekerrür) aralığı ve konsantrasyon zamanına eşit bir yağış süresi için yağış intensitesi (mm/saat)

A = Su toplama havzası alanı (Ha)

Şekil 8.11 de konsantrasyon zamanının bulunmasında kullanılan eğri verilmiştir.



Şekil 8.11. Küçük havzalar için konsantrasyon zamanı.

Yüzey akış katsayısı (C) maksimum yüzey akışının, yağış intensitesine oranı olarak tanımlanır Cetvel (8.4) de yüzey akış katsayısının çeşitli koşullardaki değerleri gösterilmiştir.

Rasyonel yöntem, 10–12 km² ye kadar büyüklükteki havzalarda, toprak ve su koruma yapılarının projelenmesinde yüzey akışlarının bulunmasında kullanılabilir.

Cetvel 8.5. Yüzey akış katsayıları (C)

Toprak ve örtü durumu	Kumlu toprak	Killi, milli, toprak	Killi
Ağaçlık arazi			
Düz (% 0– 5)	0.10	0.30	0.40
Dalgalı (% 5–10)	0.25	0.35	0.50
Yokuşlu (% 10–30)	0.30	0.50	0.60
Mer'a			
Düz	0.10	0.30	0.40
Dalgalı	0.16	0.36	0.55
Yokuşlu	0.22	0.42	0.60
Ekili arazi			
Düz	0.30	0.50	0.60
Dalgalı	0.50	0.60	0.70
Yokuşlu	0.52	0.72	0.82

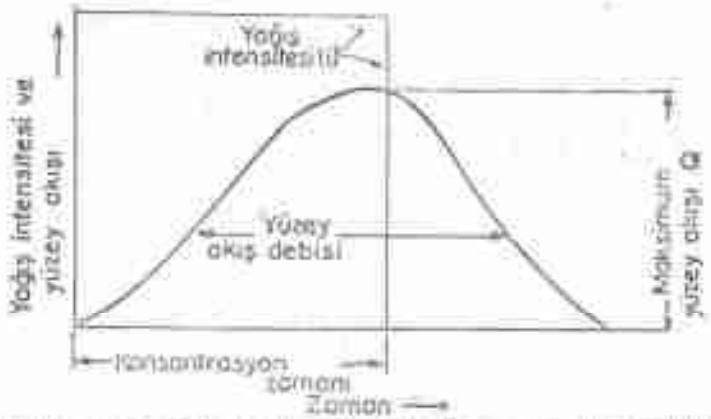
Rasyonel yöntem aşağıda belirtilen koşulların varolduğu varsayılarak geliştirilmiştir:

1) Yağış, en azından havzanın konsantrasyon zamanına eşit bir sürede üniform intensitede düşmektedir.

2) Yağışın intensitesi tüm havza alanında üniformdur.

Bu koşulların varolması durumunda havzada yağış ve yüzey akışı arasındaki ilişki şekil (8.12) de gösterildiği gibi olacaktır.

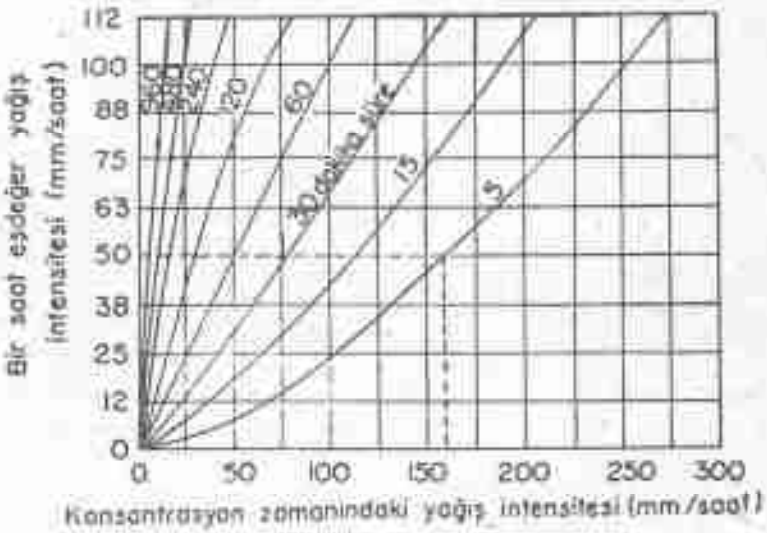
Şekil (8.12) den görüldüğü gibi, yağış intensitesi (i) konsantrasyon zamanına (Tc) karşılık olan bir süre için üniformdur. Eğer yağışın süresi, Tc den daha büyük olsaydı, yüzey akış debisi Q dan daha küçük olacaktı. Çünkü yağış intensitesi, (i) den küçük olacaktır. Tc den daha küçük süreli bir yağış Q dan daha düşük yüzey akış debisi ortaya çıkaracaktı. Çünkü havzanın tüm yüzeyine düşen yağış çıkış ağzına erişmemiş olacaktı.



Şekil 8.12. Rasyonel yöntemin geliştirilmesinde yağış ve yüzey akış arasındaki ilişki.

Şekil (8.13) de çeşitli dönegelim (tekerrür) aralığında bir saat süreli yağış intensitesinin konsantrasyon zamanındaki intensiteye çevrilişini gösteren bir grafik verilmiştir.

Ülkemizde yağış verileri DSİ Genel Müdürlüğü tarafından farklı dönegelim yıllarına göre 1, 2, 4, 6 ..... 24 saat süreli yağış şiddetlerine göre düzenlenmiştir. Herhangi bir bölge için farklı yıllarda dönegelen çeşitli süreli yağış şiddetlerinin ne olacağı DSİ tarafından yayınlanmış olan "Türkiye'de Yağışların Şiddet-Süre-Tekerrür Değerleri" adlı eserdeki cetvel veya eğrilerden bulunabilir.



Şekil 8.11. Bir saat süredeki yağış intensitesinin konsantrasyon zamanındaki yağış intensitesine çevrilmesinde kullanılan eğri.

2) Cook Yöntemi

Bu yöntemde küçük tarımsal havzaların yüzey akış karakteristikleri topoğrafya, infiltrasyon, vejetasyon ve yüzey depolaması olmak üzere dört bölümde ele alınmıştır. Bu bölümlerin her birisine çeşitli koşullar için sayısal değerler bulunmuştur. Belirli bir havza için bu sayısal değerlerin toplanması ile, havza karakteristiği (W) elde edilir. Havza karakteristiği ve alan kullanılarak özel olarak hazırlanmış olan yüzey akış eğrilerinden 10 yıllık dönegelim aralığı için yüzey akış debisi bulunur. Bundan sonra bu süreye denk yüzey akışının bulunan bu maksimum değeri projede kullanılan dönegelim aralığı ve coğrafik yağış karakteristiğine göre aşağıdaki formülün kullanılması ile düzeltilir.

$$Q = P\ R\ F$$

Eşitlikte;

Q = Proje yüzey akışının doruk değeri (m^3/s)

P = 10 yıllık dönegelim aralığı için maksimum yüzey akışı (m^3/s)

R = Coğrafik yağış etmeni

F = Dönegelim aralığı etmeni.

3) Diğer Yöntemler :

Taşkın yüzey akışlarının tahmininde daha birçok yöntemler kullanılır. Bunlardan belli başlıları: Taşkın Frekans analizi, frekans eğrilerinin ekstra-

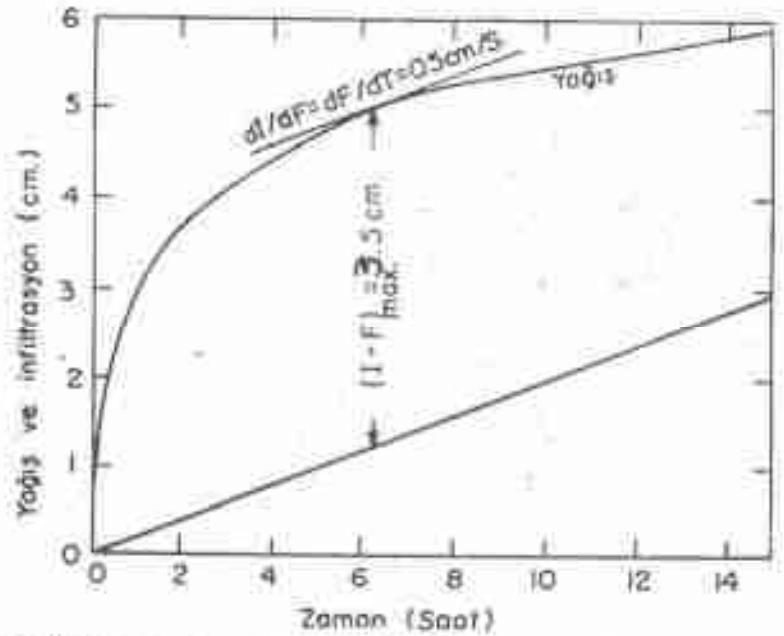
polasyonu, akış anahtar eğrileri analizi ve öbür ampirik eşitliklerdir. Bu yöntemler standart hidroloji kitaplarında ayrıntılı biçimde incelenmişlerdir.

3. Yüzey Akış Hacminin Bulunması

Çoğu durumlarda proje maksimum yüzey akışı yanında toplam yüzey akış hacminde bulunması istenir. Bu amaçla küçük tarımsal havzalarda kullanılan yöntemlerden ikisi aşağıda verilmiştir. Uzun süreli güvenilir akım gözlemleri bulunmayan havzalardan gelebilecek yüzey akış değerleri genellikle sentetik yöntemle hesaplanır.

I. Birikimli yağış, infiltrasyon yöntemi:

Toplam yüzey akışının tahmininde kullanılan en basit yöntem birimi li yağış ve birikimli infiltrasyon değerlerinin zamana göre grafiklendirilmesidir. Şekil (8.14).



Şekil 8.14. Birikimli yağış ve birikimli infiltrasyon eğrilerinin yüzey akış hacminin bulunmasında kullanılması.

Bu amaçla yörede proje dönegelim aralığında gelen çeşitli yağış süreleri ve bu sürelerde beklenilen yağış miktarları (mm) ve infiltrasyon verileri (mm) birikimli (kümülatif) olarak grafik kağıdına işlenir. Maksimum

yüzey akış yüksekliği kümülatif yağış ve infiltrasyon arasındaki en büyük farka karşılık olan değerdir. Bu da eğri üzerinde dI/dT nin infiltrasyon hızına, yani iki eğrinin eğimlerinin eşit olduğu noktada olur. Buradan toplam yüzey akış hacmi aşağıdaki eşitlikle hesabedilir:

$$V = 100\ A\ (I - F)\ maksimum$$

Eşitlikte:

V = Toplam yüzey akış hacmi (m^3)

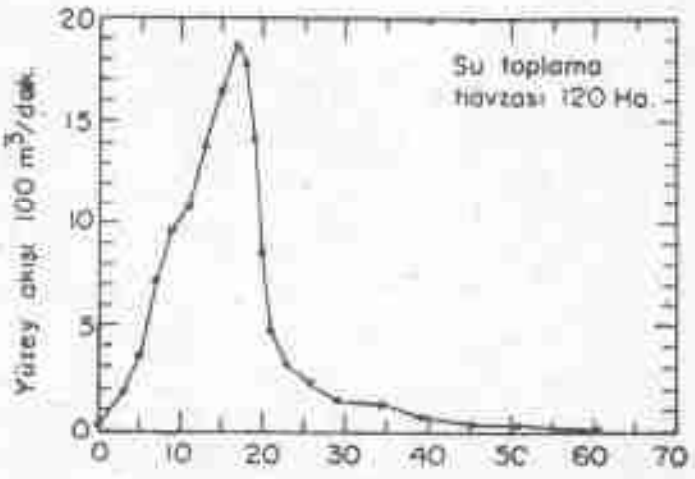
A = Havza alanı (ha)

I = Birikimli yağış (cm)

F = Birikimli infiltrasyon (cm)

2. Yüzey Akış Hidrograflarının Hazırlanması:

Hidrograf yüzey akış debilerinin, zamana göre grafikler veya cetveller halinde değerlendirilip ifade edilmesidir. Şekil (8.15) de 120 hektarlık bir tarımsal havzanın yüzey akış hidrografı görülmektedir. Bu akım, 30 dakika sürede düşen 43 mm lik yağış sonunda ortaya çıkmıştır.

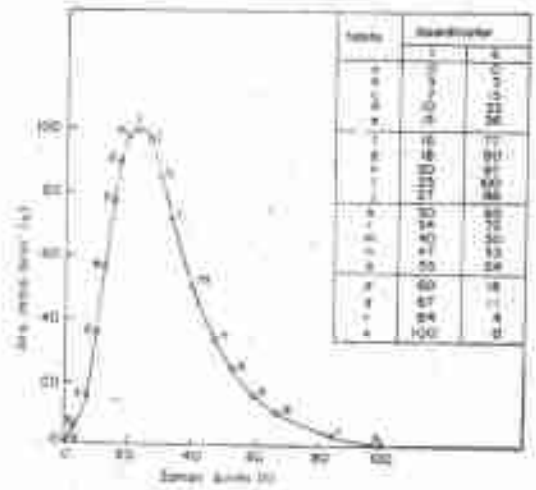


Şekil 8.15. Yüzey akış hidrografı.

Temel Hidrograf:

Ziraat mühendisinin çalıştığı küçük tarımsal havzalarda, hidrograf geliştirmesi için gerekli yüzey akış verileri genel olarak mevcut değildir. Böyle havzalar için proje yüzey akış hidrograflarının elde edilmesinde temel

hidrograf yöntemi kullanılır. (Şekil 8.16) de verilen temel hidrograf, çoğu havzada kullanılabilecek bir biçime sahiptir. Temel hidrograf, rastgele seçilmiş 100 akış birimi ve 100 zaman biriminin grafik kağıdına işlenmesi ile elde edilir.



Şekil 8.16. Temel yüzey akış hidrografı.

Temel hidrograftan, proje hidrografının elde edilmesinde; kabul edilen proje dönegelim aralığında beklenen maksimum akış debisi ve akım hacminin tahmin edilmesi gereklidir. Maksimum akış ve akım hacmi bulunduktan sonra, proje hidrografı (u), (W) ve (k) çevirme faktörlerinin kullanılmasıyla temel hidrograftan elde edilebilir. (u) faktörü toplam yüzey akım hacminin, temel hidrograf eğrisi altındaki alana oranıdır. Temel hidrograf altındaki alan 3300 birim kare alandır. Şu halde toplam akım hacmi (V) olan proje yağışı için temel hidrograf altındaki her birim kare alanın değeri:

$$U = \frac{V}{3300} \text{ dür.}$$

(W) faktörü, maksimum proje yüzey akış debisinin (Q) temel hidrograftaki maksimum akış debisine (100 birim) oranıdır. Temel hidrograftaki her akış debisi biriminin, proje hidrografındaki değeri

$$W = \frac{Q}{100} \text{ dür.}$$

(k) faktörü, temel hidrograf üzerinde her bir zaman biriminin, proje hidrografında temsil ettiği değerdir. Proje hidrografında maksimum akış

debisinin 1/100 ü x yüzey akış süresinin 1/100 ü aynen temel hidrografta olduğu gibi, akım hacminin 1/3300 ine eşit olmalıdır.

W = 1/100 x Proje maksimum akış debisi olduğundan,

k = 1/100 x Proje yağış süresi,

u = 1/3300 x proje akım hacmi olmalıdır.

Buradan;

$$Wk = u$$

veya

$$k = u/W \text{ dir.}$$

Genel olarak yüzey akış debisi (m^3/dak), akım hacmi (m^3) ve zaman da (dakika) ile ifade edilir. Proje hidrografının koordinatları, yüzey akışı temel hidrografının ordinatının (W) ve apsisinin de (k) faktörleri ile çarpılması ile bulunur.

Örnek:

Herhangi bir havzada 50 yıl yağış dönegelim (tekerrür) aralığına karşılık olan ve klasik yöntemlerle hesaplanmış olan maksimum yüzey akışı 369 m^3/dakika ve taşkın hacmi 39100 m^3 tür. 50 yıl dönegelim aralığı için proje yüzey akış hidrografını çiziniz.

Yanıt:

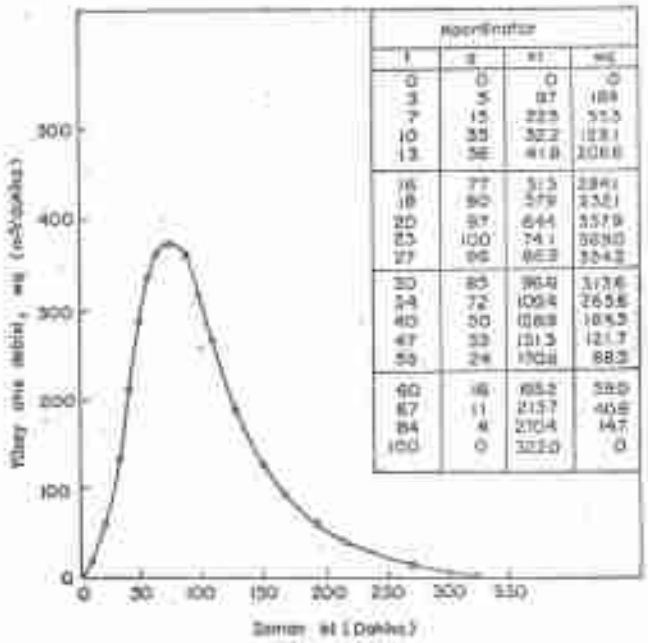
Önce çevirme faktörlerini hesap edelim:

$$u = \frac{V}{3300} = \frac{39100}{3300} = 11.9 \text{ m}^3\text{/birim}$$

$$W = \frac{Q}{100} = \frac{369}{100} = 3.69 \text{ m}^3\text{/dakika/birim}$$

$$k = \frac{u}{W} = \frac{11.9}{3.69} = 3.22 \text{ dakika/birim}$$

Şekil 8.17 de verilen temel yüzey akış hidrografının koordinatları (q) ve (t) nin sırasıyla (W) ve (k) faktörleri ile çarpılmasıyla proje yüzey akış hidrografının koordinatları bulunur. Hesaplanan koordinatların grafik kağıdına işlenmesiyle proje yüzey akış hidrografı elde edilir (Şekil 8.17).



Şekil 8.17. Temel hidrograf yöntemi ile geliştirilen proje hidrografı.

4. Nehir ve Irmak Akışlarının Ölçülmesi:

Nehirlerin ve ırmakların günlük debilerinin uzun bir dönemi kapsayan kayıtları bunların sularından yararlanma ve taşkından korunma çalışmalarının ekonomik bir biçimde planlanmasında esastır. Nehirlerde herhangi bir en kesitte hız dağılımının günlük olarak ölçülmesiyle debinin tayini masraflıdır. Bu bakımdan günlük akış kayıtlarının sağlanmasında başka yöntemlere başvurulması gerekir.

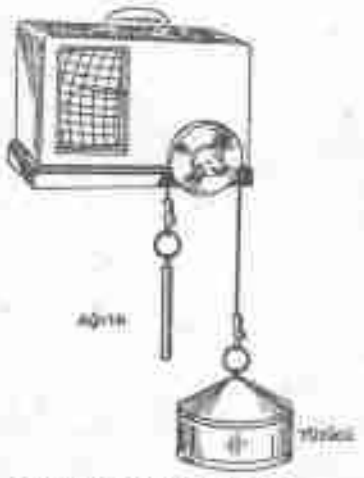
Bu amaçla, nehir yatağının kararlı olduğu kesimde bir kontrol kesiti seçilir. Kontrol kesitinin genel olarak akarsu yatağının eğiminin değiştiği noktalarda olması istenir. Bu kontrol kesitlerinin bulunduğu yerlere Akım Gözlem İstasyonu denir. Ulaşım da gözönüne alınarak akım gözlem istasyonları genel olarak nehirin herhangi bir havzadan çıktığı noktaya en yakın su yapıları (köprüler gibi) yakınında seçilir.

Akım gözlem istasyonlarında, nehir su yüzeyinin seviyesi, seçilen herhangi bir kıyas (sıfır) düzlemine göre tayin edilir. Kıyas düzlemine göre günlük nehir su yüzeyinin ölçülmesinde genel olarak adi eşeller (Şekil 8.18) veya kaydedici eşeller (Şekil 8.19) kullanılır. Kaydedici eşeller su seviyesini

bir grafik kağıdı üzerine devamlı olarak kaydederler. Eşellerde saptanan su seviyeleri ve bunlara karşılık olan akış debisi arasındaki ilişki, nehir akışının açık bir şekilde değiştiği zamanlarda pervanelerle yapılan hız ölçmeleri ile saptanır. Bu şekilde nehir seviyesi ve buna karşılık olan akış debilerinin grafik kağıdına işlenmesiyle elde edilen eğrilere AKIŞ ANAHTAR eğrileri denir.



Şekil 8.18. Adi eşeller.



Şekil 8.19. Kaydedici eşeller.

Gözlem istasyonunda nehir yatağı kararlı olduğu takdirde akış anahtar eğrileri çok az değişir. Bu nedenle pervanelerle hız ölçmelerinin sık sık yapılmasına gerek yoktur. Buna karşılık kararlı olmayan nehir yataklarında eğriler sürekli olarak değişir. Bu bakımdan, sağlıklı bir akış anahtar eğrisinin sağlanması için, hız ölçmelerinin birkaç günde bir yapılması gerekir.

Gözlem istasyonlarında eşellerde okunan günlük su seviyelerine karşılık olan nehir debileri akış anahtar eğrilerinden okunur.

Ülkemizde enerji kaynaklarının saptanması ve enerji üretimine elverişli olanlar için gerekli projelerin düzenlenmesi, planlanması ve öncelik sıralarının saptanması ile görevlendirilmiş bulunan kuruluşlardan birisi Elektrik İşleri Etüd İdaresi'dir.

Akarsularımız üzerinde kurulmuş ve kurulmakta olan çeşitli Hidro-Elektrik ve sulama tesislerine ilişkin projelerin hazırlanmasında, bu kuruluş tarafından tesis edilmiş ülke çapındaki bir gözlem şebekesinden elde edilmiş olan hidrolojik gözlem verilerinden geniş çapta yararlanılmaktadır.

E.İ.E.İ. gözlem istasyonlarından elde edilen bilgileri, ilgililerin yararlanmasına sunmak üzere "Yıllık Akım Neticeleri" adlı bir bülten çıkarmaktadır. Bu bültende her bir istasyon yıl içindeki gözlem süreleri boyunca akım değerleri, yüre, yağış alanı, yükseltisi, gözlem süresi, en çok-en az ortalama akımlar, akış anahtar eğrisinin özellik seviyelerine karşılık olan akımlar, günlük akım değerleri, aylık toplam, Km² ye düşen akım değerleriyle yağış alanı için hesaplanan akım yüksekliğine karşılık olan değerler (h) verilmektedir.

Bu bilgilerden bazılarının elde ediliş şekilleri ve neyi belirttikleri şöyle özetlenebilir:

Yağış Alanı:

1/200 000 ölçekli haritadan çıkarılmıştır. Bu alan Dekar, Ha veya Km² olarak belirtilir.

Ortalama Akımlar:

Kaydedilen günlük ortalama seviyelere karşılık olan akımların aylık ve yıllık ortalamalarıdır.

Azami ve Asgari Akımlar:

Kaydedilen eşel okumalarının veya yazıcı ölçek kayıtlarının en azına karşılık olan akım minimum en çoğuna karşılık olan akım da maksimum akımdır. Ölçü birimi cm yükseklik veya buna karşılık olan akımdır.

Günlük Akımlar:

Günlük ortalama su seviyelerine karşılık olan akımlardır.

Aylık Toplam Akım:

Günlük ortalama seviyelere karşılık olan akımlar gözönüne alınarak, hesaplanan aylık toplam su miktarlarıdır.

Aylık Enyüksek Akım:

Günlük eşel okumalarının veya yazıcı ölçek kayıtlarının en çoğuna karşılık olan akımdır.

Aylık Endüşük Akım:

Günlük eşel okumalarının veya yazıcı ölçek kayıtlarının en azına karşılık olan akımlar.

Km² ye Düşen Akım:

Yıllık ortalama akım miktarının yağış alanında bölünmesiyle elde edilen değerlerdir.

Akım Su Yüksekliği Olarak Belirtilmesi:

Yıllık toplam akım hacminin yağış alanına bölünmesiyle elde edilen su yüksekliğidir. Akım m³, yağış alanı dekar olarak alındığında sonuç mm olarak çıkar.

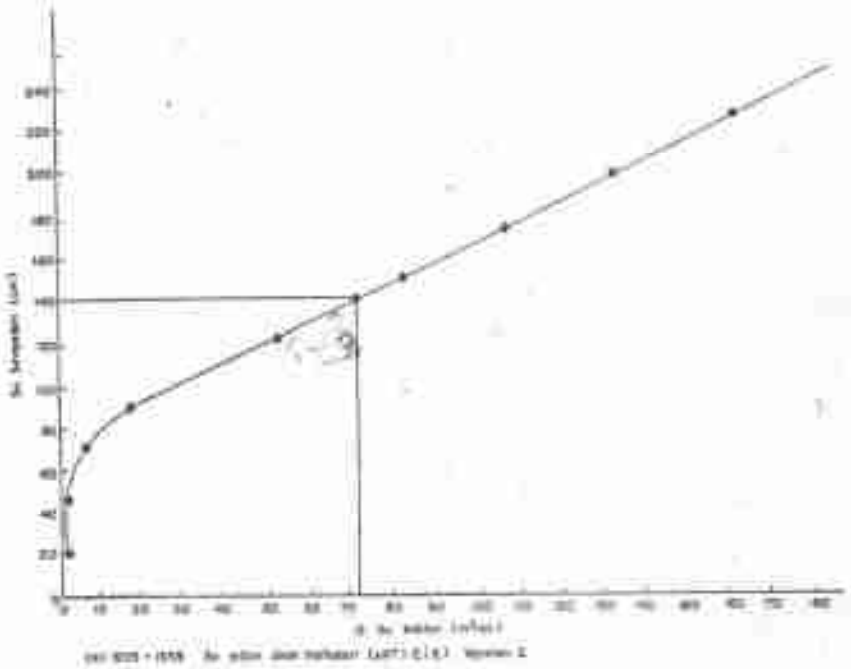
Cetvel (8.6) de Dulaman Çayı akış anahtar eğrisinin çizilmesinde kullanılan değerler verilmiştir.

Cetvel 8.6. Dulaman Çayı akış anahtar eğrisinin çizilmesinde kullanılan değerler.

Seviyeler cm	Akımlar m³/s
25	1.60
50	2.80
75	7.60
100	26.40
125	54.10
150	81.40
175	108.60
200	135.20
225	161.70
250	188.00

Şekil (8.20) de ise Cetvel (8.3) deki değerlere göre düzenlenmiş olan Dulaman Çayı akış anahtarı eğrisi görülmektedir.

26 Haziran 1953 de çayda ölçülen su seviyesi 141 cm dir. Bu değere karşılık olan ve grafikten bulunan akış miktarı ise 71.5 mm/s dir. 141 cm lik su seviyesi grafikteki ordinat ekseni üzerinden bulunur. Buradan apsis eksenine çizilen paralelin akış anahtar eğrisini kestiği noktadan apsis eksenine inilen dikmenin ekseni kestiği nokta aranılan akış miktarını verir ki bu da 71.5 m³/s dir.



Şekil 8.20. Dalaman Çayı akış anahtar eğrisi.

4.6. Yeraltı Suları

Bu bölümde yeraltı sularının kaynağı ve oluşumu, yeraltı su haznesi, aküfer çeşitleri, yeraltı sularının hareketi ve hidroliği ile ilgili konular kısaca gözden geçirilmiştir.

1. Yeraltı Sularının Niteliği:

Yeraltı sularının çok büyük bir bölümünün kaynağı meteoriktir. Yani başlangıcı atmosfer olup, infiltrasyon ve perkolasyon olayları ile yeraltına erişmektedir. Yeraltında bulunan öbür sular şunlardır:

1) İç su: Jeolojik zamanlarda katmanların oluşması sırasında, kayalar arasında hapsedilmiş sudur. Bu su genel olarak çok az miktarlarda ve çoğu kez kullanılmayacak niteliktedir.

2) Mağmatik su: Mağma veya erişmiş kayalarda bulunan sudur. Bu su volkanik işlemlerle yeryüzüne yakın yerlere kadar erişebilir.

Yer kabuğunu oluşturan kayalar, çok az durumda gözeneksizdirler. Kayalar içinde sayısız boşluklar vardır. Bu boşlukların büyüklüğü bazı kayalarda yeraltı mağaralarından, toprak taneleri arasındaki çok küçük göze-

neklere kadar değişir. Gözenekler genel olarak, aşağıya doğru sızan suyun hareketine izin verir. Yeraltı sularının varlığı ve durumu büyük ölçüde sözkonusu alanın jeolojik yapısına bağlıdır. Yeraltı sularının incelenmesine geçilmezden önce bazı ana kavramların tanımlanmasında yarar vardır.

Akifer: Kuyular veya kaynakları beslemeye yeter su taşıyabilen jeolojik katmanlardır.

Akiklüd: Normal koşullar altında içinde yeter miktarda su bulunan, fakat bu suyu pompaja elverişli bir hızla hareket ettiremeyen jeolojik katmanlardır.

Porozite: Herhangi bir toprak ya da katmanda varolan, boşluk (gözenek) hacminin toplam hacme oranıdır. Bir katman veya toprak örneğinin porozitesi toplam katman hacminin yüzdesi olarak belirtilir.

Herhangi bir katmanın tüm gözenek hacmi su ile dolu ise katmana doymuş katman denir. Yeraltı suyu temini bakımından granüler tortul depozitlerin önemi büyüktür.

Bu depozitlerde porozite, bireysel tanelerin biçim ve düzenine büyüklük dağılışına, sıkışma ve çimentolaşma derecesine bağlıdır. Yukarıdaki etmenler ve malzemenin tipine bağlı olaraktan porozite sıfıra yakın bir değerden % 50 nin üzerine kadar değişebilir.

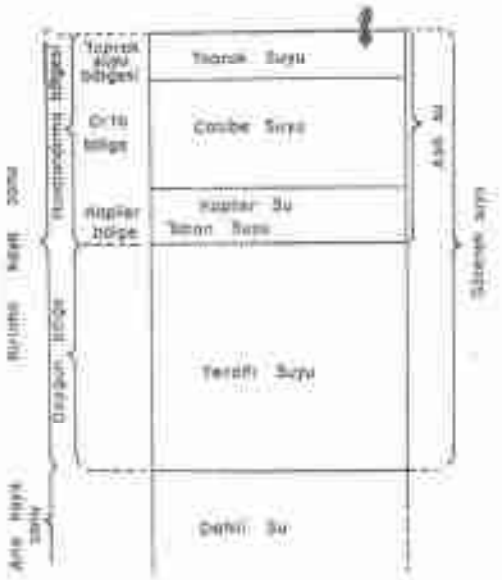
Özel verim: Doymuş haldeki su taşıyıcı katmanın (akifer) yerçekimi eğrisi altında verebileceği su miktarı olup, toplam malzeme hacminin yüzdesi olarak belirtilir.

Özel su tutma: Su taşıyıcı katman içerisinde, yerçekimine karşı tutulabilen su hacmi olup, toplam katman hacminin yüzdesi olarak belirtilir. Doymuş bir katmanda yerçekimi etkisi altında alınabilen ve katmanda tutulabilen su miktarı toplamının poroziteye eşit olduğu düşünülürse; su taşıyıcı katmanlarda özel verim, akifer porozitesinin bir parçasını oluşturur. Değeri katmanı oluşturan tane büyüklüğüne, biçimine gözeneklerin dağılığına ve katmanın sıkışma durumuna göre değişir. Kum için özel verim % 30 a kadar çıkabilir; fakat alüvyal akiferlerin çoğunda bu değer % 10-20 arasındadır.

2. Yeraltı su rezervi (haznesi):

Litosferin ana kaya üzerindeki bölümü, yeraltı sularının bulunuşuna göre, doygun ve havalandırma bölgesi olmak üzere ikiye ayrılır (Şekil 8.21). Doygun bölgede, katmanların gözenekleri hidrostatik basınç altındaki su ile tamamen dolmuş durumdadır. Havalandırma bölgesinde ise, boşlukların

bir bölümü su ile doludur. Bu bölgede gözeneklerde hem su ve hem hava bulunur.



Şekil 8.21. Yeraltı sularının sınıflandırılması.

a) Havalandırma bölgesi:

Havalandırma bölgesinde bulunan suya azalı su (vadose su) denir. Bu bölge, suyun bulunuşu ve hareketine göre üç alt bölgeye ayrılır:

1) Toprak suyu bölgesi: Litosferin hemen yüzey altındaki bölgesi olup, burada bulunan suyun önemli bir bölümü, bitkilerden terleme ve buharlaşma yolu ile atmosfere geçer. Bölgenin kalınlığı; toprak tipi ve örtü koşullarına göre büyük bir değişme gösterir. Bu bölgedeki suya toprak suyu denir. Bitkilerin yararlandıkları su, bu bölgedeki sudur.

2) Orta bölge: Toprak suyu bölgesi ile kapilar bölge arasında kalan bölümdür. Burada bulunan su; ya yerçekimi ile doygun bölgeye inmekte olan su, ya da kapilar boşluklarda tutulan sudur.

Orta bölge her zaman olmayabilir. Eğer kapilar bölge toprak yüzüne kadar erişiyorsa, doygun bölgedeki su buharlaşma ve kapilaritenin ortak etkisiyle kaybolur. Eğer taban suyu toprak yüzüne herhangi bir yolla erişirse kaynaklar veya su birikintilerini oluşturur.

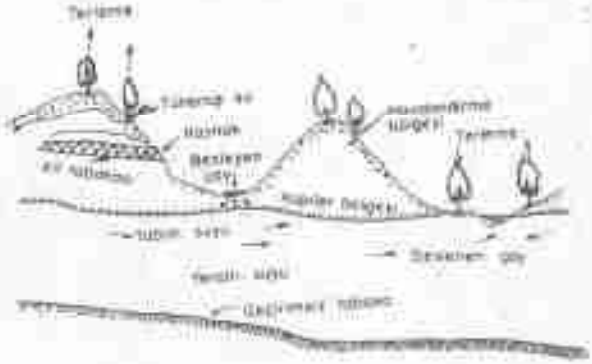
3) Kapilar bölge: Bu bölge doygun bölgenin hemen üzerinde olup, kapilar boşlukları tamamen veya kısmen dolduran su yeraltı suyu ile bağlantılıdır.

b) Doygun bölge:

Kapilar bölgenin hemen altında bulunan bu bölge ana kayaya kadar uzanmakta olup, katmandaki bütün boşluklar su ile doludur. Uygulamada yeraltı suyu olarak adlandırılan su, bu bölgedeki sudur. Doygun bölgede, yeraltı suyunun üst yüzüne taban suyu denir.

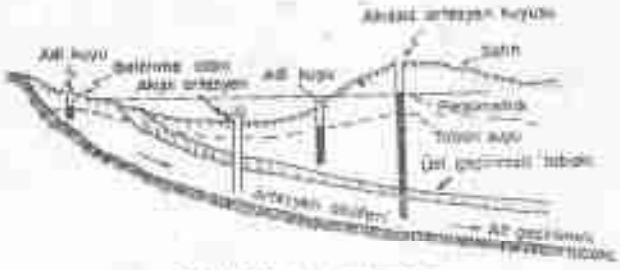
3. Aküfer Çeşitleri:

Su seviyelerinin aldığı duruma göre aküferler artezyen (basınçlı, sıkışmış) ve serbest (basınçsız) olmak üzere ikiye ayrılırlar. Eğer bir aküfer üstten, su geçirmez bir katman ile sınırlanır ve aküferi delen kuyudaki su seviyesi, üst su geçirmez katman tabanı üzerinde yükselirse (Şekil 8.22) böyle



Şekil 8.22. Yeraltı suyunun bulunuşunu gösterir şematik kesit.

bir aküfere artezyen aküfer denir. Artezyen aküferdeki kuyu su seviyelerinin birleştirilmesiyle elde edilen yüzeye, piezometrik yüzey denir. Piezometrik yüzey, serbest aküferdeki taban suyu seviyesine denktir. Başka bir aküfer çeşidi de tünemiş su aküferdir (Şekil 8.23). Yöresel su geçirmez ta-



Şekil 8.23. Aküfer çeşitleri.

bakalar üzerindeki aküferler olup, yeraltı sularından yararlanma yönünden önemli değildirler. Bir aküferi oluşturan çeşitli tabakaların (volkanik, tor-

tül ve metamorfik) su taşıma özellikleri farklı olduğundan; yeraltı su çalışmalarında, tabakaların hidrolojik özelliklerinin iyice incelenmesinin önemi büyüktür.

4. Yeraltı Sularının Hareketi:

Yeraltı suları doğal durumda sürekli bir hareket halindedir. Bu hareket, belirli hidrolik ilkeler içinde olur. Yeraltı mağaralarını içeren karstik tabakalar ve kayalar içerisindeki büyük çatlaklar sözdışı edilirse, yeraltı sularının akışı genel olarak laminar akıştır. Bu hareket, yerçekiminin etkisi altında taban suyu eğimini izler ya da artezyen basıncı ile olur. Darcy yasası ve süreklilik denklemlerinden yararlanılarak yeraltı sularının genel akış denklemi çıkartılabilir.

1) Darcy yasası:

Bir Fransız hidrolik mühendisi olan Darcy, suyun doymuş izotropik topraklar içerisindeki hareketini inceleyerek suyun akış hızını amprik bir denklemle göstermiştir.

$$V = K \frac{h}{l}$$

Denklemin vektör biçimi:

$$\vec{V} = K. \text{ grad. } h = K. \triangle h$$

Diferansiyel biçimi:

$$V = K \frac{dh}{ds} \text{ dır.}$$

Eşitlikteki h/L ve $\frac{dh}{ds}$ oranlarının her birisi hidrolik eğimi göstermektedir. V ve K sırasıyla suyun akış hızı ve permeabilite katsayısıdır.

Darcy denklemine göre; suyun doymuş bir poroz ortamdaki akışının hızı, yükseklik kayıbı ile doğru, akış uzunluğu ile ters orantılıdır. Yeraltı sularının hareketi ve kuyu hidroliğine ilişkin problemlerin analiz ve çözümleri Darcy'den sonra başlamıştır.

Darcy yasasının gerçekliği bir deney ile gösterilebilir. Eğimli ve kesit alanı A olan, içi kum dolu bir silindirde akan suyun debisi Q, silindir üzerindeki piezometre delikleri arasındaki uzunluk L olsun (Şekil 8.24). Herhangi bir kıyas düzlemi üzerindeki toplam enerji yüksekliği Bernoulli denklemiyle şöyle ifade edilebilir.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_{z_1}}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + h_L$$

P = Basınç

γ = Suyun özgül ağırlığı

V = Akış hızı

z = Kıyas düzlemine olan yükseklik

h_L = Yük (yükseklik) kaybı

g = Yerçekimi ivmesi

Poroz ortamlarda, suyun akış hızı düşük olduğundan enerji denklemlerindeki kinetik enerji terimleri ihmal edilerek denklem şöyle düzenlenebilir:

$$hL = \left(\frac{P_1}{\gamma} + z_1 \right) - \left(\frac{P_2}{\gamma} + z_2 \right)$$

Akış sırasında ortaya çıkan yükseklik kaybı h_L suyun birim ağırlığına karşılık gelen enerji kaybı olup, kum silindir içindeki potansiyel kaybı olarak tanımlanabilir. Bu aynı zamanda, suyun yüksek piezometrik yükseklikten, alçak piezometrik yüksekliğe akarken sürtünme ile ısıya çevrilen akış enerjisidir. Yeraltısuları herzaman yüksek piezometrik yükseklikten, alçak piezometrik yüksekliğe doğru akarlar. Darcy'nin ölçmeleri şu ilişkinin varlığını göstermiştir:

$$Q \sim h_L \text{ ve } Q \sim \frac{1}{L}$$

Bir oranti sabiti eklenince akış denklemi şu biçime girer:

$$Q = K.A. \frac{h}{L}$$

Denklemin daha genel biçimi:

$$Q = K.A. \frac{dh}{dL} \text{ dir.}$$

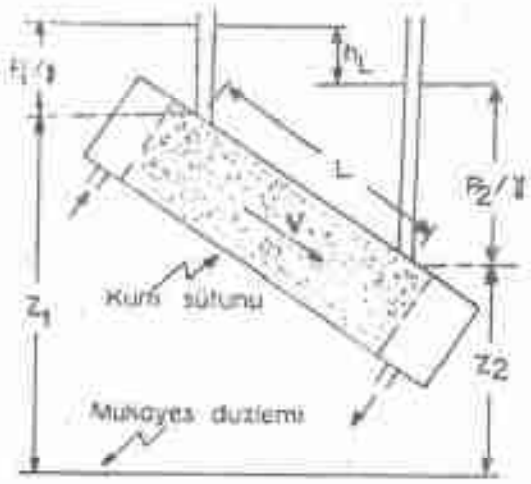
Denklemin her iki yanı akış kesiti alanı (A) ile bölünerek:

$$V = \frac{Q}{A} = K. \frac{dh}{dL} \text{ hız denklemi elde edilir.}$$

Bu denklem Darcy yasasının ifadesidir. Bu denkleme göre doygun tabakalardan akan suyun hızı; permeabilite K ile hidrolik eğim $\frac{dh}{dL}$ nin çar-

şimine eşittir. Buradaki hız görünen bir hız olup; debinin suyun aktığı poroz ortamın tüm alanına bölünmesi ile bulunmuştur.

Darcy yasası bazen denklemin önünde bir eksi işaretiyle gösterilir. Bunun nedeni akışın, azalan yükseklik doğrultusunda olduğunu göstermektedir. Burada belirtilmesi gereken en önemli nokta, yeraltı sularının hidrolik eğimin etkisi altında aktığıdır. Çoğu durumlarda Darcy yasasının ifadesi, akışın yüksek basınçtan alçak basınca doğru olduğu biçimde yanlış olarak yorumlanmaktadır. Yatay akışlar, ($z_1 = z_2$) için bu yorumlama doğrudur. Fakat eğimli akışlarda su gerçekte yüksek basınca doğru akmaktadır (Şekil 8.24).



Şekil 8.24. Bir kum sütununda basınç dağılışı ve yükseklik kaybı.

2) Geçirgenlik (Permeabilite) ve İletkenlik:

Yeraltı sularının kapilar boşluklarda, düşey olarak derinlere sızması, bir hidrolik eğim doğurmakta ve bu eğim de tabakalar içerisindeki yatay hareketi meydana getirmektedir. Herhangi bir tabakanın, içerisinde bulunan suyu iletme kapasitesi geçirgenlik ile ölçülür. Darcy Denkleminde:

$$K = \frac{Q}{A \cdot \frac{dh}{dL}}$$

bulunur.

Denklemin boyut formundan:

$$K = \frac{L^3/T}{L^2 L/L} = \frac{L}{T} \text{ dir.}$$

L = Uzunluk

T = Zaman

Denklem geçirgenlik boyutunun hız boyutu (L/T) olduğunu göstermektedir. Su taşıyıcı tabakaların, doyma durumuna geldiği zaman, içerisinde bulunan suyu iletme yeteneği olarak tanımlanan geçirgenlik (permeabilite) birim akış alanından birim hidrolik eğim altında birim zamanda akan su miktarıdır.

Yeraltı su çalışmalarında geçirgenlik, 1 m/1 km hidrolik yük altında bir metre kare alandan bir günde akan, metreküp su miktarı olarak gösterilir. Tabakaların geçirgenliği bireysel tanelerin büyüklüğü ve durumuna bağlıdır. Düzgün çakılın geçirgenliği kaba kuma göre daha yüksektir. Bununla birlikte olağan oranda orta ve ince malzeme içeren çakılın geçirgenliği kaba kumdan daha düşüktür. Kaba malzemede bulunan orta ve ince malzeme daha büyük taneler arasındaki boşlukları doldurduğundan, geçirgenliğin azalmasına neden olur.

Geçirgenlik yerine Theis tarafından ileri sürülen iletkenlik katsayısı yeraltı su hidroliğinde çok kullanılan bir değerdir. İletkenlik katsayısı birim genişlikteki aküfer kanalığından, % 100 hidrolik yük altında, günde akan su miktarı olarak tarif edilir.

Geçirgenlik ile aküfer derinliğinin çarpımı iletkenlik katsayısını verir.

3) Yeraltı sularının akış hızı:

Yeraltı sularının akışı, aküferin geçirgenliği ve hidrolik eğiminin etkisi altındadır. Akış hızları genel olarak geniş sınırlar içinde değişir. Arazi denemelerinde günde 30 metreden daha büyük hızlar elde edilmiştir. Yeraltı sularının akış hızı genel olarak yılda iki metre ile günde iki metre arasındadır. Kuşkusuz olarak akış koşullarının akış etmenlerinin etkisi altında olduğu durumlarda (pompaj kuyuları, drenaj tesisleri) ortaya çıkan eğimli taban suyu ya da piezometrik eğim yüksek akış hızı meydana getirebilirler.

5. Kuyuların Hidroliği:

Uygulamada çoğu kez, su temini ya da drenaj açısından kuyularla ilgili bazı tahminler yapmak problemiyle karşılaşılır. Yanıtlanması istenen noktalar arasında şunlar sayılabilir:

1. Kuyudan beklenilen güvenilir verim.

2. Seviye alçalması ve güç gereksinimi

3. Kuyu statik seviyesinin zamanla değişimi

4. Kuyuların birbirine olan karşılıklı etkileri

5. Drenaj kuyularının taban suyuna etkisi.

Kuyular su kaynağı ve drenaj aracı olmaktan başka, yeraltı araştırmalarında; tabakaların geçirgenliklerinin ve depolama katsayılarının bulunmasında önemlidir. Bundan başka, beslenme ve kanallardan sızma gibi araştırmalarda da kullanılırlar.

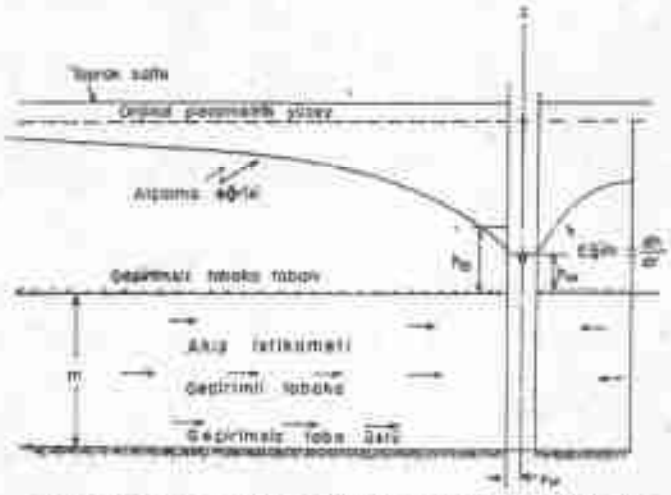
Kuyuların hidroliği kuramı, doğada var olmayan idealleştirilmiş koşullara dayanır. Bu bakımdan böyle bir kuram, her ne kadar kuyuların etkilerini anlamakta yararlı ise de, elde edilen kantitatif sonuçların varolan koşullara göre düzeltilmesi gerekir. Buna karşılık kuyu hidroliği kuramı uygulamada genel olarak karşılayabilecek problemleri tahmin bakımından, yeter derecede güvenilir durumdadır.

İdealleştirilen koşullardan doğada sapma gösteren noktaların bazıları şunlardır: Aküfer yatağının yatay olmaması, izotrop olmayan tabakalar, aküfer kalınlığının düzgün olmaması ve beslenmeyi de içeren düzgün ololmayan akış durumudur.

Herhangi bir kuyuda pompaj yapıldığı zaman alınan su kuyu çerçevesinde tabakalardan gelir. Ve aküferin tipine bağlı olaraktan, kuyu çevresinde taban suyu ya da piezometrik, yüzeyin şekli tersine çevrilmiş bir koni biçimini alır. Koninin tepesi suyun alındığı noktaya karşılık olur. Bu koniye alçalma konisi denir. Alçalma konisinin herhangi bir noktasındaki seviye düşmesi alçalmayı verir. Alçalmanın büyüklüğü: pompajın hız ve devamı, iletkenlik ve depolama katsayısı, düşen taban suyu seviyesinin ortaya çıkardığı beslenme, yeraltı su havzasının sınırları ve pompaj yerinden olan uzaklığa bağlıdır. Herhangi bir kuyudaki alçalma eğrisi, kuyudan başlayarak yatay doğrultuda alçalmada ortaya çıkan değişmeyi gösterir.

1) Artezyen aküferde kuyulara olan düzgün radial akış.

Artezyen aküferi tamamen delen bir kuyuya olan radial akış formülünün çıkarılmasında; homojen, izotropik ve dairesel bir aküfer'in merkezinde bulunan bir kuyuya doğru olan akışın, iki boyutu olduğu varsayılır. Akış her yerde yatay ve düşey kesitte daima düzgündür. Ayrıca akış hızı hidrolik eğimin tanjantı ile doğru orantılıdır. Kuyu sistemin merkezinde (Şekil 8.25) olacak şekilde polar koordinatların kullanılması ile bir r uzak-



Şekil 8.25. Artezyen akiferde kuyuya olan düzgün radial akış.

liğından kuyuya gelen Q akış debisi, süreklilik denklemi ve Darcy yasasından yararlanılarak gösterilebilir:

$$Q = A.V = 2 \pi r m K \frac{dh}{dr}$$

Denklemin terimleri tekrar düzenlenip kuyunun verilen sınır koşullarına göre integralinin alınması ile:

$$\int Q \frac{dr}{r} = \int 2 \pi m k \, dh$$

$$Q \, Ln \, r \Big]_{r_w}^{r_0} = 2 \pi m K h \Big]_{h_w}^{h_0}$$

$$Q \, Ln \frac{r_0}{r_w} = 2 \pi m K (h_0 - h_w)$$

$$Q = 2 \pi m K \frac{(h_0 - h_w)}{Ln \left(\frac{r_0}{r_w} \right)} \text{ elde edilir.}$$

Denklemde de:

Q = Kuyuya gelen akış debisi,

m = Artezyen akiferin kalınlığı,

K = Aküfer permeabilitesi,

h_o = Uzaklıktaki piezometrik yükseklik,

h_w = Kuyudaki piezometrik yükseklik,

r_w = Kuyu yarı çapı,

r_o = Etki yarıçapı.

Artezyen aküferde akış eğrisel olmadığından, denklem hemen kuyu çevresinde bile geçerlidir. Daha genel olarak, çok geniş bir artezyen aküferini delen kuyuda r için bir sınır olmadığından denklemi şöyle yazmak olasıdır:

$$Q = 2 \pi m K \frac{(h_o - h_w)}{Ln \left(\frac{r_o}{r_w} \right)}$$

Bu denklem ilk kez 1863 senesinde Dupuit tarafından önerilmiş ve sonra da 1906 yılında Thiem tarafından değiştirilmiştir. Denklem denge veya Thiem eşitliği olarak bilinir ve pompaj yöntemi ile aküfer permeabilitesinin bulunmasında kullanılır. Varsayılan sınırlayıcı koşullara karşın Thiem eşitliği yeraltı su problemlerine geniş ölçüde uygulanabilir.

2) Serbest aküferde kuyulara olan düzgün radial akış:

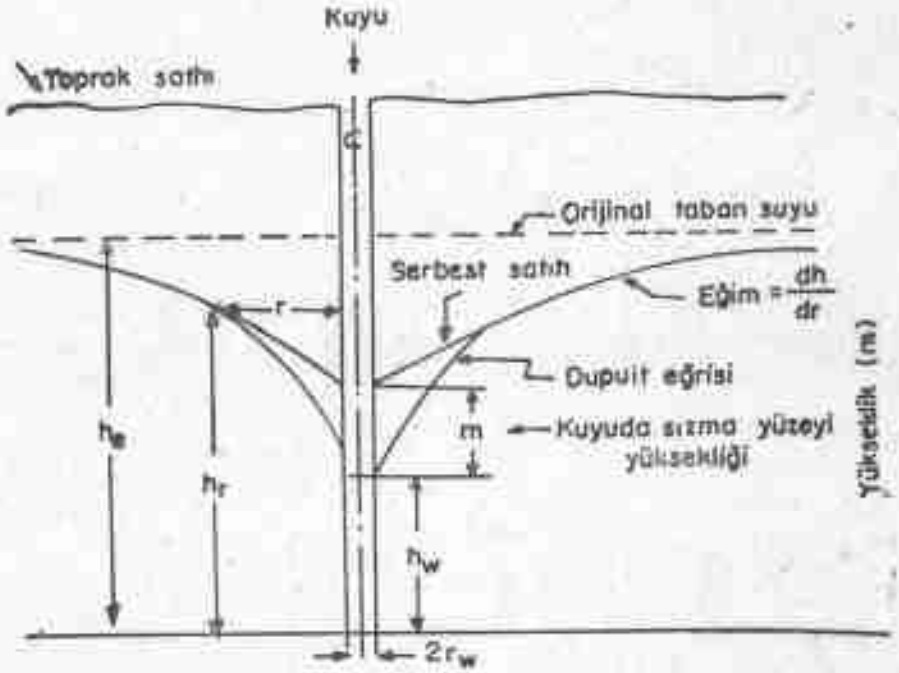
Serbest su aküferinde kuyulara olan düzgün radial akışa ilişkin formül de daha önce yapılan varsayımlar yardımı ile çıkarılabilir. Şekil (8.26) de görüldüğü gibi, kuyu aküferi tamamen delmekte ve sabit yükseklikte konsantrik sınırlar tarafından çevrelenmektedir. r yarıçapındaki silindirik bir yüzeyden kuyuya olan Q akışı devamlılık denklemi ve Darcy yasasından yararlanılarak şöyle gösterilebilir:

$$Q = 2 \pi r h K \frac{dh}{dr}$$

Denklem terimlerin tekrar düzenlenmesi ve verilen sınır koşullarına göre integralinin alınması ile aşağıdaki biçime girer.

$$\int_{r_w}^{r_o} Q \frac{dr}{r} = \int_{h_w}^{h_o} 2 \pi K h \, dh$$

$$Q \, Ln \, r \Big]_{r_w}^{r_o} = \pi K h^2 \Big]_{h_w}^{h_o}$$



Şekil 8.26. Serbest akiferde kuyuya olan düzgün radial akış.

$$Q \, Ln \left(\frac{r_e}{r_w} \right) = \pi \, K \, (h^2_e - h^2_w)$$

$$Q = \frac{\pi \, K(h^2_e - h^2_w)}{Ln \left(\frac{r_e}{r_w} \right)}$$

Q = Kuyuya olan akışın debisi,

K = Aküfer Permeabilitesi,

h_e = Statik yükseklik veya statik su seviyesinden su geçirmez tabakaya olan düşey uzaklık,

h_w = Pompaj su seviyesinden kuyu tabanına olan düşey uzaklık,

$h_e - h_w$ = Pompaj nedeniyle ortaya çıkan su seviyesi alçalması,

r_e = Etki yarıçapı,

r_w = Kuyu yarıçapıdır.

Bu denklemin kullanılmasında unutulmaması gereken en önemli nokta, taban suyu kuyuya doğru çekildikçe, akışın eğriselliğinin ihmal edilmiş olmasıdır. Bu bakımdan denklem kuyu çevresinde uygulanmamalıdır. Denklem kuyu çevresinde sapma göstermesine karşın etki yarıçapı yeter derecede büyük alınırsa, uygulamada genel olarak doğru sonuç verir.

Denklemin incelenmesinden anlaşılacağı gibi kuyuların verimi akifer permeabilitesi K ile doğru, Ln $\left(\frac{r_e}{r_w}\right)$ ile ters orantılıdır. Bu bakımdan kuyulardan alınacak verimi bir bakıma akifer özelliği belirler. Kuyularda maksimum verim almak için akiferin mümkün olduğu kadar kaba malzemeden oluşması, silt ve kil gibi ince malzemeden yoksun olması gerekir. Bu nokta göz önünde tutularak kuyular açılırken, varolan en iyi akiferin bulunması ve akışın ince kumdan yoksun ve filtrede fazla sürtünmeye neden olunmadan kuyuya akıtılmasına özen gösterilmelidir.

Burada önemle durulması gereken bir başka nokta da kuyuların çapıdır. Uygulamada, kuyu çapının artırılmasının verimi doğrudan artırdığına ilişkin bir kanı vardır. Bu kanı hem kuramsal hem pratik açıdan yanlıştır. Uygulamada kuyu çapının artırılması ile kuyu veriminde ortaya çıkan artış, çap artışı ile aynı oranda değildir.

Bu nokta, denklemdeki Ln $\left(\frac{r_e}{r_w}\right)$ teriminin incelenmesi ile kolayca görülebilir. Kuyu yarıçapının artırılması ile yukarıdaki terimin ve sonuç olarak da kuyu veriminin değişmesi çok az olur. Örneğin 30 cm çapındaki bir kuyunun çapının iki katına çıkarılması ile elde edilecek verim artışı % 10-25 dolayında olur. Kuyuların açılmasında bu nokta gözönünde bulundurulmalıdır.

Kuyu akiferin tüm derinliğini katediyorsa, kuyunun kapasitesi alçalma ve diğer koşullar aynı kaldığı takdirde, akifer derinliği ile doğru orantılıdır. Başka bir deyişle kuyu derinliği arttıkça belirli bir alçalmaya düşen kuyu verimi artar. Uygulamada kuyu açılırken, genel olarak, bu nokta da gözden kaçmaktadır. Özellikle su taşıyıcı tabakaların kalın olduğu durumlarda maliyet açısından kuyu derinliği sınırlandırılmaktadır. Her ne kadar kuyu derinliğinin artırılması, yapım giderlerini artırırsa da bu nokta ileride işletme giderlerinde meydana gelecek düşme ile rahatça karşılanır.

Denklem terimleri şöyle düzenlenebilir:

$$Q = K \pi \frac{(h_e + h_w)(h_e - h_w)}{\text{Ln} \left(\frac{r_e}{r_w}\right)}$$

Eğer herhangi bir kuyuda h_o ve h_w nin değerleri birbirine yakınsa (özellikle derin aküferlerde durum böyledir) denklem aşağıdaki şekle sokulabilir:

$$Q = \frac{2 \pi K h_w (h_o - h_w)}{Ln \left(\frac{r_o}{r_w} \right)}$$

Bu denklemin incelenmesinden kuyu veriminin, kuyuda pompaj sırasındaki su derinliği ile orantılı olduğu görülür. Denklemde, kuyu veriminin $(h_o - h_w)$ alçalma ile orantılı olduğu görülmektedir. Fakat eşitliğin bu şekle sokuluşundaki koşuldan anlaşılacağı gibi bu durum ancak $(h_o - h_w)$ alçalmanın kuyudaki su derinliğine (h_w) göre küçük olduğu durumlar için geçerlidir. Eğer alçalma büyük ise kuyunun verim artışı, alçalmadaki artış kadar çabuk olmaz. Bu durumda, verim ve alçalma arasındaki ilişki doğru değil, bir eğridir. Başka bir deyişle verimdeki artış hızı, kuyu su seviyesinin alçalma hızından daha az olur.

Yüzlek tabakalardaki kuyularda alçalmanın artması, kuyuya su veren tabaka derinliğini azaltır ve sonuçta alçalmadaki artışla ortaya çıkan verim artışı, toplam alçalma arttıkça azalır. Başka bir deyişle eğer kuyudaki su derinliği az ise birim alçalmaya düşen verim (özel kapasite) alçalma arttıkça düşer.

Artezyen aküferlerde ise alçalma artezyen basıncından az olduğu sürece, kuyu verimi alçalma ile doğru orantılıdır.

Alçalmayı artırmakla kuyu veriminin artırılmasının düşünüldüğü durumlarda artan alçalmanın ortaya çıkaracağı giderler iyice incelenmelidir.

3) Kuyulara dengesiz yeraltı su akışı:

Bir kuyuda pompaj yapıldığı zaman, kuyu çevresindeki taban suyu seviyesi düşer. Taban suyu seviyesindeki düşüş birden olmadıkça bir depolama kaybına neden olur. Bu durum serbest aküferlerde, daha önce doygun halde bulunan tabakaların suyunun alınması; artezyen aküferlerde ise azalan basıncın ortaya çıkardığı sıkışma sonucu depolanmış suyun serbest bırakılması biçiminde kendini gösterir. Bu koşul altındaki denge analizi, permeabiliteyi olduğundan fazla gösterdiğinden, kuyu potansiyel veriminin olduğundan yüksek tahmin edilmesine yolaçar. Yeraltı su hidroliğinin matematiksel kuramı, denge koşulunun tamamen erişildiği ve bu nedenle artık taban suyu seviyesinin düşmediği ilkesine dayanmaktadır. Pompaj ve dolayısıyla taban suyu seviyesinin sürekli olarak düşmekte olduğu durumlar gibi problemlerde, kabul edilen bu matematiksel teori, tam anlamı ile uy-

gulanamaz. Theis yaptığı bir çalışma ile denge koşuluna erişilmeden önce, yeraltı suların hareketine ilişkin matematiksel kuramın nitelik ve sonuçlarını incelemiş; zaman faktörü, özel verim veya depolama katsayısını içeren bir denklem çıkarmıştır. Theis'in yeraltı sularının akışı ve iletkenlerdeki ısı akımı arasındaki benzerlikten yararlanarak geliştirdiği eşitliği, Jacob hidrolik ilkelerini kullanarak çıkarmıştır.

Theis eşitliğinin son biçimi:

$$Zr = \frac{Q}{4 \pi T} \int_{u}^{\infty} \frac{e^{-u}}{u} du \text{ dir.}$$

Zr = Pompaj yapılan kuyudan r uzaklıkta bulunan gözlem kuyusundaki alçalma.

Q = Kuyuya olan akışın debisi

T = İletkenlik katsayısı

$$u = \frac{r^2 s}{4 T t}$$

S = Depolama katsayısı (aküferin birim alanından, taban suyu veya piezometrik yüzeyin birim miktar düşmesi ile alınan su miktarı).

t = Pompaj başladığı andan başlayarak geçen zamandır.

Denklemde kullanılan birim sistemine göre boyut düzgünlüğü sağlanmalıdır. Denklemdeki integral alt sınırın bir fonksiyonu olup, genel olarak W (u) biçiminde yazılır. W (u) terimine (u) nun kuyu fonksiyonu denir. W (u) nun değeri şu seriden bulunabilir.

$$W(u) = -0.5772 - \text{Ln } u + u - \frac{u^2}{2.2!} - \frac{u^3}{3.3!}$$

(u) nun küçük değerleri için yukarıdaki serinin yalnız ilk iki terimi önemlidir.

Uygulamada denklemin çözümü hem analitik ve hem de grafik yollarla gerçekleştirilebilir.

9. SULAMA SUYU SAĞLAMA

Sulama suyunun ana kaynağı yağışlardır. Yağışın bir bölümü yüzey akış'arı ile akarsuları, bir bölümü infiltrasyon olayı ile toprak yüzeyinden aşağılara sızarak yeraltı sularını ve kaynakları besler. Bu bakımdan, yağışın kullanılmayan bölümü yerüstü ya da yeraltı suları biçiminde sulama suyu sağlamada bir kaynak oluşturur.

Sulama projelerinin başarısı büyük ölçüde var olan su kaynağının yeterliliğine ve güvenirliğine bağlıdır. Bu bölümde yerüstü ve yeraltı sularından sulama suyu sağlamanın ilkeleri ve bu amaçla yapılan tesisler kısaca incelenecektir.

9.1. Sulama Yüzey Su Kaynaklarından Yararlanma

Sulama suyu sağlamada gözönünde bulundurulacak yüzey su kaynaklarının başlıcaları; membalar, sürekli akarsular ve göller, kış ve ilkbahar yüzey akış (taşkın) sularıdır. Bu kaynaklardan sulama ve öbür amaçlar için su sağlama birtakım mühendislik yapılarının yapılmasını gerektirir. Bu amaçla memba sularının geliştirilmesi ve toplanmasında kaptaj tesisleri, akış rejimi düzenli olan akarsuların üzerinde bağlamalar (regülatörler) rejimleri düzensiz akarsular veya taşkın sularının depolanmasında ve daha sonra kullanılmasında depolama baraj veya bentleri yapılır.

Bu bölümde yüzey su kaynaklarından sulama suyu sağlama amacı ile yapılan yapılar kısaca açıklanacak, daha sonra da tarımsal havzalarda toprak ve su koruma, taşkın kontrolu ve su sağlama yönünden ziraat mühendisini yakından ilgilendiren küçük gölet ve bentlerin projeleme ilkeleri üzerinde durulacaktır.

1. Kaptaj Yapıları:

Membalar yeraltı sularının bir toprak yüzüne çıkan bölümünü oluştururlar. Membalar gerek köy ve kent içme suculuğunda ve gerekse küçük sulamalar için üzerinde önemle durulması gereken su kaynaklarıdır. Kaptaj yapıları kaynağın toprak yüzüne çıktığı yerlerde yapılır. Bu amaçla önce

kaynağın çevresi iyice temizlendikten sonra, suyun çıktığı damarlar gözle görülecek biçimde açılır. Sonra kaynak sularının toplanması amacı ile yapılan yapıya kaptaj denir. Kaptaj yapısının yapılmasında kaynak üzerindeki toprak, kum ve çakıl iyice kaldırılır. Memba mümkün olduğu kadar geçirimsiz tabakaya kadar açılır. Eğer kaynak doğal çatlaklardan çıkıyor ise, bu çatlaklar tamamiyle ortaya çıkıncaya kadar temizleme işlemi sürdürülür. Eğer membada su tabandan kaynıyor ise, membanın etrafı su sızdırmaz bir duvarla çevrilir.

Kaptaj yapılarının duvarları taş ya da betondan yapılabilir. Her iki durumda da inşaatta gözönünde bulundurulacak en önemli nokta duvarların su geçirmezliklerinin sağlanmasıdır.

Kaynak yamaçta ise, bu durumda yamaç tarafındaki duvarda delikler açılır. Duvar ile kaynağın bulunduğu yamaç arasındaki boşluk iri çakılla doldurulur.

Herhangi bir alanda, birbirlerine çok yakın birden fazla kaynak bulunuyorsa bunların her birisi üzerinde ayrı ayrı kaptaj yapılır ve sonra ortak bir su toplama havuzuna getirilir.

Memba suları kaptaj yapısına akarken beraberinde kum ve daha ince malzeme de sürükleyebilir. Bu nedenle suyun taşıma sistemine alınması, herzaman temizlenebilecek nitelikte bir çökeltme havuzu yolu ile olmalıdır. Kaptaj yapıları memba da verim kontrolunu mümkün kılacak eşellerle donatılmalıdır.

2. Bağlamalar ve Su Alma Yapıları

Bağlamalar ve su alma yapıları rejimi oldukça düzgün olan akarsularda su seviyesini yükseltmek ve bu yolla suyu sulu tarım arazisine ileten taşıma kanallarına vermek amacı ile yapılan yapılardır. Bağlamalar genel olarak uçlarında ya da yukarı su taraflarında su alma yapıları bulunan alçak baraj ve bentlerdir. Bazı durumlarda hem suyu yükseltme ve hem de depolama amacıyla yüksek barajlar halinde de inşa edilebilirler. Bağlamalar aynı zamanda, akarsuyun taşırılmayan ve yukarı su tarafında depolanamayan bölümünü akıtacak savak ve kapaklarla donatılır. Bu savaklar ve kapaklar akarsuyun maksimum taşkın zamanlarındaki suyunu geçirebilecek kapasitede projelenmelidir.

Bağlamalar ve su alma yapılarına bazan taşırma yapıları da denir. Suyu taşıma kanalına veren su alma yapıları, taşırma işlemini düzenleyici kontrol kapakları ve ölçme yapıları ile donatılmalıdır.

Yerçekimi sulama sistemleri üzerindeki saptırma yapıları, sulu tarım arazisinin üst sınırına yakın olarak yapılmalıdır. Böylece suyun şebekeye en az masrafla verilmesi sağlanmış olur. Genel olarak küçük sulama projelerinde akarsuyun sağ ve sol kıyılarına su veren bir saptırma yapısı yeterlidir. Geniş bir alan kaplayan sulama projelerinde ise, iki ya da daha fazla saptırma yapısına gereksinim duyulabilir.

Genel olarak saptırma yapıları, topoğrafik ve jeolojik koşulların elverişli ve suyun istenilen seviyeye yükseltilebileceği yerlerde yapılmalıdır.

Bağlamalar küçük akarsular üzerinde yapılan alçak ve ucuz ahşap savaklardan başlayarak, büyük nehirler üzerinde yapılan yüksek ve pahalı beton yapılara kadar çeşitli tiplerde yapılabilirler. Bağlamalar tomruk, kereste, kaya dolgu, toprak dolgu, kagir, beton ve betonarme yapılar biçiminde inşa edilebilirler. Son yıllarda yapılan sulama sistemlerinde daha çok beton saptırma yapıları kullanılmaktadır.

Tomruk, kereste ve kaya dolgu bağlamalar daha çok küçük akarsular üzerinde yapılırlar. Bunların yapım giderleri ucuz olmakla birlikte beton yapılara göre daha sık ve fazla tamir ve bakıma gereksinim gösterirler.

3. Depolama Barajlar:

Depolama baraj ve bentleri, akarsu rejiminin yaz aylarındaki su gereksinimini karşılayamadığı durumlarda yapılırlar. Depolama barajları çoğu durumlarda çok amaçlı olarak yapılırlar. Depolanan sudan içme, kullanma ve sulama suyu sağlamada ve enerji üretiminde yararlanıldığı gibi taşkın ve sulama suyu sağlamada ve enerji üretiminde yararlanıldığı gibi taşkın kontrolunda da hizmet ederler. Bu tip barajların yukarı su taraflarında kış ve ilkbahar yüzey akışlarının depolandığı bir rezervuar bulunur. Depolama barajlarının bazıları fazla yağışlı yıllardaki suları, daha sonraki yıllarda olabilecek kurak yıllarda kullanılabilecek biçimde ek bir hacme sahiptirler.

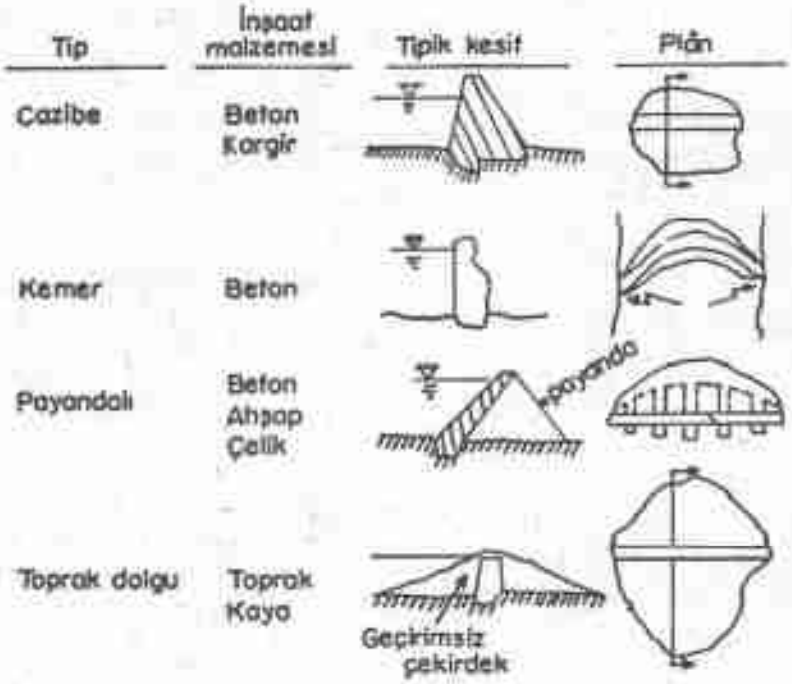
Depolama barajları genel olarak, sulu tarım arazisinin üst sınırında ve nehir yatağının depolamaya elverişli bir yerinde inşa edilir. Nehir yatağının depolamaya elverişli olmadığı durumlarda ise, barajlar nehir yatağı dışında yeterli depolama kapasitesinin temin edilebileceği bir yörede inşa edilir. Bu durumda baraj gölü nehirden gelen besleyici kanallarla doldurulur.

Depolama barajları, yörede beklenen maksimum taşkın sularını barajın aşağı su tarafına güvenle iletebilecek kapasitede taşkın savakları ile donatılmalıdır. Bu tip barajlarda depolanan suyun istenilen miktarlarda alınmasını sağlayacak dip savakları bulunur.

Depolama yüksek barajları, ana işlevleri sulama suyu sağlama bile olsa, hidroelektrik enerji üretiminde de kullanılırlar.

Depolama barajlarının planlanmasındaki teknik problemlerin çoğu saptırma yapılarındakine benzer ise de, burada fazla su yükü söz konusu olduğundan problemler daha karmaşıktır.

Depolama barajları kullanılan yapı malzemesine göre beton, betonarme, toprak dolgu, kaya dolgu veya çeşitli malzemeden oluşan yapılar olabilirler. Tiplerine göre de yerçekimi, kemer, payandalı ve dolgu olarak sınıflandırılabilirler (Şekil 9.1).



Şekil 9.1. Belli başlı baraj tipleri.

Depolama barajlarının en önemli problemlerinden birisi, göl hacminin sedimentlerle dolması sonucunda barajın hizmet ömrünün kısalmasıdır. Su toplama havzasında toprağın erozyona uğradığı vejetasyon örtüsünün yetersiz bulunduğu durumlarda bu sorun özellikle önemlidir. Göl hacminin sedimentle dolduğu durumlarda, sedimentlerin temizlenmesi çoğu durumda yeniden baraj inşa etmekten daha pahalıdır. Sulama projelerinin planlanmasında, barajın yararlı ömrü saptanırken sediment birikmesi gözönünde bulundurulur ve sediment birikmesini enaza indirecek tüm önlemler alınır.

4. Göletler:

Tarımda doğal yağışla karşılanamayan ürün su gereksiniminin ve işletme avlusundeki faaliyetler için gerekli olan suyun sağlanması çözümlenmesi gereken önemli bir sorundur. Uygun koşul altında göletler gereksinim duyulan suyun sağlanmasında uygun bir çözüm yolu olabilir. Göletler, bireysel arazi kullanma planlarına kolayca uydurularak aynı zamanda fazla suyun kontrolunda elverişli bir toprak koruma önlemi olarak da hizmet görürler.

Yer iyi bir şekilde seçilmiş, uygun şekilde projelenmiş ve inşa edilmiş bir göletten:

1) Sulama suyu sağlama,

2) İşletme avlusu ve hayvancılık çalışmaları için su sağlama,

3) Balık yetiştirilmesi, vb. alanlarda yararlanılabilir.

Göletlerin projeleme esasları temel malzemesinin niteliğine stabilitesine, geçirimsiz tabakaya olan derinliğine, geçirgenlik ve drenaj koşullarına, inşaat malzemesinin niteliğine ve varolma durumuna göre değişir. Göletlerde genel olarak; basit, çekirdekli ve diyaframlı olmak üzere üç tip dolgu kullanılır.

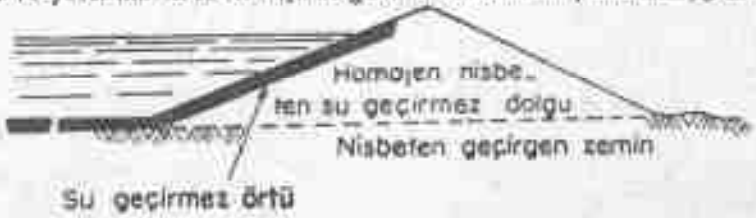
1) Basit dolgu tipi:

Bu bent genellikle homojen topraklarda yapılır. Dolgu su geçirmez zeminde açılan bir hendeğe oturtulur (Şekil 9.2). Temel zemini ve dolgu mal-



Şekil 9.2. Basit dolgu tipi.

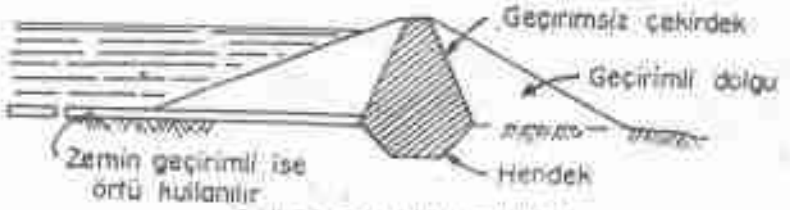
zemesi yeter derecede geçirimsiz değilse, gölet zemini ve dolgunun yukarı su tarafı (Şekil 9.3), geçirimsel bir örtü ile korunur. Bu tip dolgu şekli, alçak dolgularda ve yeter miktarda elverişli dolgu mad desibulunan yerlerde uygulanır.



Şekil 9.3. Basit dolgu tipi.

2) Çekirdekli toprak bent:

Bu tip bentte su geçirmez malzemeden oluşan bir çekirdek zemindeki geçirimsiz tabakadan başlayarak gölet proje su seviyesinin üstüne kadar uzanır. Bazı durumlarda bentin yukarı su yüzü koruyucu, geçirimsiz bir örtü ile kaplanır (Şekil 9.4). Bu tip bent yüksek kaliteli dolgu malzemesine gereksinim göstermez.



Şekil 9.4. Çekirdekli toprak bent.

3) Diyaframlı bent:

Bu tip bentlerde beton, çelik ve ahşap perdeler kullanılır. Amaç dolgu içerisinde olabilecek sızmayı önlemektir.

Amaca uygun bir göletin elde edilmesi için bazı ana ilkelere uyulmalıdır. Bu ilkeler şöyle özetlenebilir.

1. Gölet yerindeki topoğrafik koşullar ekonomik bir gölet yapımı için uygun olmalıdır. Maliyet gölet kretinin uzunluk ve yüksekliği ile doğru orantılıdır.

2. Yeter miktarda ve istenilen nitelikte su kaynağı bulunmalıdır.

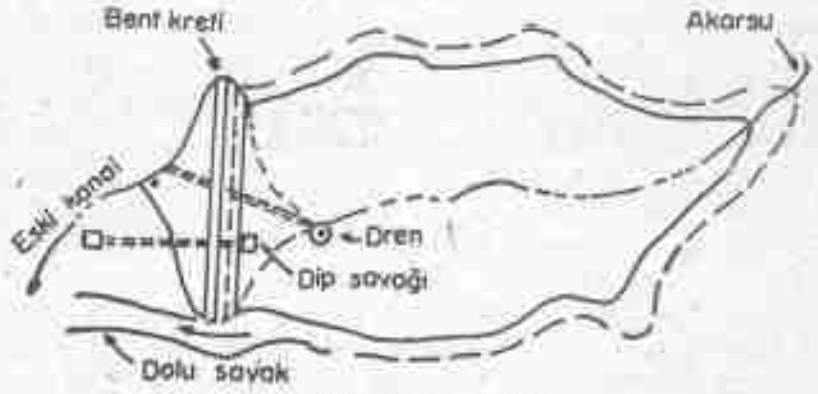
3. Stabil ve su geçirmez bir bent dolgusu için elverişli malzeme bulunmalıdır.

4. Göletlerde normal zamanlarda belirli bir su derinliğinin sağlanması ve taşkın sularının akıtılması amacı ile dip savağı ve güvenlik savakları bulunmalıdır.

5. Göletlerin su alma ağızları yakınında ve diğer, tehlikeli noktalarda, gerekli güvenlik önlemleri alınmalıdır.

6. Göletlerin yapımı sırasında bütün proje yönetmeliklerine uyulmalı ve göletin dalga etkisi, erozyon, hayvanlar, tarım alet ve makinaları ve dikkatsiz kullanmalara karşı korunması için yeterli bir bakım programı hazırlanmalıdır.

Gerek gölet yapısının güvenliği ve gerekse aşağılarda ortaya çıkabilecek zararların önlenmesi bakımından yukarıda özetlenen noktalara uyulmalıdır.



Şekil 9.5. Gölet ve tesisleri.

Uygulamada genel olarak kullanılan gölet çeşitleri şunlardır:

1. Kazı göleti:

Kazı göletleri toprak eğiminin % 4 den aşağı olduğu ve güvenilir yeraltı su seviyesinin toprak yüzünden 90-120 cm de bulunduğu yerlerde yapılır. Bu tip göletlerin projelenmesinde istenilen depo kapasitesi, taban suyu seviyesi doğa şev stabilitesi gözönünde bulundurulur.

2. Yüzey akışları ile beslenen göletler:

Bu tip göletler, yağışlar sonucunda ortaya çıkan yüzey akışları ile beslenir. Projelemede kullanılan depolama kapasitesi, gereksinime ve güvenilir yüzey akış miktarına göre hesap edilir. Gölet kapasitesinin bulunmasında birbirini izleyen kurak yıllardaki, yetersiz yüzey akışları da göz önünde bulundurulmalıdır.

3. Akarsular tarafından beslenen göletler:

Bu tip göletler, ya menba altında kazılmış havuzlar ya da menba altındaki doğal çöküntü üzerine yapılmış bir bentten oluşur.

4. Saptırma hendeği ile beslenen göletler:

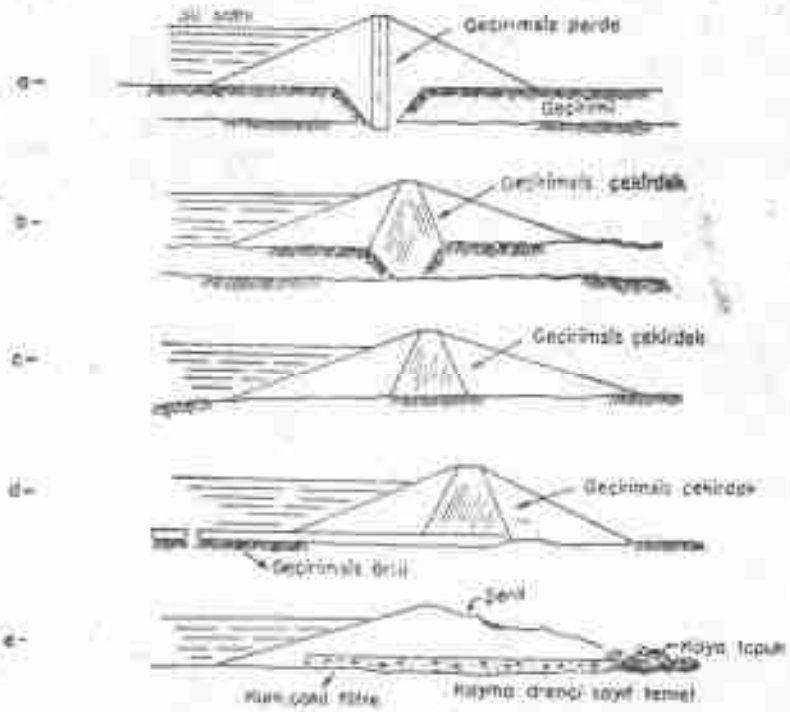
Bu tip göletler, sürekli bir akarsu kuyusunda yapılırlar. Su, akarsudan gölete bir saptırma hendeği ya da borusuyla alınır. Akarsudan gelen sedimentasyonun kontrolü için, gölet giriş ağzında, kontrol yapıları sağlanmalıdır.

Göletlerin Projelenmesi:

Bent ve seddelerin projelenmesinde inşaat yeri ve yanındaki malzemenin en ekonomik olarak kullanılması gözönünde bulundurulmalıdır. Örneğin inşaat yerinde uygun çekirdek malzemesi yok ise, böyle durumlarda, taşıma

giderleri çekirdek yerine beton ya da çelik bir diyaframın kullanılması seçeneği ile karşılaştırılmalıdır.

Bent kesitlerinin projelenmesi, hem temel koşulların ve hem de varolan dolgu malzemesine bağlıdır. Eğer inşaat yerinde su geçirmez tabakaya olan uzaklık çok fazla değil ve yörede çekirdek malzemesi varsa, Şekil (9.6 a) da gösterilen, kesit biçimi kullanılabilir. Eğer su geçirmez bir temel varsa, dolgu ve çekirdeğin temele iyice kaynaşması için, önlem alındığı durumda Şekil (9.6 b-c) de gösterilen biçim kullanılabilir. Şekil (9.6 d) de gösterilen çekirdek ve koruyucu örtüden oluşan kesit temelden derin geçirgen tabaka bulunduğu durumda özellikle elverişlidir. Kesme dayanımı düşük temel koşullarında daha geniş yükleme alanı ve iyi bir temel drenajı sağlayan kesit, Şekil (9.6 e) de gösterilmiştir. Özel koşullarda hem diyafram ve hem de çekirdekten yararlanan ve öbür yapı özelliklerine sahip kesitler projelenebilir.



Şekil 9.6. Toprak bentlerde kesit tipleri.

Optimum sıkışma ve su tutma kapasitesi sağlamak için % 70-90 granülometrisi iyi kum % 25 plastik kil, iyi bir granülometri için yeter silt içeren topraklar istenir.

Yüksek şişme ve büzülme karakteristiklerine sahip ve granülometrisi kötü olan toprakların kullanılma zorunluğu olduğu durumda bunlar bent ve seddelerin aşağı su kısımlarının iç taraflarında kullanılmalıdır. Bu arada organik topraklar dolguda hiç bir şekilde kullanılmamalıdır.

Şev eğimleri ve kret genişliği:

Toprak bentlerin şev eğimleri, bent yüksekliğine, temel toprağının kesme dayanımına ve su altında kalma süresine bağlıdır.

Kret yüksekliği 10 m den az olan toprak bentlerde, şev eğimleri yukarı su tarafında 1/3 den, aşağı su tarafında ise 1/2 den daha dik olmamalıdır. Granülometrisi iyi topraklar dolgu maddesi olarak kullanılır ve sıkıştırılmalarında özen gösterilirse, her iki tarafta 1/2 eğim kullanılabilir. Sıkışma yeteneği düşük kaba topraklarda stabilite sağlamak için, bazan 1/3, 1/4 şev eğimi kullanmak zorunlu olabilir.

Yüksekliği 10 m yi geçen toprak bentlerde, hem yukarı su ve hem de aşağı su eğimlerinin yatay kesme dayanımları iyi analiz edilmelidir. Yüksekliği 10 m yi aşan bentlerde aşağı su tarafında erozyon önemli bir sorun olabilir. Böyle durumlarda eğim doğrultusuna dik olarak yapılacak 2-3 m genişlikteki, (berm) basamaklar iyi bir önlem olabilir.

Kret genişliği:

Toprak dolgu bentleri kret genişliği, bentin yüksekliği ve kullanılma amacına bağlıdır. Yüksekliği 4-5 m ye kadar olan bentlerin en az kret genişliği 2.80 m. olmalıdır. Eğer kret yol olarak kullanılacaksa, bu genişlik en az 3.5 m olmalıdır. Yoldaki yüzey akışlarının bent yamaçlarında erozyon yapmaması sağlanmalıdır. Yüksekliği 5 m nin üzerine çıkan bentlerin kret genişliğinin tayini için birçok ampirik formül geliştirilmiştir. Bunlardan Amerika Arazi Islahı Dairesinin küçük bentleri için kullandığı formül, göletler için de salık verilebilir:

$$b = \frac{H}{5} + 3$$

b = Kret genişliği (m)

H = Kret yüksekliği (m)

Hava Payı: Hava payı dolgu kreti ile gölet su seviyesi arasındaki yükseklik farkıdır, maksimum su seviyesi ile kret arasındaki kot farkına minimum hava payı, normal su seviyesi ile kret arasındaki kot farkına da "Normal hava payı" denir.

Normal hava payı, çekirdeğin don ve kuruma etkisi ile geçirimlileşmiş kısmından sızıntı sularının geçmesine engel olacak ve rüzgâr etkisi ile ortaya çıkacak dalgaların aşmasını önleyecek büyüklükte olmalıdır.

Yukarı su seviyinin korunması: Toprak dolgu göletlerde yukarı su seviyeleri dalga etkisine karşı korunmalıdır. Yukarı su yüzünün korunması için kullanılan birçok korunma tipleri vardır. Kuru olarak dökülmüş veya elle yerine yerleştirilmiş kaya riprap, beton kaplama, çelik kaplama, bitumlu kaplama, beton bloklar ve küçük önemsiz yapılarda ağaç dallarından oluşan bir kaplama kullanılabilir. Şev korunması kretten başlayıp minimum su seviyesinin altına kadar sürdürülmelidir.

Mansap şevinin korunması: Dolgunun aşağı su kısmı, kaya dolgu veya iri çakıldan oluşuyorsa hiç bir yüzey korunması gerekmez. Homojen veya dış bölgesi kum-çakıl olan göletlerin aşağı su şevleri rüzgara veya yağmur sularına karşı kaya, iri taş veya çayır örtü ile korunmalıdır.

Oturma: İnce tabakalar halinde dökülen, optimum nem de sıkıştırılan ve sağlam zemine oturtulan topraklar yüksekliğinin % 5 inden daha fazla oturmazlar. Derin plastik zeminlerde ise oturma kret yüksekliğinin % 6 sına kadar çıkabilir. Küçük göletlerin kret dolgularının sıkıştırılması büyük bentler kadar özenle yapılmadıklarından bentler proje yüksekliklerinden % 10 kadar yüksek yapılırlar.

Gölet yapımının ekonomik yönden elverişli olabilmesi için zeminin aşağıda belirtilen özelliklere sahip olması istenir.

1. Zemin üzerine gelen sedde yükünü büyük ölçüde oturma meydana getirmeden taşıyabilmelidir.
2. Sedde ve gölet zemini yeter derecede geçirimsiz olmalıdır.
3. Gölet yerinde ya da hemen çevresinde sedde yapımına uygun toprak bulunmalıdır.

Genel olarak yukarıda belirtilen birinci koşulun değerlendirilmesinde jeolojik etüd sonuçlarından yararlanılabilir. Eğer bu etüd sonuçları yeterli bir değerlendirmeye olanak vermiyorsa o durumda zeminden alınan örnekler üzerinde malzemenin konsolidasyon karakteristikleri ve kesme dayanımının tayini amacıyla deneyler yapılır. Eğer gölet yerinde çöküntüler varsa bu durumda derinlere kadar inen zemin etüdlerinin yapılmasına gereksinim vardır.

Arazi çalışmaları çoğu kez gölet yerinin geçirgenliğine ilişkin yeterli bilgi verebilir. Eğer inceleme sonuçları istenilen güvenirlilikte bilgi sağlayamıyorsa, zemin malzemesinin geçirgenliği arazi veya laboratuvar denemeleri ile bulunmalıdır. Geçirgenlik, toprağın suyu gözenekler içerisinde

akıtma özelliğidir. Geçirgenliğin bilinmesiyle sedde içerisinde veya altından olabilecek sızma miktarı tayin edilebilir. Genellikle az geçirimli malzemede geçirgenlik 10^{-4} cm/da, geçirimsiz malzemede ise 10^{-8} cm/da sınırının altındadır.

Gölet yeri ya da çevresindeki toprağın dolguda kullanılıp kullanılamayacağı mekaniksel analiz sonucunda elde edilen granülometri eğrilerinin incelenmesiyle değerlendirilir. Granülometri eğrileri toprağın çakıl, kum, silt ve kil gibi fraksiyonlarının dağılış oranını gösteren eğrilerdir.

Killi malzemenin plastikliği ve rötresi yüksek, geçirgenliği ise düşüktür. Su ile doyduğu zaman kesme dayanımı büyük ölçüde düşer. Killi malzeme ile yapılan seddelerin geçirgenliği düşük buna karşılık stabilitesi çok zayıftır.

Kum ve çakıl oranı yüksek malzemenin kesme dayanımı yüksek, plastikliği ve rötresi düşük olmakla beraber geçirgenliği çok yüksektir. Yani bu tip malzeme ile yapılan seddenin stabilitesi yüksek buna karşılık geçirgenliği fazla olacaktır.

Öteyandan inşaat sırasında kontrol kolaylığı bakımından laboratuvarda zemin malzemesi üzerinde sıkıştırma deneylerinin yapılması istenir. Her bir toprak için sıkıştırılmış hacim ağırlığı sıkıştırma için sarfedilen sıkıştırma enerjisine bağlıdır. Belirli bir sıkıştırma enerjisi için, sıkıştırılmış toprağın hacim ağırlığı nem içeriğinin bir işlevidir. Laboratuvarda zemin malzemesi üzerinde yapılan sıkıştırma deneylerinin amacı, maksimum hacim ağırlığı ve buna karşılık olan optimum nem içeriği arasındaki ilişkinin saptanmasıdır. Çünkü genel olarak sıkıştırma şartnameleri maksimum yüzdesinin elde edilmesini şart koşar. Bu deneyler sonucunda, sedde inşasında kullanılacak ekipmanın sıkıştırma olanakları belirli olduğuna göre bu sıkıştırma enerjisi altında, kullanılacak dolgu malzemesinin gözenek hacmini enaza indirmek, seddenin geçirimsizliğini ve kesme dayanımını arttırmak için seddeye konulurken sahibolması gereken optimum nem içeriği bilinmiş olur.

Sızma:

Zemin ve dolgu malzemesinin karakteristikleri bent ve zemindeki sızma miktarlarına büyük ölçüde etki yapar. Su depolayan bütün toprak yapılarda bir sızma çizgisi oluşur. Bu sızma çizgisi esasında bir doyma çizgisidir. Sızma çizgisinin yapılardaki durumu:

1. Temel ve dolgu malzemesinin geçirgenliği
2. Gölet yerinde yeraltı sularının durumu ve akış miktarı
3. Bentteki çekirdek duvarı veya perdenin tip ya da biçimi

4. Yapının aşağı su tarafında sızıntıyı toplayan drenaj yapılarının yerine ve büyüklüğüne bağlıdır.

Özellikle büyük bentlerde, sızma çizgisinin aşağı su yamacını kestiği yerin bilinmesi yeter çekirdek, basamak (berm) ve topuk drenlerinin projelenmesi bakımından önemlidir. Gerek bent içinde ve gerekse bent altında olabilecek sızmanın kontrolunda en etkili yöntem granülometrisi iyi, sıkıştırılmış ve kıvamlı malzemeden oluşan ana kaya ve su geçirmez tabakadan gölet su seviyesi üzerine kadar uzanan bir çekirdeğin yapılmasıdır.

Çekirdek için yalıtım perdesinin enaz yüksekliği bent yüksekliğinin yarısı kadar olmalıdır. Orijinal toprak yüzü altındaki derinlik su geçirmez tabakanın derinliğine bağlıdır. Hendeğin şevleri 1 : 1 den daha az olmamalıdır. Yalıtım perdesi tam bir çekirdek duvarı olarak uzatıldığı takdirde üst genişliği enaz 1,2 m ve şevleri 1:1 /2 den daha dik olmamalıdır. İnşaat yerindeki çekirdek için iyi özellikli malzeme bulunmaz ve su geçirmez tabakaya olan uzaklık fazla olursa, yalıtım perdeleri çelik palplanj ve betonarme duvarları şeklinde yapılabilir.

Çekirdek ve perde duvarları, yapım güçlükleri nedeniyle pratik değillerse Şekil (9.3) deki ne benzer bir menba örtüsü kullanılabilir. Bu örtünün amacı bent altındaki sızma yolunu uzatmaktadır. Küçük bentlerde kullanılan menba örtüleri, bent topuğundan içeriye doğru göletteki su derinliğinin 8-10 katı uzatılmalıdır. Bent üstünde örtünün enaz kalınlığı 60 cm, topukta ise 1 m dolayında olmalıdır.

Göletlerin su geçirmezliğinin sağlanması: Bazan su tutmayan yerlerde gölet yapmak zorunluğu doğabilir. Böyle durumlarda tüm gölet alanında su geçirmez bir örtü sağlanması gerekir. Eğer gölet zeminindeki malzeme % 70 granülometrisi iyi kum, % 20 ila 25 kil ve iyi bir granülometri için yeterli milden oluşmakta ise su geçirmezlik zeminin 25-30 cm işlenip optimum nemde keçi ayağı ile maksimum yoğunluğa erişilinceye kadar sıkıştırılması ile sağlanabilir. Eğer gölet zemininde uygun toprak yoksa çevreden uygun toprak getirilip karıştırıldıktan sonra yayılmalı ve sıkıştırılmalıdır. Bu arada zeminin gölete depolanan su yüksekliğinden ileri gelen basınca dayanması önemlidir. Bu bakımdan su basıncının toprağı alttaki kaya tabakalarının boşluklarına zorlanmasını önlemek amacı ile, sıkıştırılmış zeminle kaya tabakası arasında yeter kalınlıkta bir tampon bölge sağlanmalıdır. Çoğu kez bu tampon toprak katı kalınlığının en az 60 cm olması yeterlidir. Yukarıda verilen granülometriye sahip topraklar, su basıncını taşıyabilecek yeter dayanımda olduğundan, tampon tabakanın kaya boşluklarına akmasını önler. Kil oranı yüksek topraklar üzerine gelen yükü karşılayabilecek dayanıma

sahip değillerdir. Yeter taşıma dayanımının sağlanması için yüksek killi topraklarda tampon tabaka daha kalın yapılmalıdır.

Elde elverişli malzemenin bulunması durumunda su geçirmezliğin sağlanması için toprak içerisine bentonit gibi şişme niteliği yüksek killer kullanılabilir. Bu malzeme toprak zerreleri arasındaki boşluklarda şişerek geçirgenliği düşürür.

Bentonitin kendi başına yük taşıma dayanımı zayıftır. Bu bakımdan % 10-15 kumu içeren toprakla birlikte kullanılmalıdır. Benconitin kullanma dozajı toprak koşullarına göre ayarlanmalıdır.

Drenaj:

Geçirimsiz toprak bentlerde, sızma çizgisi, çoğu kez mansap yamacında yükselerek stabilitesi zayıf doygun bir toprak durumu yaratır. Bu koşul altında bir topuk filtresi veya dren sisteminin yapımı sızma çizgisini dren seviyesine kadar düşürür. Filtre ve drenlerin kapasitesi, bent kesitinden geçen sızıntı akışının en az iki katı olmalıdır.

Dalgaya karşı koruma:

Göletlerin yukarı su tarafları sürekli akıntı ve dalga etkisine açık ise, aşınmaya dayanımlı riprap ya da enerji kırıcı tesislerle desteklenmelidir.

Riprap, elle yerleştirilen veya dökme taşlardan ya da çeşitli biçimde yapılmış beton bloklardan oluşabilir.

Dip savakları:

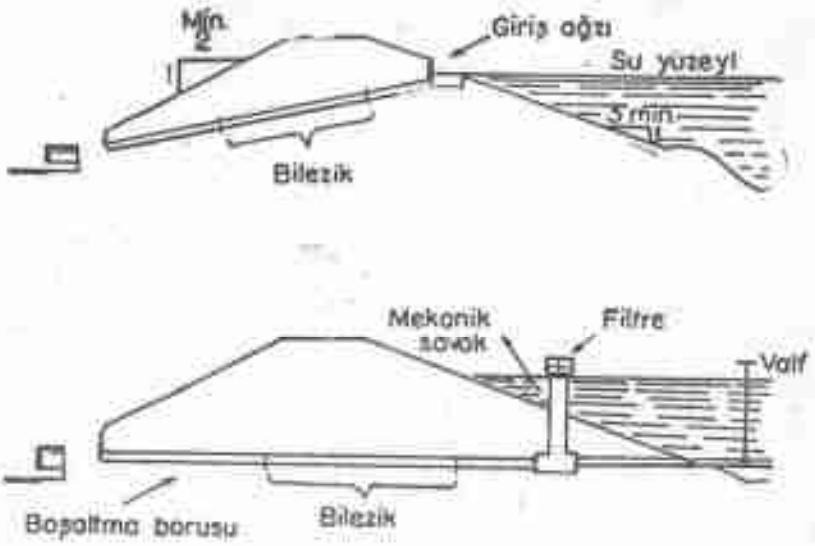
Göletlerin çoğu göl hacminin alamayacağı taşkın sularından çayırla kaplı dolu savakları ile korunurlar. Dolu savaklar sürekli olarak ıslak olurlarsa vejetasyonun korunması olası değildir. Bu bakımdan dolu savakların korunması ve gölet su seviyelerinin düzenlenmesi amacıyla dip savaklar kullanılır. Dip savaklarını giriş ağızları gölette istenen su seviyesinde yapılır.

Dip savakların yapımında uzun ömürlü, oturmaya, yüke ve darbelere karşı yeter dayanıklı olan her türlü malzeme kullanılabilir. Bent kesiti içerisinden geçen kısım, permeabilitesi düşük sağlam bir temel üzerine yerleştirilmelidir. Beton, dökme demir veya asbestli çimento gibi rijid borular kaya zemin üzerine döşendiği takdirde çap düzeyine kadar bir beton yatak sağlanmalıdır. Çelik veya saç gibi esnek borular sıkıştırılmış geçirimsiz toprak malzeme içerisine döşenebilirler.

Bent kesitini geçen bütün kısımlar, sıkıştırılmış yüksek nitelikli toprak malzeme ile örtülmelidir. Boruların geçtiği dolgu malzemesi düşük kaliteli

ise, beton ya da metal her doğrultuda asgari 60 cm uzayan sızma yakaları ile desteklenmelidir. Yakaların sayısı sızma çizgisi uzunluğunu % 20 artıracak kadar olmalıdır. Beton yapılar örtülmeden kalıplar sökülmelidir. Boru birleşme yerlerinin su geçirmezliği sağlanmalıdır. Birleşme yerlerinde beton veya harç kullanılması durumunda boruların örtülmesi ve sıkıştırma, betonun prizinden önce yapılmalıdır. Ağır kazı makinalarının çalışmasına izin verilmezden önce yapı yerinde en az 120 cm bir koruyucu örtü sağlanmalıdır.

Dip savakları aynı zamanda işletme gereksinimi için su sağlanması, temizleme, tamir vb. amaçlar için göleti boşaltabilen su alma tesisleri olarak da ödev yaparlar (Şekil 9.7). Dip savaklardaki tüm kapak ve vanalar su yüzeyi üzerinden kullanılabilecek şekilde düzenlenebilir. Giriş ağızlarında su tarafından sürüklenen dal vb. süprüntü malzemeyi tutan bir ızgara ve eşik yapılmalıdır.



Şekil 9.7. Göletlerde dip savak.

Çıkış ağızları ise bent topuğundan aşağıya ve oyuntulara mani olacak şekilde tertip edilmelidir.

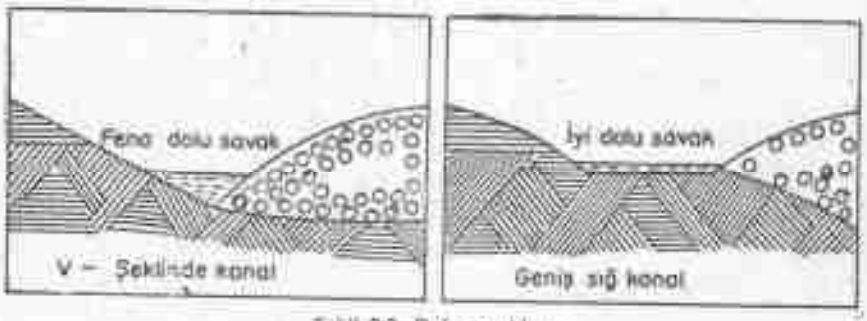
Dolu savaklar:

Göletler, göletin geçici depolama kapasitesi üzerindeki taşkın akışlarını güvenle taşıyabilecek bir ya da birkaç dolu savak ile donatılmalıdır.

Gölet alanı çevresinde doğal bir su yolu yoksa, bu amaçla bir veya birkaç trapez kesitli kanal açılmalıdır. Dolu savakların projelenmesinde ilk aşama göleı su toplama havzasından gelecek yüzey akışının bulunmasıdır. Bu tahminde, egemen eğim, toprak tipi, toprak örtüsünün çeşidi ve dağılışı, arazi kullanma biçimi, erozyon durumu gibi nitelikler, drenaj havzasının biçimi ve büyüklüğü gözönünde bulundurulur. Daha sonra havzada yağış kayıtları veya benzer koşullardaki yüzey akış hidrografları incelenir.

Doruk yüzey akışı bulunduktan sonra, savak formüllerinin kullanılması ve vejetasyonlu açık kanal projeleme ilkeleri gözönünde bulundurularak dolu savakların kesiti hesaplanır. Dolu savakların proje kapasitesi, savak seviyesi üstündeki gölet su hacminin, toplam yüzey akış hacmine oranının tayini ile bulunabilir. Bu oran 0.3–0.7 arasında olduğu takdirde, dolu savak kapasitesi beklenen doruk yüzey akışının % 86-40 ını alacak şekilde projelenebilir. Oran eğer 0.3 den küçük ise bu durumda dolu savaklar doruk yüzey akışını taşıyacak şekilde projelenmelidir.

Dolu savak bent gövdesini korumak ödevini yüklendiğine göre bent gövdesinden uzakta yapılmalıdır. Şekil 9.8 de dolu savak düzenlemesinin nasıl yapılacağı görülmektedir.



Şekil 9.8. Dolu savaklar.

Toprak bentlerinin stabilitesi:

Toprak bentlerinin stabilitesi denince, yapının üzerine gelen yüklerin etkisi altında statik dengesini koruması anlaşılır. Mukavemet momentini doğuran kuvvetlerin, bendi hareket ettirmeğe çalışan kuvvetlere oranın 1.5 olması yeterli bir güvenlik sağlar.

Yüksekliği 10 m ye kadar olan toprak bentlerde sızma, stabiliteye etki yapan en önemli etmenlerden birisidir. Projelemede sızmanın kontrol altına alınması genel olarak stabilite problemlerini çözümler.

Daha büyük bentlerde, mühendis su basıncına karşı stabilite, yatay kaymaya dayanıklılık ve temeldeki kayma gerilmeleri gibi etkenleri dikkatlice incelemelidir.

Göletlerin yapımı:

Aşağıda belirtilen inşaat prensipleri daha çok bent yüksekliği 5 m yi geçmeyen çiftlik göletleri için geçerlidir. İnşaat işlemi şu kademelerde özetlenebilir.

1) Bent yerinin kazıklanması:

Bent yerinin kazıklanması, üst toprağın kaldırılmasından önce yapılabilir. Bu amaçla bir nivo ya da teodolite gereksinim vardır.

2) Gölet su seviyesinin kazıklanması:

Bu iş de bent yerinin kazıklanmasına paralel olarak yapılır. Su seviyesinin kazıklanmasıyla gölesin kaplayacağı alan arazide kendiliğinden ortaya çıkar. Bu işlemin bir yararı da dolgu materyalinin gölesin sığ bölümlerinden alınmasını kolaylaştırmasıdır.

3) Gölet alanın temizlenmesi:

Göl alanındaki tüm ağaç, çalı, kök vb. temizlenmelidir. Bu temizlik işleminin sivrisinek kontrolü bakımından da önemi vardır.

4) Bent zemininden üst toprağın kaldırılması:

Bendin yapılacağı yerin üst toprağı kaldırılmalıdır. Eğer etüdler gölet alanındaki toprağın bent dolgusunda kullanılabileceğini gösteriyorsa bu bölümdeki üst toprak da kaldırılır. Üst toprak hem vejetasyon ve hem de organik madde ihtiva ettiğinden dolguda kullanılmaz.

5) Çekirdek hendeğinin açılması:

Toprak bentlerde kil çekirdeği zemin ve bent dolgusunu birbirine bağlamaya hizmet eder. Kil çekirdek uygun şekilde yapılırsa, bent ve zemin arasındaki sızmayı da önler. İyice sıkıştırıldığı takdirde kazıcı, oyucu hayvanlar için de bir kontrol önlemi oluşturur.

Kil çekirdeğin genişliği ve derinliği, inşaat yerinde bulunan toprağın tipine ve kullanılan kazı makinalarına bağlıdır. Hendeğin tabanı, su geçirmez kil tabakasına kadar kazınmalıdır. Genişlik daha çok bendin yüksekliğine bağlıdır. Genel bir kural olarak hendek genişliği benttoki su seviyesinin yarısı kadar alınabilir. En az genişlik 1.8 m dir.

6) Kil çekirdeğin yapılması:

Çekirdek hendeği, özenle seçilmiş kilin ince tabakalar halinde doldurulup, proctor deneyi ile bulunan optimum nemde sıkıştırılması ile yapılır.

7) Dren ve dip savakların yapımı:

Her gölet, göleti tamamen boşaltabilen bir drenaj borusu ile donatılmalıdır. Dren boruları için açılan hendeğin tabanı düz ve düzgün eğimi olmalıdır.

8) Bent dolgusunun yapılması:

Gölet inşaatının en pahalı ögesi dolgunun yapılmasıdır. Varolan iyi malzemeyi kullanmanın önemi büyüktür. Bendin tüm yukarı su tarafı iyi nitelikli alt toprakla doldurulmalıdır. Daha düşük nitelikli malzeme aşağı su tarafının dolgusunda kullanılabilir. Dolgunun uygun şekilde sıkıştırılması üzerinde durulması gereken önemli bir noktadır. Dolgu malzemesi tüm bent kesitinde ince ve düzgün tabakalar (20-25 cm) halinde sıkıştırılmalıdır. Yapılacak olan dolgunun sıkıştırılmasında kullanılacak araçların seçimi önemlidir. Bu amaçla kullanılacak en iyi araçlardan birisi keçiayaklarıdır.

9) Dolu savağın kazılması:

Dolu savakların planlanmasında gözönünde bulundurulan iki önemli nokta dolu savağın yeri ve kesitidir. Kazıklamadan önce bu iki nokta iyice incelenmelidir.

10) Bent ve dolu savağın koruyucu bitki örtüsü ile kaplanması:

Bent ve dolu savak, inşaat tamamlanır tamamlanmaz koruyucu bir çayır örtüsü ile kaplanmalıdır. Bu amaçla önce tohum yatağı hazırlanmalı, çabuk gelişme sağlamak için gübrelenmelidir. Dolu savak açıldıktan sonra, çayır ekmeden önce savak taban ve şevlerinin bir üst toprak tabakasıyla kaplanması istenir.

9.2. Yeraltı Sularından Sulamada Yararlanma

Sulama kuyularının açılması hidroloji, jeoloji ve hidrolik gibi özel uzmanlık alanlarında ve kuyu açma ve geliştirme tekniğinde bilgi ve deneyimi gerektirir. Sulama kuyuları genel olarak bağlantılı taneli ya da bağlantısız aküferlerde açılırlar. Çoğunlukla düşey kuyulardır. Yatay galerilerden yararlanılarak yeraltı sularının sulamada kullanılmak üzere yeryüzüne çıkarılmaları da olasıdır.

Bağlantılı aküferler: Bağlantılı aküferlerde, su, çimentolaşmış kum taneleri arasındaki boşluklarda, yarıklarda, çözelti kanalcıklarında ya da derzlerde akar. Çok rastlanan bir bağlantılı akifer olan kum taşı tabakalarında su, kum taneleri arasındaki çimentolaşmış ilişken boşluklarda bulunan yarık ve çatlaklarda akar. Bir başka bağlantılı akifer kalkerli tabakalardır. Karbondioksitli suların yüzyıllar boyu süren yıkayıcı etkileri altında bu gibi tabakalarda kanalcıklar, yarıklar hatta mağaralar oluşabilir. Bağlantılı aküferler içerisinde yarık ve çatlaklar bulunan bazalt ya da öteki püskürük kütlelerden de oluşabilir. Bu gibi tabakaların üst kısımları gaz hareketleri ve dış şartların etkisi altında gözenekli bir bünyeye sahiptir. Şeyl, arduvaz ve granit gibi kristal kayalar, normal koşullar altında su taşıyıcı olarak kabul edilmezler. Fakat çok az değerlerde su verebilecek kadar yarık ve çatlakları bulunabilir.

Bağlantısız aküferler: Bağlantısız aküferler kum ve çakıl tabakalarından oluşur. Su bireysel taneler arasındaki gözeneklerde akar. Taneler birbirlerine bağlı olmadıklarından; bu tabakaların verimi tane büyüklüğüne, gözeneklerin birbirlerine bağlanmasına ve toplam alana bağlıdır. Bu tip akiferde gevşek kum ve çakılın yerinde tutulması için kuyu kaplamasının akiferde kalan kısmında filtre kullanılması gereklidir. Bağlantısız aküferlerde açılan kuyuların su verimleri, uygun filtreleme ve geliştirme yöntemleri ile yükseltilebilir.

1. Akifer seçimi:

Bazı bölgelerde koşullar yukarıda söylenen iki tip akiferden birinin seçilmesini gerektirebilir. Yapılacak yeğleme alınabilecek suyun miktar ve kalitesine bağlıdır. Fakat çoğu durumlarda bir iki tip akiferden de hem kalite ve hem de kantite bakımından uygun su almak olanaklıdır. Bu durumda bir iki tip akiferin yarar ve sakıncalarının karşılaştırılması ile bir sonuca varılır.

Bağlancılı akiferdeki kuyuların üstünlükleri şunlardır:

1. Uzun zaman süren kurak dönemler sözdüşü edilirse kısa bir süre devam edebilecek yetersiz yağıştan daha az zarar görürler.

2. Bu tip aküferlerde açılan kuyular daha az bakıma gereksinim gösterirler.

3. Bağlantılı aküferlerde kuyu filtresine gereksinim yoktur.

Bağlantılı aküferlerdeki kuyuların sakıncaları:

1. Çoğu kez oldukça derin ve pahalıdırlar.

2. Su verimi aynı aküferde bir noktadan bir başka noktaya geniş sınırlar içinde değişebilir.

3. Derinlik arttıkça çekilen suyun mineral madde miktarı artar.

4. Derinlikle su sıcaklığı artar.

Bağlantısız aküferlerdeki kuyuların üstünlükleri:

1. Genel olarak çok derin olmadıkları için, bağlantılı aküferlerdeki kuyulara göre daha az pahalıdırlar.

2. Çekilen birim su miktarına düşen gider göreli olarak düşüktür.

3. Bağlantısız aküferlerden alınan su daha az mineral madde içerir.

4. Az derin olduklarından su sıcaklığı daha düşüktür.

Bağlantısız aküferlerdeki kuyuların sakıncaları:

1. Yağış yetersizliğinden daha çok etkilenirler.

2. Özellikle uygun olarak filtrelenmedikleri takdirde, fazla bakım ve özene gereksinim gösterirler.

Sürekli yararlanmada kuyuların su verimi aküferin yağış ve öbür yollarla olan beslenmesine bağlıdır. Beslenme kaynakları kuyuya yakın, uzak veya hem uzak hem de yakın olabilir. Kuyulardan beslenme miktarından fazla su çekildiği takdirde taban suyu seviyesinde bir alçalmanın olacağı doğaldır. Bu durum sürekli olursa pompaj maliyetinin artmasına ve sonuçta kuyunun terkedilmesine neden olur.

Herhangi bir kuyudan sürekli olarak çekilebilecek su miktarı aynı zamanda aküferin hidrolik özelliklerine büyüklüğüne ve kuyu verimine bağlıdır. Bu bakımdan suyun kuyuya doğru hareketinin iyice anlaşılması gereklidir.

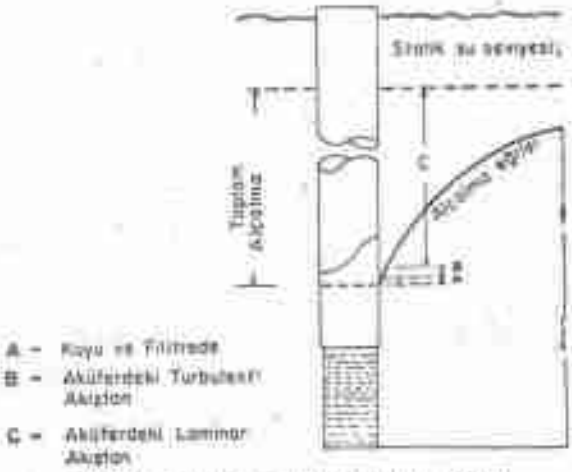
Suyun yeraltında kuyuya akışı için gerekli olan enerji su seviyeleri arasındaki farktan veya su yüksekliğinden sağlanır. Kuyu pompalandığı zaman, kuyudaki su seviyesi bir seviye farkı ortaya çıkıncaya kadar düşer. Bu seviye farkı (alçalma) suyun kuyuya akışında karşılaşılan direnci yenmekte harcanır. Kuyularda alçalma üç çeşit yük kaybından ortaya çıkar (Şekil 9.9).

1. Kuyu kaplaması ve filtrelerdeki kayıplar.

2. Kuyu çevresindeki turbulent akıştan ileri gelen kayıplar.

3. Aküferdeki laminar akıştan ileri gelen kayıplardır.

Uygun filtre ve geliştirme tekniği ile kuyu çevresindeki bu kayıplar enaza indirilebilir.



Şekil 9.9. Kuyularda yük kaybının kaynakları.

2. Araştırma kuyuları:

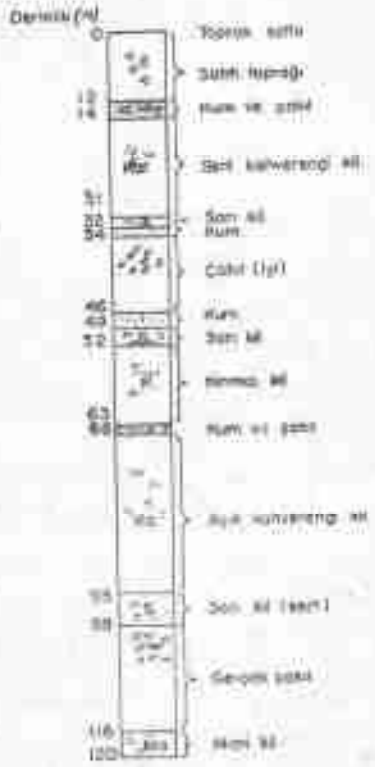
Genel olarak yeni bir alanda sulama kuyuları açılmazdan evvel, araştırma kuyularının açılması istenir. Araştırma kuyularının amacı taban suyunun yerini ve kalitesini saptamak ve sondaj sırasında rastlanan çeşitli tabakaların yeri, kalınlığı ve fiziksel durumuna ilişkin bilgi edinerek; iyi bir kuyu için koşulların elverişli olup olmadığına karar vermektir. Eğer koşullar elverişli değilse oldukça pahalı olan kuyu açma işleminden vazgeçilir.

Araştırma kuyularının çapı ana kuyuların çapından küçük olup, tabakaların durumuna ve sondaj yöntemlerine bağlı olarakan ender durumda 20-25 cm yi geçer.

Araştırma kuyuları, kuyu açmada kullanılan yöntemlerden herhangi birisiyle açılabilir. Genel olarak kullanılanlar, darbeli kablo, hidrolik rotari ve basınçlı su yöntemleridir. Eğer araştırma kuyusunun yeri, sulama kuyusu yeri olarak elverişli bulunursa, araştırma kuyusunun çapı hidrolik rotari düzeni ile genişletilerek asıl kuyuya çevrilebilir. Araştırma kuyularının bir başka yararı da kuyu açılmasında kullanılacak sondaj araçlarına ilişkin bilgi verilmesidir.

Yöresel koşulların iyi bilindiği durumlarda araştırma kuyularının açılmasına gerek yoktur. Araştırma kuyularının açılmasını kuşkulu kılan bir durum da, araştırma kuyusu ile asıl kuyu arasındaki maliyet farkının çok az olduğu durumdur. Yeraltı su taşıyıcı tabakaları, çok kısa uzaklıklarda değişiklik gösterebileceğinden, sulama kuyuları mümkün olduğu kadar, araştırma kuyularına yakın açılmalıdır.

Araştırma kuyuları açılırken sondaj işleminde rastlanan çeşitli formasyonların kalınlıkları, yerleri ve taban suyuna olan uzaklıkları, dikkatli olarak kaydedilmelidir. Kuyu kayıtlaması (logu) sondaj işleminde rastlanan tabakalarda malzemenin kalınlık ve yüzeyde olan derinliğini gösteren kayıtlardır. Kuyu loglarının hazırlanmasında en iyi yol, sondaj esnasında belirli uzaklıklar ve formasyonların değiştiği yerlerden düzgün örnekler alarak, bunların etiketli bez torba veya cam kavanozlara konmasıdır. Sonra, laboratuvarda bu örneklerin özellikleri incelenerek kuyu logları hazırlanır (Şekil 9.10).

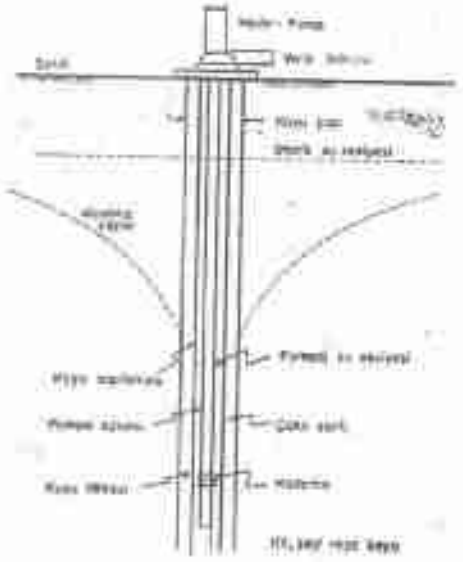


Şekil 9.10. Log kayıtlarından yapılmış bir test kuyusu logu.

Araştırma kuyularının açılmasında ve kuyu kayıtlamaları için örneklerin alınmasında sondaj yapanın deney ve dikkatinin önemi büyüktür. Deneyimli bir sondör, sondaj sırasında alınan örneklerden ve su taşıyıcı tabakaların kalınlık ve özelliklerine dayanarak, yörede iyi bir kuyu açılıp açılamayacağına ilişkin doğru bir tahminde bulunabilir.

3. Sulama kuyuları:

Sulama kuyuları, yeraltı sularının toprak yüzeyine çıkarılması amacı ile toprak yüzünden başlayarak su taşıyıcı tabakaları kateden düşey çukurlar ya da şaftlardır (Şekil 9.11). Sulamada yeraltı sularından yararlanmanın başarısı büyük ölçüde kuyulara bağlıdır. Tekniğin ilerlemesi, pompa ve mo-



Şekil 9.11. Bir sulama kuyusunun diagramatik kesiti.

torları güvenilir ve randımanlı bir düzene ulaştırmıştır. Fakat başarılı bir pompaj ünitesinin temini herşeyden önce, istenilen koşullara sahip bir kuyunun varlığına bağlıdır. Koşullar elverişli olduğu durumda en iyi kuyunun elde edilebilmesi için uygun kuyu tipinin ve açma yönteminin seçilmesi gereklidir. Kuyuların açılmasında kullanılan çeşitli yöntemler vardır. Bunlar içerisinde herhangi birisinin seçimi: amaca gereksinim duyulan su miktarına taban suyunun derinliğine, jeolojik koşullar ve ekonomik etmenlere bağlıdır.

Yüzeysel kuyular genel olarak kazma, burgulama, çakma ve basınçlı su yöntemleri ile açılırlar. Derin kuyuların açılmasında kullanılan yöntemler ise darbeli, hidrolik rotari ve ters rotari sondaj yöntemleridir.

1) Kazma kuyular:

Sulama kuyularının en eskisi kazma kuyulardır. Bu tip kuyular tarihin çok eski dönemlerinden bu yana yeraltı sularından yararlanmada kullanılmış ve kullanılmaktadır. Bunlar geniş açık çukurlar olup, çoğu kez insan

gücü ile kazılırlar. Kazma kuyular genel olarak ahşap, tuğla ve beton ile kaplanırlar. Kazma ve kürek kullanılan başlıca araçlardır. Gevşetilen malzeme uygun kaplarda çıkrık veya makara düzeni ile yeryüzüne çıkarılır. Çok geniş kazma kuyular portatif kazma makinaları ile kazılabilirler.

Kazma kuyuların kesiti kare veya dikdörtgen biçiminde olabilir, fakat çoğu durumlarda daireseldir. Bu şekil daha sağlam ve yapım daha kolaydır. Eğer kuyu duvarı, kazılırken göçmeden kendi kendine durabilirse bu tip kuyularda taban suyuna inceye kadar kaplamaya gerek yoktur. Kazma kuyuların çapları genel olarak 2–15 metre arasındadır. Bu kuyuların derinlikleri taban suyunun durumuna göre 3–15 metre dolayındadır. Kuyu kaplamaları su taşıyıcı tabakadan suyun kuyuya akışını sağlamak için delikli olmalı ve kuyu zeminine sağlamca oturtulmalıdır. Kazma kuyular uygun şekilde yapılır ve elverişli aküferlerde bulunurlarsa verimleri 30–90 l/s ye kadar çıkabilir. Fakat çoğunun verimi yaklaşık 5–6 l/s kadardır. Sulama amacı ile kullanılan geniş çaplı kazma kuyular, taban suyunun toprak yüzeyine yakın ve su taşıyıcı tabakanın fazla kalın olmadığı koşullara uygundur. Filtrenin geniş alanı suyun kuyuya az bir yükseklik kaybıyla ve düşük bir hızla girmesine neden olduğundan bu tip kuyuların kumla dolma tehlikesi azdır.

Genel olarak bu kuyular kazma ve kaplama güçlükleri nedeniyle su taşıyıcı tabakalarda fazla derinlere kadar inemezler. O yüzden kapasitede su verimi için gerekli hidrostatik basıncı yaratamazlar. Bu bakımdan alınan su öbür tip kuyulardan daha pahalıdır ve mikrobik bulaşmaya karşı güvenliği azdır.

2) Burgu kuyuları:

Akarsular çevresindeki alüviyal yataklarda, çakıl, kum, kilden oluşan ve taban suyunun yüzeye yakın olduğu bağlantısız akiferde burgu kuyuları az miktarlarda suyu az giderle sağlarlar. Burgu kuyuları elle veya mekanik araçlarla çalıştırılan toprak burgularının kullanılması ile açılırlar. Bu burgular çeşitli tip ve büyüklüklerde olabilir. Genel olarak kullanılan burgular, çelik bir gövde ve bunun üzerine bağlanmış kesici bir bıçaktan oluşur. Kullanılan burgunun tipine göre kazı materyali yüzeye çıkarılır veya çıkarılmaz. Burgu yöntemi ile çalışılırken dönme hareketini burguya ileten bir düzen, burgunun alçaltılıp yükseltilmesini sağlayan bir iskele ve vinçe gereksinim vardır. Burgu gövdesi kazı maddesi ile dolunca sistem yüzeye çıkarılır ve burgu gövdesinin menteşeli kapağının açılması ile boşaltılır. Açılan burgu deliğinin genişletilmesi istenirse, burgu gövdesine genişletici bir bıçak eklenir.

İnsan gücü ile döndürülen burgularla 15–20 cm genişlik ve 15–20 m derinliğe kadar kuyu açılabilir.

Mekanik araçların kullanılmasıyla 80-90 cm genişlikte ve 15-30 m derinlikte kuyular elde edilebilir. Bu yöntemle kuyu açılırken su taşıyıcı tabakaya erişinceye kadar kaplama kullanılmaz, fakat buradan sonra göçmeye engel olmak için kaplamaya gereksinim vardır. Beton, tuğla ve metal, kaplama malzemesi olarak kullanılabilir. Bu yöntemle kuyu açılması: gevşek kum, çakıl, çimentolaşmış sert tabakalar ve kaya formasyonlarında güçtür.

3. Çakma kuyular:

Taban suyu seviyesinin toprak yüzünden 8-10 m derinlikte bulunduğu çimentolaşmamış su taşıyıcı tabakalardan, çakma kuyular ile ekonomik olarak az miktarda su çıkartılabilir.

Çakma kuyular sürekli darbe ile taban suyu altına kadar çakılan, uçlarından bağlanmış bir boru takımından oluşur (Şekil 9.12). Su kuyuya boru sonunda bulunan bir delikli kısımdan girer. Suya hangi derinlikte rastlanacağı evvelden bilinmiyorsa: kuyu, yüzeydeki boru ucuna bir emme-basma tulumbanın bağlanması ile zaman zaman denemeye alınır. İstenilen suya erişildiği zaman, kuyu belirli bir süre için filtre etrafındaki ince kum ve kilin temizlenmesi amacıyla hızla pompalanır.

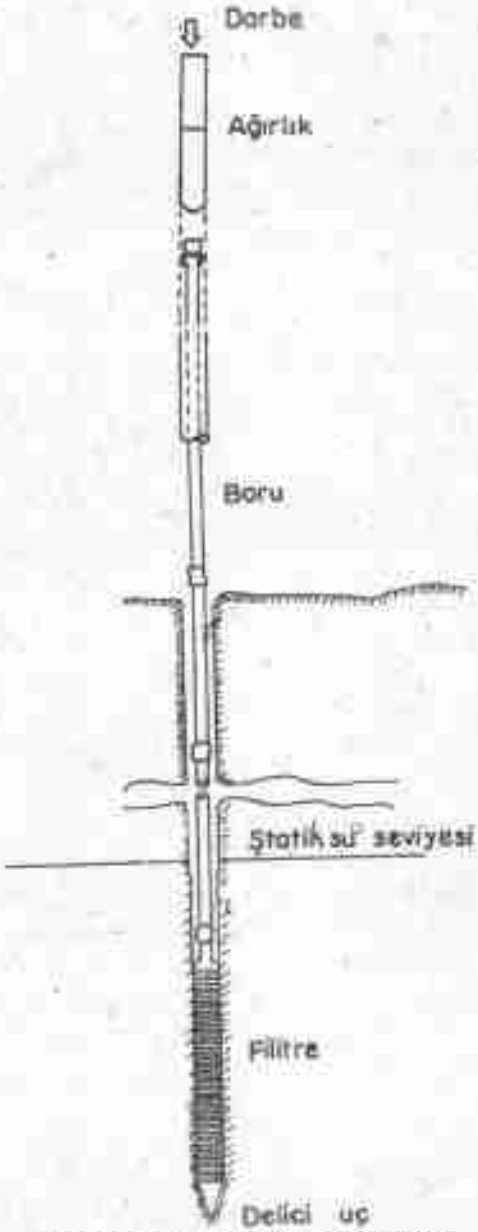
Çakma kuyuların çapı genel olarak 4-7 cm dir Son zamanlarda derin kuyu pompalarının çalışabileceği 10-15 cm çaplı kuyular açılmağa başlanmıştır. Çoğu durumlarda bu kuyuların derinlikleri 15 metreden azdır.

Emme-basma tulumbalar kullanıldığı zaman sürekli su sağlama için taban suyu yüzeye yakın olmalıdır. Pompanın emme sınırını geçmeden, yeter alçalma meydana getirebilmesi için, taban suyunun yüzeyden olan derinliği 3-5 metre dolayında olmalıdır. Genel olarak bu tip kuyuların verimleri 1-3 l/s çevresindedir.

Çakma kuyular, içme ve kullanma suyu sağlamada ve yeraltı su araştırmalarında kullanışlıdırlar. Çakma kuyulardan oluşan ve tek bir pompaya bağlı kuyular bataryası, taban suyunun yöresel olarak düşürülmesinde de etkilidir. Bu tip kuyular, delici uca zarar verecek şekilde büyük çakıl veya kaya tabakaları içermeyen bağlantısız aküferlerde uygundur. Önemli üstünlükleri az gider, az bir işçilik ile kısa zamanda inşa edilmeleridir.

4) Basınçlı su ile açılan kuyular:

Bu tip kuyuların açılmasında, toprak içerisinde açılmış bir deliğe yüksek basınçla verilen suyun aşındırıcı ve kesici etkisinden yararlanılır. Kuyuların düşeyliği basınçlı suyun düşey olarak verilmesi ile elde edilir. Bu yön-



Şekil 9.12. Çakma kuyu ve çakıcı düzen.

temle açılan deliğin biçiminin denetimi güçtür. Bazı durumlarda hem basınçlı su etkisinden ve hem de burgulamadan yararlanılır. Boru çakılırken

basınçlı su, temas ettiği malzemeyi parçalayarak yüzeye çıkartır. Açılan kuyu bazı durumlarda düzgün olmadığından, kaplamanın kuyu duvarına iyice uydurulması güçleşir.

Bu yöntemle genel olarak küçük çaplı yüzlek kuyular açılır. Su verimlerinin düşük olması nedeniyle bu tip kuyular sulamada çok seyrek kullanılır.

5) Darbeli sondaj yöntemi ile kuyu açma:

Darbeli sondaj yöntemi bağlantılı ve sert kaya tabakalarını içeren aküferlerde; yüksek kapasiteli sulama kuyularının açılmasında çok kullanılan bir yöntemdir. Darbeli sondaj düzenin başlıca ögeleri: standard bir sondaj iskelesi, darbe aygıtı ve kazı malzemesinin toprak yüzüne çıkarılmasında kullanılan bir çamur veya kum kovasıdır. Bu yöntemle açılan kuyuların çapları çoğu durumlarda 30–60 cm arasındadır.

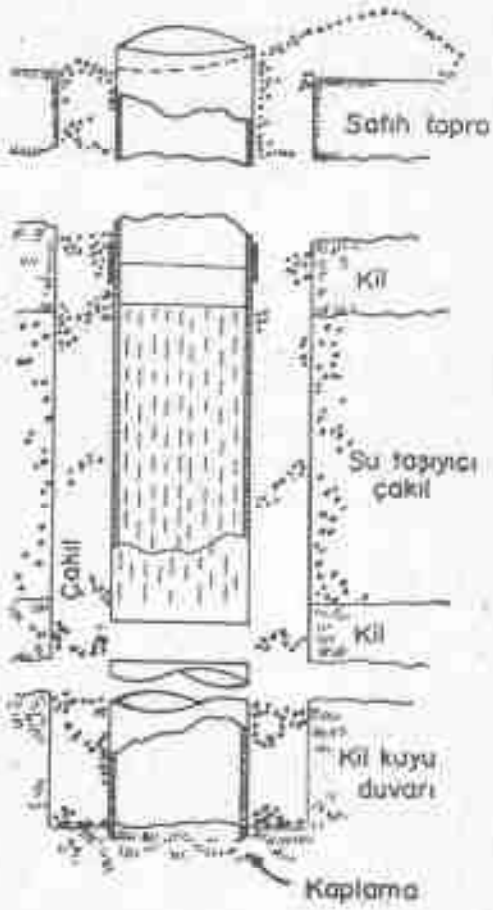
Darbeli sondaj yöntemi ile kuyu açılmasında; sondaj iskelesine bir kablo ile asılı, ucunda delici matkap bulunan ağır bir gövdenin, serbest düşmesinden yararlanılır. Kazma işlemi bu gövdenin hızla düşürülmesi ile gerçekleştirilir. Darbe matkabının yaptığı iş, gövdenin tabakalara çarpması sırasında sahip olduğu kinetik enerjiye bağlıdır. Sondaj işleminin gidişine etki yapan faktörler: formasyonun karakteristikleri, darbe hareketinin frekansı, gövde ağırlığı, darbe uzunluğu ve kazı maddesinin alınmasında kullanılan tekniktir. Darbe ile gevşetilen ve yumuşatılan maddeler; süspansiyon haline getirildikten sonra özel çamur kovaları ile yüzeye alınır. Bu bakımdan darbe yöntemi ile çalışırken kuyunun açıldığı yerde suya gereksinim vardır.

Darbeli sondaj yönteminde kuyu kaplama boruları sondaj işlemine paralel olarak kuyuya indirilir. Kaplama borularının indirilmesinde gerekli olan güç, sondaj yerinde sürekli ve sabit basınç sağlayan bir hidrolik pres düzeni ile sağlanır. Sondaj sırasında kuyunun düşeyliğinin korunması özellikle derin kuyu pompalarının yerleştirilmesi bakımından önemlidir.

Bağlantısı zayıf, gevşek kum ve çakıl aküferlerinde ya da kum, kil karışımlarında darbeli sondaj yöntemi ile çalışmak güçtür.

6) Hidrolik rotari yöntemi:

Bağlantısız aküferlerde sulama kuyularının açılmasında kullanılan en hızlı yöntem, hidrolik rotari yöntemidir. Bu yöntemle 45 cm ve daha geniş, derin sulama kuyuları açmak olasıdır (Şekil 9.13). Özellikle sondaj işleminde killi tabakalara rastlandığı durumlarda yöntem özellikle etkilidir. Hidrolik rotari sondaj düzeninin ögeleri şunlardır:



Şekil 9.13. Rotari yöntemle açılmış tipik bir kuyu kesiti.

1. İçi oyuk bir matkap
2. Gövde ve buna bağlı kısımların dönüşünü sağlayan düzen.
3. Malzemeyi delmek için gerekli basıncı sağlayan bir araç.
4. Matkapla kesilen malzemenin atılması için bir ortama gereksinim vardır. Bu ortam bazı durumlarda yalnız su bazen de özel sondaj kili ve karışımıdır.

Belirtilen bu dört öge sondaj matkabının tabakalar içerisinde derinlere inme hızını belirler. Bu yöntemle yapılan sondajda, kaplama borularının sondaj işlemine paralel olarak indirilmesine gerek yoktur. Kuyu duvarlarının göçmemesi sondaj çamur dolaşımının ortaya getirdiği basınçla sağlanır.

Sondaj işlemi: yüksek basınçlı kil ve su karışımının verildiği sondaj borusunun, ucundaki matkapla beraber, yüksek bir hızla dönmesi ile gerçekleştirilir. Sondaj matkabının dönüşü ve yüksek basınçlı sondaj çamurunun etkisi ile gevşeyen kazı maddeleri, su ve kil karışımının kuyu içerisinde yükselmesi ile yüzeye çıkarılır ve buradan bir çamur havuzuna alınır. Sondaj çamuru, içerisindeki kazı materyali çökeldikten sonra, tekrar kuyuya pompalanır.

Hidrolik rotari yöntemi ile bağlantısız aküferlerde yüzlerce metre derinliğe kadar inmek olasıdır. Kil içeriği çok düşük formasyonlarda, rotari yöntemi ile çalışıldığı takdirde bazı güçlüklerle karşılaşılır. Bu tip formasyooların sıvanmasında sondaj çamuru yetersiz olabilir. Böyle bir durumla karşılaşıldığı zaman, kil verilmesi ile sondaj çamuru koyulaştırılır. Bazı durumlarda porozitesi yüksek tabakalar, sondaj çamurunu tamamen emerek dolaşımı durdurabilir. Bu gibi durumlarda dolaşım tekrar elde edilinceye kadar kuyu yüzünden sondaj çamuru pompalanmağa devam edilmelidir.

7) Ters rotari sondaj yöntemi:

Bu yöntem, rotari sondaj yöntemlerinin çağdaş bir tipi olup, sondaj işleminde, kazılan malzemenin yüzeye çıkarılması, tabandan başlayarak sondaj borusunda yüksek bir hızla yükselen su ile olur. Sondaj suyu açılmakta olan kuyuya yüzeyden yerçekimi ile verilir. Su gevşetilen kazı malzemesiyle karşılaştıktan sonra, sondaj borusunun ucuna bağlı bir pompa ile yüzeye çekilir ve buradan bir sirkülasyon hayuzuna verilir. Su kaybının önlenmesi için gerekli olmadığı takdirde, sondaj sırasında ticari kil maddelerinin kullanılmasına gerek yoktur. Bu durum normal hidrolik rotari yöntemi ile kuyu açılmasındaki yıkama işlemini ortadan kaldırmaktadır.

Ters rotari yöntemi ile sondaj, geniş bir çalışma alanına gereksinim gösterir. Dolaşım havuzunun, çıkan bütün kazı maddelerini alacak ve sondaj deliğinin doldurulması için gerekli suyu sağlayabilecek kapasitede olması zorunludur.

Ters rotari sondaj yöntemi ile bağlantısız aküferlerde, 120 cm ye kadar kuyular açmak olasıdır. Bu yöntemle küçük çaplı sondaj delikleri açmak pratik olmadığından, ters rotari yöntemi araştırma kuyularının açılmasında kullanılmaz. Ters rotari sondaj yöntemleri ağır kil formasyonlarında ve püskürük kütlelerden oluşan tabakalarda iyi sonuç vermez. Yöntem normal hidrolik yönteme göre daha çok suya gereksinim gösterdiğinden, sondaj yöresinde bol miktarda su olmalıdır. Bu yöntemle yakın zamana kadar ancak 100–130 m derinliklere kadar inebilmekte idi. Son yıllarda, sondaj borusundaki dolaşımın hızın arttırmak amacıyla sıkıştırılmış hava basıncın-

dan yararlanılması, ters rotari yöntemi ile daha derinlere kadar inmeyi mümkün kılmıştır. Sondaj işlemlerinde yüksek basınçlı havanın kullanılması ve cihazların geliştirilmesi ile derinlere inildiği gibi sondaj hızı da artırılmıştır.

4. Kuyu kaplamaları:

Kuyu kaplamalarının amacı, kuyu duvarındaki gevşek malzemeyi yerinde tutarak kuyunun göçmesini önlemektir. Akiferlerin çimentolaşma derecelerinin kaplama ve filtre seçimine etkisi büyüktür. Gevşek kum ve çakıl akiferlerindeki kuyularda geniş çaplı kaplama borularına gereksinim vardır. Orta derecede çimentolaşmış akiferlerde çakıl zarfına gereksinim olmadığından, daha küçük çaplı kaplama boruları kullanılabilir. Bazı bağlantılı akiferlerde ise belirli bir derinlikten sonra kuyu kaplamasına gereksinim yoktur.

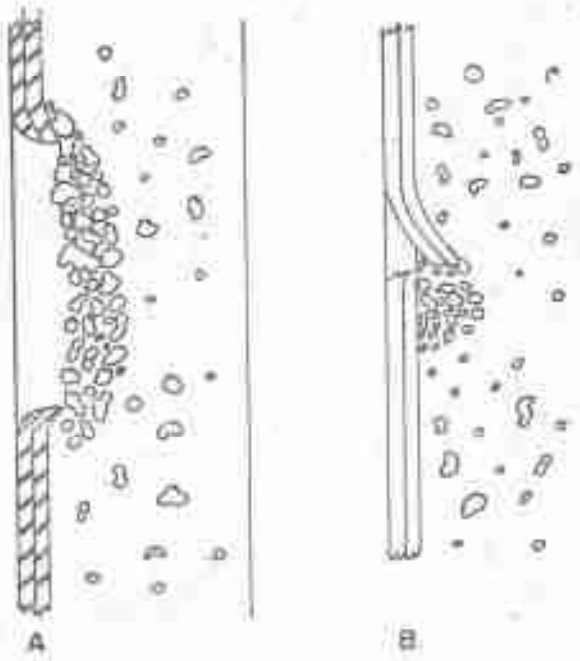
Kullanılacak kaplama borusunun uzunluğu mikroplu yüzey sularının kuyuya karışma ve formasyonun kuyuya göçme derecesine bağlıdır. Kuyu kaplamalarının kalınlığı formasyon karakteristiklerinin, kaplama borusunun çapının, kuyu derinliğinin ve kaplama borusu uzunluğunun bir işlevidir. Kuyu kaplamaları tek ya da çift duvarlı olabilir. Tek duvarlı borular genel olarak verimleri az ve çapları 30 cm den küçük yüzlek kuyularda kullanılır. Çift duvarlı kaplama boruları, boruların çakma ve hidrolik preslerde kuyulara indirildiği durumlarda kullanılır. Kuyu kaplamalarının çapı, kullanılması düşünülen pompa kademe çapından en az 5 cm geniş olmalıdır.

5. Kuyu filtreleri:

Bağlantısız akiferlerde açılan kuyularda, açma yöntemine bağlı olmaksızın, suyun kuyuya serbestçe ve en az ince malzeme ile gelişini sağlayacak delikli borular veya kuyu filtrelerine gereksinim vardır. Bazı durumlarda kuyunun verimliliği yalnız filtre etmenine bağlıdır. Bağlantısız akiferlerde diğer koşullar aynı kaldığında kuyunun verimi, birim alçalmadan alınan su, pompalanan kum miktarı ve kuyunun sürekliliğini filtrenin durumu belirler.

Kuyu filtresi olarak delikli boruların kullanılması durumunda delikler kaplama kuyuya indirildikten sonra özel delik açıcılarla açılır. Bu durumda delikler kaplama üzerinde kuyu logları ile tayin edilen belirli bir derinlikten başlayarak açılmalıdır. Filtrelerde yarıkların biçimi rastgele planlanırsa kuyuların geliştirilmesi sırasında tıkanır ve sonuç olarak filtre randımanı büyük ölçüde düşer.

Kuyu filtrelerinde sürekli bir yarığın tıkanma olasılığı kare ve yuvarlak biçimli deliklerinkinden daha azdır. Kuyu kaplamasından başlayarak içeriye doğru genişleyen yarıklara gelen ince malzeme, bu yarıkları tıkamadan doğrudan doğruya kuyu içerisine sürüklenir. Sürüklenen bu küm kuyuların geliştirilme işleminde kolayca alınabilir. Genel olarak bağlantısız aküferlerde aşağıya doğru bakan yatay pancurlu yarıklar düşey yarıklardan daha iyi sonuç verirler. Bu tip yarıklar kuyu kaplamasının sağlamlığını arttırır ve aküfer tanelerinin stabilizasyonunu sağlarlar. Şekil 9.14 de görüldüğü gibi düşey olarak açılan yarıklarda, fazla miktarda bireysel tane birbirlerine kenetlenir. Oysa yarıklar yatay olarak açıldığı takdirde stabilite için oldukça az sayıda taneye gereksinim vardır. Aynı zamanda yarığın aşağıya doğru bakan pancuru malzemenin kuyuya alınmasına engel olur.



A — Düşey yarık
B — Yatay panjurlu yarık

Şekil 9.14. Filtreli boru etrafında meydana gelen tipik çakıl perdeleri.

Filtrelerin seçilmesinde karşılaşılan güçlüklerden birisi kuyu yerindeki özel koşul ve gereksinime uyabilmekredir. Herhangi bir filtrede istenilen özellikler şunlardır:

1. Aşınma ve bozulmaya karşı dayanım,

2. Çökmeye karşı dayanımın yeter olması,

3. Kuyuya fazla miktarda kum akışına engel olması,

4. Suyun kuyuya akışına karşı az direnç göstermesidir.

6. Çakıl zarfları:

Uygun şekilde projelenmiş, sulama kuyuları suyu istenilen miktarda ve ekonomik olarak sağlarlar. Böyle kuyuların en önemli özelliği fazla yüksekliğ kaybına ve kum pompajına olanak vermemesidir.

Kuyuların pek çoğu, kum ve çakıldan oluşan bağlantısız aküferlerde açılırlar. Bu aküferlerde kum ve çakılın tane büyüklükleri bazen dar ve bazen de geniş sınırlar içinde değişir. Tane büyüklükleri geniş sınırlar içinde değişen aküferler çoğunlukla doğal olarak geliştirilebilirler. Fakat düzgün ince malzemeden oluşan bağlantısız aküferlerde açılan kuyular, tanelerin küçüklüğü ve düzgünlüğü neden ile doğal olarak geliştirilemezler. Böyle durumlarda kuyu; kaplama borusu etrafında kuyuyu bir kuşak gibi saran, bir çakıl zarfı ile donatılır. Sulama kuyularında çakıl zarflarının en önemli işlevi pompaj sırasında aküferdeki ince kumun kuyuya akmasını önlemektir.

Kuyularda çakıl zarfından beklenen yararın sağlanması için çakıl zarfının kuralına uygun olarak projelenmesi gerekir. Gözönünde bulundurulacak ilk nokta, aküferdeki kumu kararlı durumda tutacak biçimde çakıl seçimidir. Uygun çakıl karışımı seçildikten sonra çakılı yerinde tutacak, kuyunun açılması sırasında kalan sondaj çamurunun ve ince malzemenin alınmasını sağlayacak, boyut, yarık büyüklüğü ve alanına sahip filtre seçilmelidir. Eğer yarık boyutu çok büyük ve çakıl çok kaba olursa bu, durum sürekli kum pompajına neden olur.

Uygun çakıl zarfı karışımının seçimi için aküfer malzemesinin elek analizlerinin yapılması zorunludur. Eğer analiz sonuçları aküfer tanelerinin etkili çapını 0.25 mm veya daha büyük gösterir ve aküferin düzgün katsayısı iki veya daha büyük ise, kuyu çakıl zarfı kullanılması ile iyileştirilemez. Çakıl zarflarında kullanılan çakıl, kimyasal yapısı stabil yuvarlak dere çakılı olmalıdır.

Çakıl zarflarının optimum kalınlığı birçok etmene bağlıdır. Bu faktörlerin başında aküferin tipi ve kuyu açılmasında kullanılan sondaj yöntemi gelir. Eğer çok ince bir çakıl zarfı kullanılırsa, filtre etrafında bazı noktalar yeter derecede korunamaz. Çok kalın çakıl zarflarında ise, kuyu geliştirilmesi sırasında sondaj çamuru ve artıklarının temizlenmesi güçtür. Kalın bir zarf aynı zamanda harcamayı da gereksiz olarak arttırır.

7. Kuyuların geliştirilmesi (Kuyu developmani):

Kuyuların geliştirilmesi işlemine çoğu kez gereken önem verilmemektedir. Bu durumun nedeni belki de kuyu geliştirilmesinin pek iyi anlaşılmamasıdır.

Kuyu geliştirilmesi, aküfer permeabilitesinin arttırılmasında ve sondaj işleminin zararlı etkilerinin ortadan kaldırılmasında baş vurulan her türlü çare olarak tanımlanabilir. Kuyuların geliştirilmesi ile suyun kuyuya aktığı kanalcıklar genişletilir ve dolayısıyla kuyu özel kapasitesi arttırılır, kum pompajı önlenir, uzun ömürlü ve ekonomik bir kuyu elde edilir.

Kuyuların geliştirilmesi, filtre yarıklarından kuyu içerisine ince malzemenin çekilmesiyle gerçekleştirilir. Kuyuya çekilen malzeme sondaj sırasında kuyu duvarında kalan kil, silt veya filtre çevresindeki tabakalardan gelen ince kumdan oluşur. Hemen bütün sondaj yöntemleri kuyu etrafındaki formasyonda bazı istenmeyen etkiler bırakır. Bu bakımdan geliştirme işleminin bir başka ödevi de bu istenmeyen etkileri ortadan kaldırmaktır.

Geliştirme işleminde; suyun kuyuda filtre yarıklarından içeriye ve dışarıya dalgalandırılması, etki altında kalan tüm bölgeyi kararlı duruma getirir. Kuyudan radyal doğrultuda uzaklaştıkça kaba ve orta malzeme karışımı ve aşamalı olarak en sonda da orijinal formasyon malzemesi yer alır. Böylece, kuyu filtresi etrafında hidrolik özellikleri iyi olan, bir malzeme karışımı elde edilir. Bu koşul altında, pompaj hızı ne kadar arttırılırsa arttırılsın artık kuyuya kum gelmez.

Kuyu geliştirilmesinde kullanılan yöntemlerin tümünün esası suyun normal pompaj hızından daha yüksek bir hızla kuyuya çekilmesidir. Sonra, bu tek yönlü akışla aküferde olabilecek kenetlenmeyi önlemek için, işlem birden bire ters çevrilir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, filtre yarıkları daha önce verilen esaslara göre seçilmediği takdirde, geliştirmede yarıkların tıkanabileceği ve filtre randımanının düşebileceğidir.

1) Pompajla geliştirme:

Bu yöntemle kuyu geliştirilmesinde, pompa kademesi olası pompaj seviyesinin altına yerleştirilmiş bir darıh kuyu pompasına gereksinim vardır. Pompaj ünitesinin kapasitesi, kuyudan beklenilen normal verimden % 30 fazla olmalıdır. Eğer pompanın çalıştırılmasında elektrik enerjisinden yararlanılıyor ise pompaj debisini ayarlamak amacı ile bir kontrol vanasına gereksinim vardır. Pompa içten yanmalı motorlarla çalıştırıldığı takdirde debi, motorun gaz ayarıyla kontrol edilir.

Geliştirme işlemine düşük bir pompaj hızı ile başlanır. Eğer yüksek bir hızla başlanırsa, kuyu çevresindeki aküfer tanelerinin kenetlenmesi, kuyunun geliştirme randımanını azaltır. Pompaj hızı, çekilen su içerisindeki kaba malzeme miktarı azaldıkça, aşamalı olarak azaltılır. Herbir pompaj hızında, kuyuya daha fazla kum gelmeyinceye kadar devam edilmelidir. Pompa ve kuyunun maksimum kapasitesine erişilinceye kadar bu işlem sürdürülür. Pompalanan su berraklaşıncaya kadar pompaj maksimum kapasitede tutulur. Bundan sonra pompa birden bire durdurularak, pompa ve kolondaki suyun kuyuya geri boşalması sağlanır ve statik su seviyesinin normal durumuna erişmesi beklenir.

Kuyu su seviyesi normal durumuna ulaşınca, aynı işlem yeni baştan tekrarlanır. Bu şekilde kuyu filtresi çevresindeki malzeme karıştırılır ve suyu kuyuya ulaştıran kanalcıklar temizlenir. Kuyu geliştirilmesi ile kuyuya çekilen kaba malzeme bir kum kovası veya kum pompası ile alınır.

Kuyuların pompajla geliştirilmesi için gerekalınım duyulan zaman süresi geniş sınırlar içerisinde değişir. Bazı durumlarda birkaç saat yetebilir, fakat genel olarak en az bir günlük geliştirme süresine gerekalınım vardır. Kuyudan daha fazla kum pompalandığı anda kuyunun geliştirilmesi tamamlanmış olur.

Pompajla çekilen berrak su miktarının yetersiz ya da pompaj su seviyesinin çok düştüğü durumlarda kuyunun geliştirilmesi dalgalandırma blokları ya da geri yıkama yöntemleri ile sürdürülür.

Ters rotari yöntemle açılan geniş kuyuların ve bağlantısız aküferlerdeki kuyuların geliştirilmesinde, pompaj yöntemi genel olarak iyi sonuç verir.

2) Dalgalandırma yöntemi:

Kuyuların geliştirilmesinde en etkili yöntemlerden birisi, dalgalandırma bloklarının kullanılmasıdır. Dalgalandırma yöntemi özellikle darbeli sondajla açılan kuyular için çok elverişlidir. Yöntemin esası bir dalgalandırma blokunun kuyu filtresi çevresinde aşağı yukarı hareket ettirilmesidir. (Şekil 9.15). Dalgalandırma bloklarının birbirini izleyen hareketleri, kuyu çevresindeki formasyon içinde zıt yönlerde kuvvetli bir akış oluşturur. Bu zıt yönlü akışlar çevre formasyondaki ince malzemenin stabilitesini bozar ve kenetlenmesine engel olur. Dalıcının yukarı hareketi ile su kuyuya akarken beraberinde ince malzemeyi de kuyu içerisine çeker.

Dalgalandırma işlemi ile filtre çevresinde tüm formasyonun düzeni değiştirilir ve sonuçta kuyu çevresinde kalan malzemenin, ilk durumuna göre permeabilitesi arttırılmış olur. Dalgalandırma ile kuyu içerisine çekilen malzeme, kum kovaları ile zaman zaman alınır. Bu yöntemle kuyuların

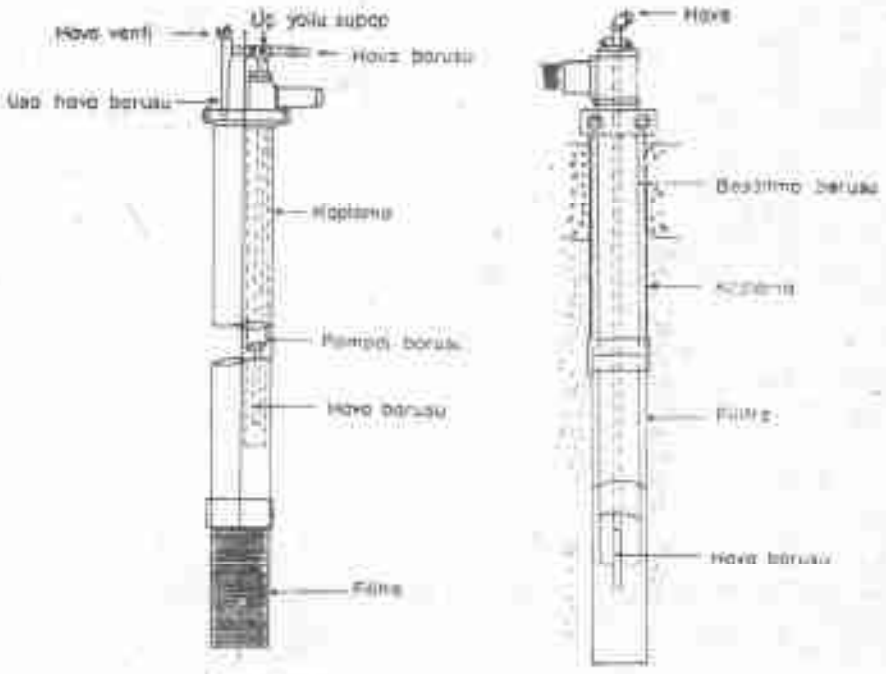


Şekil 9.15. Dalgalandırma blokları.

geliştirilmesinde, genel olarak iki üç güne gereksinim vardır. Yüzlek kuyuların geliştirilmesi derin olanlara göre daha az zaman alır.

3) Basınçlı hava yöntemi:

Kuyuların geliştirilmesinde bazen basınçlı havadan da yararlanılır. Bu amaçla bir kompresör, kuyu içerisine uzanan bir hava borusuna bağlanır. Hava borusunun dışında su boşaltma borusu bulunur (Şekil 9.16). Kuyu,



Şekil 9.16. Basınçlı hava ile kuyu geliştirilmesi.

hava borusuna basınçlı hava verilmesiyle yavaş yavaş pompalanır. Pompaj hızı verilen hava basıncını azaltıp çoğaltmakla ayarlanır. Bu şekilde pompajla bir kısım ince malzeme kuyu içerisine çekilir. Sonra hava borusu biraz aşağıya indirilir ve kompresörden kuyuya yüksek basınçlı (7–10 atmosfer) hava verilir. Bu yüksek basınçlı hava, kuyu içerisinde kuvvetli bir dalgalanma meydana getirir ve suyu aküfere iter. Bu şekilde akış yönünün değiştirilmesi ile formasyon içinde gevşetilen ince malzeme kuyuya çekilir.

Bu yöntemle kuyu içerisindeki su sütununun sürtünme ve eylemsizliği dalgalanma etkisini pompaj borusunun ucu seviyesinde tutar. Basınçlı hava yönteminin en önemli üstünlüğü geliştirme etkisini boru seviyelerinin değiştirilmesi ile filtrenin tüm uzunluğunda, istenilen her noktada meydana getirilebilmesidir. Geliştirme işlemi kuyuya gelen kum miktarı iyice azalıncaya değin sürdürülür.

4) Geri yıkama yöntemi:

Geri yıkama yöntemi ile kuyu geliştirilmesi su veya basınçlı hava ile yapılır. Yöntemin esası, kuyu içerisindeki suyun, filtreden aküfere zorlanmasıdır.

Su ile geri yıkamada, bir derin kuyu pompası kullanılır. Pompanın birbirini izleyen çalıştırılma ve durdurulma işlemleri ile su, yüzeye çıkarılır ve buradan tekrar geri düşürülür. Bu işlem, uzun filtreli kuyuların geliştirilmesinde etkili değildir. Aynı zamanda pompajla birlikte çekilen kum, pompaya zararlı etkiler de yapabilir.

Suyun, bazı özel su çıkarma kovaları ile çıkarılıp birden bire kuyu içerisine düşürülmesiyle de hafif bir geri yıkama etkisi yaratabilir. Bu yöntem, kil ve silt içeren kum formasyonlarının verimlerinin arttırılmasında etkilidir.

Daha güçlü bir geri yıkama, kuyuya bu amaçla indirilen bir borudan, suyun formasyona pompalanması veya basınçlı hava gönderilmesiyle de elde edilebilir.

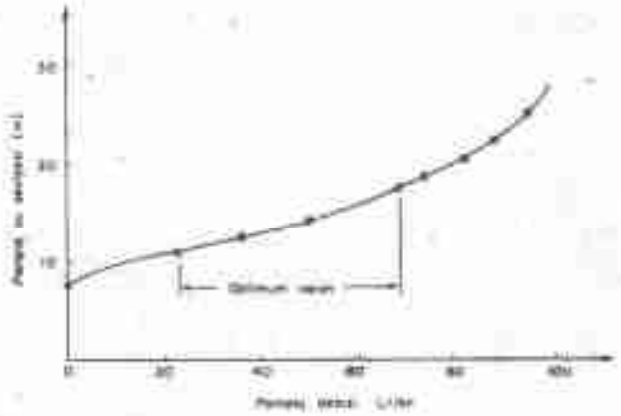
Son zamanlarda kullanılan bir geliştirme yönteminde, kuyuya verilen katı CO_2 in ortaya çıkardığı dalgalanmadan yararlanılmaktadır. Önce, killin gevşetilmesi ve aküferden gelen suyun azaltılması amacıyla kuyuya tuz asiti dökülür. Kuyu ağzı sıkıca kapanır ve kuyuya basınçlı hava verilerek dökülen asitin aküfere girmesi sağlanır. Sonra kapak açılıp katı karbondioksit blokları dökülür. Süblimasyonla ortaya çıkan gaz karbondioksit kuyuda yüksek bir basınç oluşturur ve çamurlu suyun kuyudan, yüksek bir hızla fışkırmasını sağlar.

8. Kuyu Denemeleri:

Kuyular geliştirildikten sonra karakteristiklerinin belirlenmesi için bir deneme yapılır. Genel olarak kuyunun ekonomik veriminin bulunması ve pompaj ünitelerinin seçimi kuyu deneme sonuçlarına bağlıdır.

Yeni bir kuyunun veriminin bulunmasında en çok rastlanan yanlış, bulunan verimin sabit kalacağını kabul etmektir. Genel olarak inşası tamamlanır tamamlanmaz, denemesi yapılan bir kuyunun verimi, aynı pompaj hızında ocuz gün sonraki veriminden % 10-30 fazladır. Bu bakımdan tamamlanmış bir kuyu denemeye alınmazdan önce, maksimum kapasitede uzunca bir süre sürekli olarak pompalanmalıdır.

Kuyularda pompajla alınan her bir debi için belirli bir su seviyesi vardır (Şekil 9.17). Pompaj debisiyle kuyudaki su seviyesi arasındaki ilgi, kuyunun bir karakteristiğidir. Kuyu denemelerinde kuyudan çekilen su debisi ve buna karşılık olan su seviyeleri arasındaki ilişki bulunur. Kuyu deneme sonuçları bir grafik kağıdına işlenerek, kuyu seviye-kapasite veya karakteristik eğrileri elde edilir.



Şekil 9.17. Kuyu karakteristik eğrisi.

Kuyu denemelerinin doğruluğu denemede kullanılan aletlerin duyarlılığına ve deneme işleminde gösterilen özene bağlıdır. Denemelerde kuyu, her bir pompaj hızında pompaj su seviyesi sabitleşinceye kadar pompalanmalıdır. Su seviyesi sabitleşmeden yapılan debi ve seviye ölçmeleri doğru sonuç vermezler.

Kuyu denemelerinde yeter kapasitede bir pompaya, su debisi ve pompaj seviyesini ölçebilen aygıtlara gereksinim vardır. Denemelerde aşağıdaki işlem izlenmelidir:

1. Pompaj başlamadan önce kuyu seviyesi ölçülür ve kaydedilir.

2. Pompaja düşük bir hızla başlanır. Belirli aralıklarla yapılan pompaj su seviyesi ölçmeleri sabitleşinceye kadar, pompaja aynı hızla devam edilir. Seviye sabitleşince, debi ve su seviyesi ölçülür ve kaydedilir.

3. Pompaj hızı arttırılır, su seviyesi sabitleşince debi ve seviye tekrar ölçülür ve kaydedilir.

4. Pompaj hızı maksimum kuyu kapasitesi elde edilinceye kadar arttırılmaya ve ölçmelerin kaydına devam edilir.

5. Her pompaj hızında, pompalanan suda kum bulunup bulunmadığı gözlenir.

Kuyu denemelerine maksimum pompaj hızıyla da başlanabilir. Bu durumda pompaj hızı, her kesimde maksimum kapasitenin % 20 si kadar düşürülerek, kuyudan su akmayıncaya kadar denemeye devam edilir.

Kuyu denemeleriyle elde edilen verilerden alçalma, verim ve özel kapasite kolayca hesabedilir. Derin kuyular ve artezyen basıncı altında bulunan kuyuların denemesinde, maksimum kapasiteye kadar pompaj zorunlu değildir. Çünkü böyle kuyularda verim, alçalmayla doğru orantılıdır. Fakat bu yargı yüzlek kuyular için, genel olarak geçerli değildir. Bu bakımdan yüzlek kuyu denemelerinde pompaj, maksimum kapasiteye erişinceye kadar sürmelidir.

9. İnfiltrasyon Galerileri (Kanatlar):

İnfiltrasyon galerileri, Kuzey Afrika, Arap Yarımadası ve Orta Doğu da özellikle İran ve Afganistan'da çok eski zamanlardan beri yeraltı sularından yararlanmada kullanılan su yapılarıdır. Ülkemizde doğu illerinde "heküke" adı ile bilinen infiltrasyon galerileri özellikle Elazığ ve Van'da yaygındır.

İnfiltrasyon galerileri, özellikle akarsu yatakları ve yamaç arazide toprak yüzeyinden başlayarak doymuş su taşıyıcı tabaka içerisine doğru hafif bir eğimle açılan yeraltı galerileridir (şafçlar). Bu galerilerin su toplaması toprak altı derinliklerininki gibidir. Toprak yüzünden başlayarak derinlikleri genellikle 4-6 m kadardır. Galerilerin kaplanmasında, taş, kil, tuğla, beton ve metal malzeme kullanılabilir. Beton, kil künkler veya metal borular kullanıldığı takdirde galeriye su ek yerlerinde kalan açıklıklardan girer.

Uygun koşul altında infiltrasyon galerilerinin uzunluğu 40-50 Km kadar olabilir. Galerilerin boyutu çok değişiktir. Boyut bulunurken kullanılan ilke; kazı işleminin rahatça yapılabilmesidir. Genellikle bu galerilerin

boyutu 60-150 cm arasında değişir. Derinliğe bağlı olarak 30-300 m de bir kazı işlemini kolaylaştırmak, denetim ve bakım işlerinde kullanılmak üzere güzergah boyunca galerilere kadar uzanan düşey kuyular açılır. Galerilerden gelen sular çıkış ağzında bir biriktirme havuzunda toplanır ve buradan yerçekimi ile veya pompajla istenilen yere gönderilir.

9.3. Sulama Pompaj Üniteleri

Sulamada yeraltı sularından ekonomik olarak yararlanmada uygun olarak projelenmiş bir pompaj ünitesinin önemi büyüktür. Bu bölümde pompaj ünitelerinin teknik problemleri: Pompaj yüksekliğinin ögeleri, pompaj ünitelerini oluşturan ögeler ve ünitelerin projelenmesi incelenecektir.

1. Toplam Pompaj Yüksekliğinin (manometrik yükseklik) Bulunması:

Sulama pompaj ünitelerinde su sürekli bir hareket halinde olduğundan sistemdeki yükseklik (basınç) dinamik karakterlerdir. Herhangi bir pompaj ünitesinin projelenmesinde toplam dinamik yüksekliğinin doğru olarak bulunmasının önemi büyüktür. Doğru olarak bulunmayan bir dinamik yükseklik esasına göre seçilmiş bir pompada (özellikle değer hesaplanandan büyükse), istenilen koşullar sağlanamaz. Eğer hesabedilen dinamik yükseklik gerçek durumdan çok daha büyükse, seçilen pompaj ünitesinin yapım ve işletme giderleri gereksiz olarak yükseltilmiş olur.

Toplam dinamik yüksekliğinin hesabında, bu yüksekliği oluşturan bireysel yükseklikler (Şekil 9.18) ayrı ayrı hesabedilir ve sonra toplanır. Toplam dinamik yüksekliğin ögeleri şunlardır:

1. Toplam statik yükseklik

2. Basınç yüksekliği

3. Sürtünme yüksekliği (yükseklik kaybı)

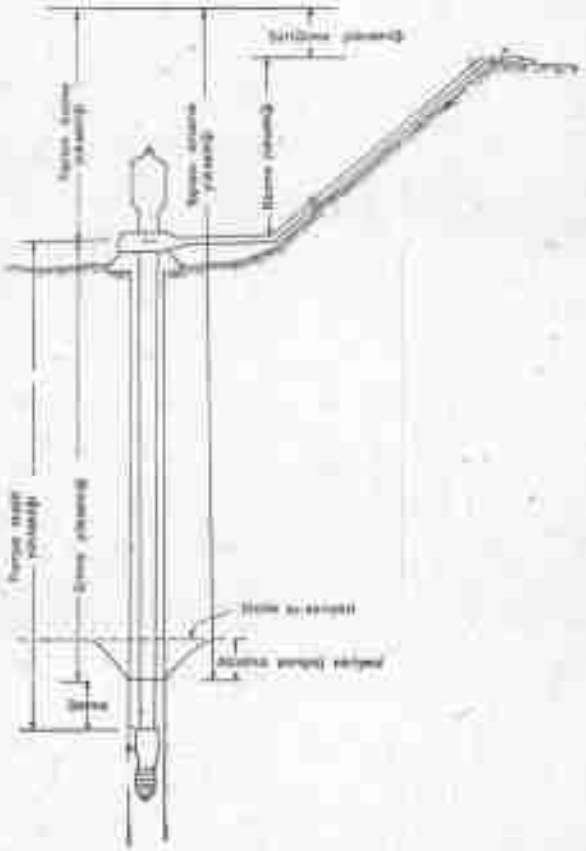
4. Hız yüksekliğidir.

1) Toplam statik yükseklik:

Statik yükseklik adından da anlaşılacağı gibi hiç bir hareketle ilgisi olmayan yükseklik ve basınç olup, suyun çıkarıldığı maksimum düşey uzaklıktır. Statik yükseklik iki bölümden oluşur:

a) Statik emme yüksekliği: Pompaj su seviyesinden, pompa veriş borusu merkezine kadar olan düşey uzaklıktır.

b) Statik basma yüksekliği: Pompa veriş borusu merkezinden basma borusu ucunun merkezine kadar olan düşey uzaklıktır.



Şekil 9.18. Derin kuyu türbinlerinde toplam dinamik yüksekliğin unsurları.

2) Basınç Yüksekliği:

Basınç yüksekliği özellikle kuyudan çıkarılan su bir yağmurlama sistemine verildiği takdirde sözkonusudur. Sistemin çalışması için pompaj ünitesinin geliştirilmesi gereken yüksekliktir. Bu basınç, kg/cm² veya atmosfer olarak ifade edilir ve dinamik yüksekliğin hesabında eşdeğer su yüksekliğine çevrilir.

3) Sürtünme Yüksekliği

Sürtünme yüksekliği içerisinde su akan bir boru hattına sürtünmeden ileri gelen yükseklik kaybıdır. Sürtünme yüksekliği basınç (kg/cm²) veya su yüksekliği (cm veya m) olarak gösterilir. Pompaj ünitelerinin bu sürtünme kaybını yenip, boşaltma borusu ucunda istenilen basınçla su sağlamaları

istenir. Bu bakımdan toplam dinamik yüksekliğin hesabında, sürtünme yüksekliği gözönüne alınmalıdır. Düzgün boru akışlarında yükseklik kaybı Darcy-Weisbach denklemiyle hesabedilebilir:

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

Burada:

h_f = Yükseklik kaybı,
L = Boru uzunluğu,
D = Boru çapı,
V = Akış hızı
g = Yerçekimi ivmesi,
f = Sürtünme katsayısıdır,

Denklemin incelenmesinden anlaşılacağı üzere borulardaki sürtünme kaybı boru uzunluğu ve akış hızının karesi ile doğru orantılı, boru çapı ile ters orantılıdır. Denklemdeki sürtünme katsayısı borunun yapıldığı malzemeye bağlıdır.

Boru hatlarındaki sürtünme kaybı; borularda, bağlayıcılarda vanalarda, dirseklerde, giriş ve çıkışlarda, ani daralma ve genişlemelerde ortaya çıkan kayıpların toplamına eşittir.

4) Hız yüksekliği:

Hız yüksekliği, su boru sisteminden çıktığı anda, suyun sahip olduğu yüksekliktir. Bu yükseklik genel olarak küçük olduğundan toplam dinamik yüksekliğin hesabında ihmal edilebilir. Buna karşılık küçük çaplı borulardan, büyük su miktarları akıtılıyorsa hız yüksekliği gözönüne alınır.

2. Sulama Pompaj Üniteleri

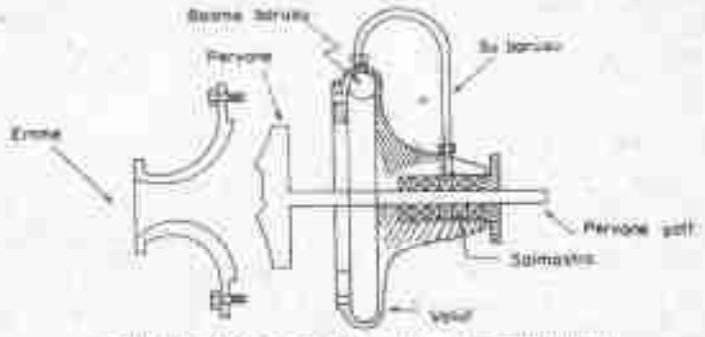
1) Pompalar:

Kuyulardan sulama suyunun pompajında genel olarak iki tip pompa kullanılır. Bunlar: santrifüj ve derin kuyu türbin pompalarıdır.

a) Santrifüj pompaları:

Santrifüj kuvveti: Herhangi bir kuvvetin etkisiyle dönen bir kütlenin, atalet vektörünün normal bileşeni olup, kütleyi oluşturan zerrelerin dönüş yörüngelerini terketme eğilimidir. Santrifüj pompaları adından da anlaşılacağı üzere, suyun alçak bir seviyeden daha yüksek bir seviyeye çıkarılmasında santrifüj kuvvetinden yararlanırlar. Santrifüj pompaları helezoni bir

gövde ve bunun içerisinde bir fan (pervane) dan oluşur (Şekil 9.19). Su atmosferdeki basınç etkisiyle pompa emme borusundan fan gözüne gelir. Fanın dönüşü ile yüksek bir hız kazanan su, santrifüj kuvveti ile gövdeye ve buradan da pompa veriş borusuna geçer. Santrifüj pompalarının oluşturduğu basma basıncı, fan kanat uçlarının hızına bağlıdır. Bu hıza da etki yapan faktörler fanın çapı ve dönüş hızıdır. Santrifüj pompalar başlıca iki ana gruba ayrılır:



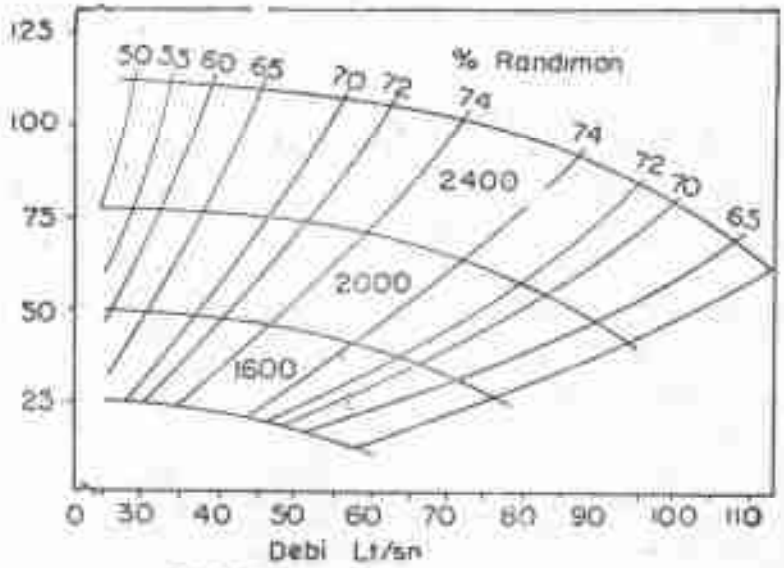
Şekil 9.19. Volüt tipik bir santrifüj pompanın kesiti.

Salyangoz (volüt) tip: Salyangoz tip pompalarda su, fan kanatlarının ucundan, aşamalı olarak genişleyen helezoni bir gövdeye gelir. Bu gövdenin ölçüleri, çevresi boyunca eş hızlı bir akış meydana getirecek şekilde ayarlanmıştır. Su fandan pompa veriş borusuna gelirken, hızı aşamalı olarak azaltılır ve hız enerjisi basınç enerjisine çevrilir.

Difizörlü (türbin) tip: Difizörlü tip santrifüj pompalarında fan aşamalı olarak genişleyen difizyon vanalarıyla sarılmıştır. Bu vanalarda suyun yönü değiştirilir ve hız enerjisi, su gövdeye girmeden basınca çevrilir. Bu tip pompalarda, fanı terkeden suyun hız enerjisinin, salyangoz tiplere göre daha büyük bir bölümü basınca çevrildiğinden, randımanları biraz daha yüksektir.

Santrifüj pompalarının bazı ortak özellikleri vardır. Çalışmalarında; devir, yükseklik ve kapasiteleri arasında sıkı bir ilişki vardır. Bu ilişkilerin grafik olarak işlenmesiyle pompa karakteristiği eğrileri elde edilir.

Pompa Karakteristik Eğrileri: Sulama kuyuları için pompa seçilirken pompanın çeşitli dönü sayılarında yükseklik ve kapasitesi arasındaki ilişki ve bunlara karşılık olan randımanın bilinmesine gereksinim vardır. Bu bilgiyi pompa karakteristik eğrileri verir (Şekil 9.20). Pompa karakteristik eğrileri çeşitli debilerde pompanın sağlayabileceği yükseklikleri gösterir. Belirli bir pompa devri sayısı ve pompaj debisi için, Şekil 9.20 de verilen eğri-



Şekil 9.20. Santrifüj pompa karakteristik eğrileri.

den pompa randımanı bulunabilir. Seçilen pompa oldukça geniş sınırlar içinde değişen su miktarlarını yüksek bir randımanla verebilmelidir. Şekil 9.20 de gösterilen eğrinin incelenmesinden bu pompanın dakikada 2000 devirle çalıştırıldığı takdirde, 45–80 l/s arasında değişen, su debilerini % 70 in üzerinde bir randımanla verebileceği görülür. Pompa karakteristik eğrilerinin şekli ve büyüklüğü, pompanın büyüklüğüne, fan ve diğer proje özelliklerine bağlıdır.

Pompanın meydana getirebileceği maksimum yükseklik: Salyangoz tip santrifüj pompalar etkilerinde pozitif olmadığından, boşaltma borusu vanası pompa tam hızla çalışırken pompaya zarar vermeksizin tamamen kapatılabilir. Bu anda manometrede okunan yükseklik, maksimum yüksekliktir.

Basma yüksekliği: Basma yüksekliği, fan hızı çok büyük olduğu zaman ortaya çıkan sürtünme kuvveti ile sınırlanır. Bu yükseklik fan çapı ve pompa devir sayısının karesiyle doğru orantılı olarak değişir. Basma yüksekliği aynı zamanda mevcut kademe sayısıyla da doğru orantılıdır. Santrifüj pompalar için pratik basma yüksekliği, her kademe için 45–60 m dolayındadır. Pompa yapan firmalar, daha fazla yükseklik veren pompa yaparlarsa da bu durum pompa randımanını düşürür.

Emme yüksekliği: Deniz seviyesinde, santrifüj pompalarının maksimum kuramsal emme yüksekliği 10,33 metredir. Deniz seviyesinden yük-

eldikçe atmosferik basınç azalacağından, santrifüj pompalarının kuramsal emme yükseklikleri de azalır. Adi santrifüj pompalar deniz seviyesinde, verilen kuramsal emme yüksekliğini gerçekleştiremezler. Çünkü bu tip pompalarda tam bir vakum elde etmek mümkün değildir. Bu nedenle gerçek emme yüksekliği içinde bulunulan koşullara bağlı olarak kuramsal yüksekliğin yaklaşık % 65-85 i arasında değişir.

Pompaj debisi: Pompaj debisi, gövdenin sınırlayıcı etkisi dışında pompa fanının genişliği, çapı ve hızı ile doğru orantılıdır. Bu ilişki büyük artmalardan çok, özellikle küçük artmalar için daha doğrudur.

Gerekli güç: Pompa devri sabit tutulduğu takdirde, gerekli kuramsal güç, pompaj debisi ve yüksekliği ile doğru orantılıdır. Eğer pompaj devir sayısı değiştirilirse gereksinim duyulan güç, devir sayısının küpü ile doğru orantılı olarak değişir.

Pompa randımanı: Santrifüj pompalarının önemli bir özelliği oldukça geniş sınırlar içinde değişen çalışma koşullarında yüksek randımanlarını koruyabilmeleridir. Fakat her pompanın en yüksek randımanla çalıştığı belirli bir yükseklik, debi durumu vardır. Pompa randımanına etki yapan öbür faktörler: yapım özellikleri, mekanik koşullar ve devir sayısıdır. Fan kanatlarının aşınması da pompa randımanını düşürür.

b) Derin kuyu türbin pompaları:

Derin kuyu türbin pompalarında hız yüksekliğinin basınç yüksekliğine çevrilmesinde, salyangoz gövde yerine kademeler bulunur. Santrifüj ve derin kuyu pompaları arasındaki en büyük fark budur. Her kademede suyu fan ucundan bir üst fanın merkezine kadar götüren vanalar bulunur. Her bir kademe, fan kademe gövdesi ve yataktan oluşur. Derin kuyu pompalarından istenilen pompaj yüksekliği kademe sayısının arttırılmasıyla gerçekleştirilebilir. Kademeler pompa milinin tabanında ve su içinde bulunurlar. Pompa kademelerinin her pompaj koşulunda su içerisinde kalmaları sağlanmalıdır.

Derin kuyu pompalarında fan; açık, yarı kapalı ve kapalı olabilir. Yarı kapalı ve kapalı tipler en çok kullanılanlardır. Fan malzemesi genel olarak dökme demir veya bronzdur.

Derin kuyu pompalarında; emme borusu, kademeler ve pompa kolonu birbirlerine bir doğru çizgi boyunca bağlanır. Su, pompa kademelerinden kuyu yüzüne kadar, pompa kolonu ile çıkarılır. Pompanın düşey mili, pompa kolonunun merkezinde yer alır. Bu tip pompaların milleri uzun olduğundan; titreşime engel olmak ve milin düşeyliğini korumak için mil, her 2-6 metrede yataklara oturtulur.

Derin kuyu pompalarında mil yağlama sistemi su veya yağ ile çalışır. Su ile yağlanan pompaların milleri paslanmaz çelikten yapılırlar. Yağ ile yağlanan miller, küçük çaplı bir kaplama borusu içinde korunurlar. Çoğu derin kuyu pompalarında, kuyu koşulları ve yapımcı firmanın standartlarına göre değişen, bir emme borusu bulunur. Uygun emme borusu uzunluğuna ilişkin görüşler değişik olmakla birlikte genel olarak, alt ucunda bir süzgeci bulunan üç metrelik emme boruları kullanılır. Süzgecin ödevi pompa kademeleri ve kolonuna zarar verebilecek büyüklükteki kum, çakıl ve artıkların pompaya girişini önlemektir.

Pompa başlığı ve güç kaynağı kuyu yüzünde bulunur. Pompa başlığının ödevi kuvvet kaynağından gelen gücü pompa miline vermektir.

Derin kuyu türbin pompalarının dalıcı tiplerinde, kuvvet kaynağı; kuyuda, pompa kademesi altına yerleştirilir. Bu amaçla özel olarak projelenmiş elektrik motoru kullanılır.

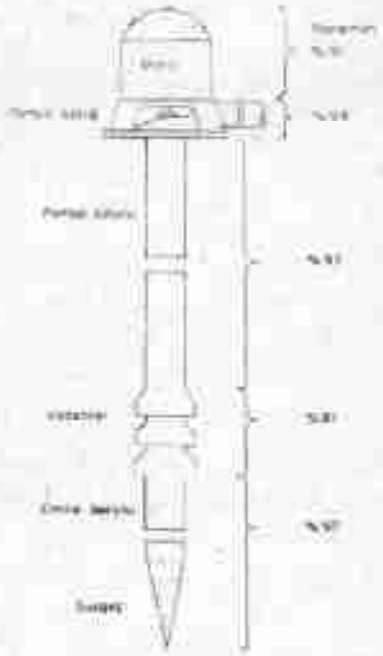
Derin kuyu pompalarının çalışma karakteristikleri santrifüj pompalarınkine çok benzer. Burada yalnız karakteristiklerin farklı olan noktalarına değinilecektir.

Pompaj yüksekliği: Kuyu çapı her kademeye düşen pompaj yüksekliğini sınırlar. Her kademe için maksimum pratik yükseklik 10-20 m dolayındadır. Debi aynı kalmak koşulu ile elde edilebilecek toplam yükseklik kademe sayısı ile doğru orantılıdır.

Pompaj debisi: Santrifüj pompalarda olduğu gibi derin kuyu pompaları da fazla miktarlarda su pompalayabilirler. Pompaların verdiği su miktarına olumsuz etki yapan faktörlerin başında fanın zamanla aşınması gelir.

Pompa randımanı: Derin kuyu pompalarının randıman eğrileri santrifüj pompalarınkine benzerse de bunlar geniş devir sınırlarında yüksek randımanla çalışamazlar. Yüksek randıman ancak, kademe vanalarının fanı terkeden suyla aynı düzeyde olmaları ile olasıdır. Derin kuyu pompalarında fan hızının değiştirilmesi, fanı terkeden suyun yönüne etki yapar. Bu durum ise vanalarda bir türbülans doğurur ve sonuç olarak da randımanı düşürür.

Derin kuyu pompalarının toplam arazi randımanı santrifüj pompalarından önemli ölçüde farklıdır (Şekil 9.21). Çünkü bu pompaların çeşitli bölümleri boyunca, içerisinde bulunulan koşullara bağlıdır ve her bir bölüm toplam arazi randımanına etki yapar. Şekil 9.21 de gösterilen pompaj ünitesinde; dipten başlayarak süzgeç ve emme borusu randımanı % 97, kademe % 81, kolon % 97, pompa başlığı % 98 ve motor randımanı % 91 ise toplam arazi randımanı % 68 olacaktır.



Şekil 9.21. Derin kuyu türbin-pompasında randıman dağılışı.

3. Kuvvet kaynağı:

Pompaların çalıştırılması için gerekli olan güç elektrik motorları ya da içten yanmalı motorlardan sağlanır. Bu iki kaynaktan hangisinin daha uygun olduğu varolan koşullara bağlıdır. Seçime etki yapan önemli faktörler şunlardır:

1) Pompanın çalıştırılması için gerekli güç ve yıllık çalışma süresi.

2) Yörede, elektrik enerjisinin akaryakıt doğal gaz ve öbür yakıtların giderl.

3) Yapım, bakım ve tamir giderleri.

4) Pompanın sabit veya değişen bir devirle mi çalıştırılacağı konusu.

a) Elektrik motorları:

Güvenilir bir elektrik enerjisi varsa ve yöredeki elektrik fiyatları ucuz olduğu takdirde; pompaj için elverişli ve güvenilir güç kaynağı elektrik motorlarıdır. Elektrik motorlarının avantajları uzun servis ömürleri, düşük yapım, tamir ve bakım giderleri, çalışma kolaylığı ve pompaj ünitesinin başında bulunmak zorunluluğunun olmaması ve yangına karşı güvenliğinin

fazla olmasıdır. Bu avantajlar uzun dönemde; motorin, doğal gaz ve öbür yakıtlarla çalışan içten yanmalı motorların düşük işletme giderleri ile kazanılan ekonomiyi karşılar. Elektrik motorlarının bir başka avantajı da özen gösterildiği takdirde başlangıçtaki randımanlarını servis ömürleri boyunca korumalarıdır.

Elektrik motorları yüksek devirleriyle modern pompaj için ideal bir durum yaratmaktadır. Bugün, pompaların çoğu standart elektrik motorlarının devir sayılarına uyacak şekilde yapılırlar. Bu bakımdan elektrik motorları ve pompalar arasında doğrudan bağlama yapılabilir. Elektrik motorlarının normal devirleri düşük olan pompalara bağlanması özel aktarma düzenleri ile yapılır.

b) İçten yanmalı motorlar:

Elektrik enerjisinin bulunmadığı ya da fiyatların çok yüksek olduğu yerlerde güç kaynağı olarak içten yanmalı motorlar seçilir. Seçilecek motorun tipi, çeşitli yakıtların yörede bulunması ve fiyatları, yapım giderleri sürekli çalışma koşulları altında gerekli tamir ve bakım giderleri, servis ömrü, gerekli devir sayısı ve motorun sürekli yük altında çalışma durumu gibi özelliklere bağlıdır.

Eğer işletmede kuyruk milli bir traktör var ve traktör sulama mevsiminde boş ise, pompaj için güç kaynağı olarak düşünülebilir. Böylece motor masrafından kaçınıldığı gibi; pompajda amortisman masrafları da paylaşımış olur. Çoğu durumlarda traktöre öbür işlerde de gereksinim olacağından, sulama sisteminin kendine özgü bir güç kaynağının bulunması istenir.

İçten yanmalı motorların, yapımına firma tarafından verilen güçleri genel olarak sürekli olmayan yük altındaki maksimum güçleridir. Bazı firmalar sürekli yük altındaki motor gücünü de verirler. Sürekli yük altındaki güç genel olarak maksimum motor gücünün % 80 i olarak alınır. Pompaj üniteleri için motor seçilirken hesaplar bu güç üzerinde yapılmalıdır.

İçten yanmalı motorların standart koşullar altında verilen güçleri, çalışma yerinin deniz seviyesinden yüksekliğine ve hava sıcaklığına göre düzeltilmelidir.

4. Aktarma düzeni:

Aktarma düzeninin randımanı, pompaj ünitelerinin işletme giderlerine büyük ölçüde etki yapabilir. Pompaj ünitelerinde genel olarak dört tip aktarma düzeni kullanılır.

1) Doğrudan bağlama:

Bu tip aktarma düzeni yalnız motor ve pompa devir sayılarının aynı olduğu durumlarda kullanılır. Derin kuyu türbin pompalarının milleri düşey olduğundan içten yanmalı motorlarla doğrudan bağlanamaz.

2) Dişli başlığı:

Düşey milli santrifüj ve derin kuyu pompalarında kuvvet kaynağı olarak içten yanmalı motorlar kullanılmakta ise, dişli başlığı gücün motordan pompaya iletilmesinde en uygun aktarma düzenidir. Pompa ve motorun en uygun devir sayılarında çalışmalarının sağlanması amacıyla dişli başlıkları çeşitli dişli oranlarında yapılırlar.

3) Düz kayışlar:

Düz kayışlar geniş sınırlar içinde değişen koşullara uygunluğu ve fiyatlarının ucuz oluşu yüzünden pompaj ünitelerinde geniş ölçüde kullanılırlar. Uygun kasnak çapının seçilmesiyle istenilen her devir sayısı sağlanabilir. Düz kayışlar; deri, kauçuk kaplı veya boyalı yelken bezinden yapılırlar. Kayışın kalınlığı, genişliği, yapıldığı malzeme, kasnak çapı ve kayış hızı güç iletimini belirleyen etmenlerdir.

4) V-Kayışları:

V-Kayışları düz kayışlar göre daha güvenilir ve randımanları daha yüksektir. Uygun şekilde projelendikleri takdirde kayma ve kayış aşınmaları çok azdır. Bu tip kayışlar, kasnak merkezleri birbirine yakın olduğu durumlarda yani kısa uzaklıklarda başarı ile kullanılabilirler.

5. Sulama Pompaj Ünitelerinin Projelenmesi:

Sulamada yeraltı sularından yararlanmada ekonomik pompaj, pompaj ünitelerinin uygun şekilde projelenmeleriyle gerçekleştirilebilir. Arazi pompaj randımanı sonuç olarak da pompaj giderleri büyük ölçüde, pompaj ünitelerinin projelenmesinde gösterilen özene bağlıdır.

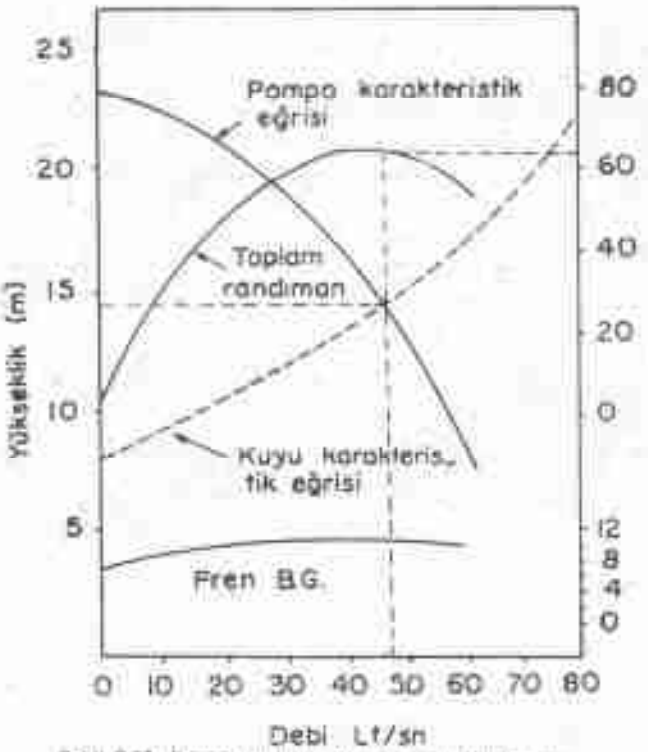
Uygun bir projelenmede aşağıdaki noktalar izlenmelidir:

1) Sulama pompaj ünitelerinin projelenmesinde ilk aşama kuyunun karakteristik eğrisini incelemektir. Bu eğri belirli bir alçalmaya karşılık olan kuyu verimini gösterir. Kuyu karakteristik eğrisinden, gereksinim duyulan su miktarı, iş gücünün randımanlı olarak kullanılması ve sistemin ekonomik koşulları gözönüne alınarak en randımanlı pompaj debisi seçilir.

2) Pompa yapan firmaların kataloglarında verilen cetvellerden, istenilen pompaj debisi için gerekli olan pompa kolonu, tüp ve mil büyüklükleri seçilir.

3) Pompaj ünitesinin altında çalışacağı toplam dinamik yükseklik belirlenir. Bu yüksekliğin hesabında; suyun çıkarılma yüksekliği, basma yüksekliği, pompa kolunu ve borulardaki sürtünme kayıpları gözönüne alınır.

4) Pompaj debisi ve toplam dinamik yükseklik gözönünde bulundurularak pompa kataloglarında verilen pompa karakteristik eğrilerinden bir pompa seçilir (Şekil 9.22). Seçilen pompa suyu istenen devirde randımanlı olarak çıkarabilen pompa olmalıdır. Pompa kataloglarında verilen yükseklikler tek kademeye karşılıktır. Buradan toplam pompaj yüksekliği için gerekli kademe sayısı hesap edilir.



Şekil 9.22. Pompanın kuyu koşullarına uydurulması.

5) Pompaj ünitelerinin projelenmesinde son aşama gerekli motor gücünün hesabıdır. Motor gücünün bulunmasında istenilen ve pompaj yüksekliğinde gerekli hidrolik güç, pompa randımanı, transmisyon randımanı, pompa şaftındaki sürtünme kaybı ve motor randımanı gözönüne alınır.

a) Hidrolik gücün hesabı:

$$P = \frac{Q\,H\,\gamma_s}{75} \text{ dir.}$$

Burada;

P = Hidrolik güç (metrik BG)

Q = Pompaj debisi (L/s)

H = Toplam dinamik yükseklik (m)

γ_s = Suyun özgül ağırlığıdır.

b) Pompa milinde gerekli olan gücün hesabı:

$$\text{Mil gücü} = \frac{\text{Hidrolik güç}}{\text{Pompa randımanı}}$$

Hesaplanan mil gücüne pompa milindeki sürtünme kaybına karşılık olan güç eklenmelidir.

Eğer pompa motora doğrudan bağlanmıyorsa, mil gücü transmisyon randımanına göre düzeltilmelidir. Bu güç pompayı çalıştırmak için gerekli olan motor gücüdür.

Kuvvet kaynağı olarak elektrik motoru seçilirse, motor gücünün hesabında mil gücü, motor randımanına göre düzeltilmelidir.

Kuvvet kaynağı olarak bir içten yanmalı motor seçilirse, kataloglarda verilen motor gücünün genel olarak standart koşullar altındaki maksimum güç olduğu hatırlanmalıdır. Bu güç, yöresel koşullar altında sürekli motor gücüne çevrilmelidir. Sürekli yük altında içten yanmalı motorların, maksimum güçlerinin % 80 inden fazlasını vermeleri beklenmemelidir. Bu değer pompa milinde gereksinim duyulan güç ve transmisyon kaybını karşılamalıdır.

9.4. Sulama Suyunun Niteliği

Sulama suları ister yüzey isterse yeraltı su kaynaklarından sağlanmış olsunlar, üzerlerinde aktıkları toprak ve kayalardan erittikleri birtakım kimyasal maddeleri içerirler. Bu erimiş maddelerin miktar ve özellikleri sulama bakımından suların niteliklerini belirler. Sulama suyundaki tuzun cinsi, miktarından daha önemlidir. Örneğin pek az miktardaki bor, bitkiye zarar verir hatta öldürür. Sulama suyundaki sodyum miktarı fazla ise toprak zamanla ürün vermez bir duruma gelir. Öte yandan sular başlıca bitki besin maddelerini ya da toprağın verimli olmasına yardım eden bazı yararlı tuzları da içerirler. Sulama ve toprak bakımından gerekli önlem alındığı ve drenaj olanağı sağlandığı takdirde niteliği iyi olmayan sular toprağa ve bitkiye

zarar vermeden kullanılabilirler. Doğru bir şekilde yapılan sulama suyu analizleri su içinde bulunan önemli tuzları ve bunların miktarlarını gösterirler. Bu analizlere dayanarak sulamaya uygunlukları bakımından suları sınıflamak ve suyun bitki ve toprak üzerinde yapacağı etkileri kestirmek olanaklıdır.

Su Örneklerinin Alınması:

Ayrıntılı bir su analizinin zaman alıcı ve pahalı olması nedeni ile su örneklerinin alındıkları kuyu ve ırmak sularını tam anlamı ile temsil edecek durumda olmasına dikkat edilmelidir. Akarsu örnekleri suyun akış halinde bulunan kol ve kavşaklarının oldukça uzak yerlerinden alınmalıdır. Kuyu örnekleri bir süre kullanılmış olan kuyulardan alınmalıdır. Alınan su örnekleri mantar veya lastik tıpalı temiz şişelere konur ve bekletilmeden laboratuvara getirilir.

Sulama Suyu Analiz Sonuçlarının Gösterilmesi:

Su içerisindeki toplam tuz konsantrasyonu dört farklı biçimde gösterilir:

(1) Sulardaki katyon veya anyon konsantrasyonları milyonda kısım (ppm) veya (2) litrede miliekivalan (me/L) olarak gösterilir. İkinci gösterme, birinciye göre daha çok kullanılmaktadır.

Genel olarak sulama suyundaki tuzların litrede miliekivalan değerleri (me/L) ile milyonda kısım (ppm) arasında şu ilişki vardır.

$$me/L = \frac{ppm}{\text{Ekivalan ağırlığı}}$$

(3) Toplam tuz konsantrasyonunun Elektriki Kondüktivite cinsinden gösterilmesi: Tuzlu suyun bitki büyümesi üzerindeki etkisi bu suyun toplam tuz konsantrasyonuyla, o da bu suyun elektriki kondüktivitesi yani suyun elektrik akımını geçirme oranı ile sıkı sıkıya ilgilidir. Suların elektriki kondaktivitesi 25°C de standart bir birim olan micromhos/cm ile gösterilir ya da EC × 10^3 biçiminde gösterilir. Elektriksel kondaktivite kimyasal analizlerle bulunan katyon ve anyon miktarları ile yakından ilgili olup, suda erimiş katı maddelerle iyi bir korelasyon gösterir.

Kondüktivitenin litrede miliekivalana çevrilmesi:

$$EC \times 10^3 = \frac{me/L}{0.01}$$ (Elektriksel kondüktivitesi 100–5000 micromhos/cm arasında değişen sular için)

Elektriksel kondüktivitenin milyonda kısma (ppm) çevrilmesi:

$$EC \times 10^3 = \frac{ppm}{0.46}$$ (Elektriksel kondaktivitesi 100–5000 micromhos/cm arasında değişen sular için)

(4) Sudaki toplam tuz konsantrasyonunun ozmotik basınç olarak gösterilmesi: Genellikle atmosfer basıncı olarak kıymetlendirilir, tuzlu suyun bitki üzerindeki etkisini gösteren en doğru ölçüdür. Fakat ozmotik konsantrasyonunun bulunması güç olduğundan bunun yerine suyun elektriksel kondüktivitesine göre bulma yöntemi kullanılır. Kondüktivitenin atmosfer olarak ozmotik basınca (OP) çevrilmesi:

$$OP = 0.00036 \times EC \times 10^5$$

eşitliği ile yapılır.

Sulama suyu niteliğinin bulunmasında en önemli özellikler şunlardır:

1) Eriyebilir tuzların toplam konsantrasyonu,

2) Sodyumun öbür katyonlara oranı,

3) Bor ya da öteki toksik elementlerin konsantrasyonu,

4) Bazı koşullar altında kalsiyumla beraber mağnezyum konsantrasyonu ile ilgili olarak artık bikarbonat konsantrasyonu.

1) Elektriksel kondüktivite: Sulama sularındaki eriyebilir tuzların toplam konsantrasyonu, tanı ve sınıflandırma amacı için elektriksel kondüktivite değerleri olarak gösterilebilir. Elektriksel kondüktivite kolay ve duyarlı olarak bulunabildiği için çok kullanışlıdır. Genel olarak elektriksel kondüktivite (micromhos/cm) değerlerine göre, sulama sularının sınıflandırılması şöyle yapılır:

EC $\times 10^3$ değeri 0–250 olan sular 1. sınıf sulardır.

EC $\times 10^3$ değeri 250–750 olan sular 2. sınıf sulardır.

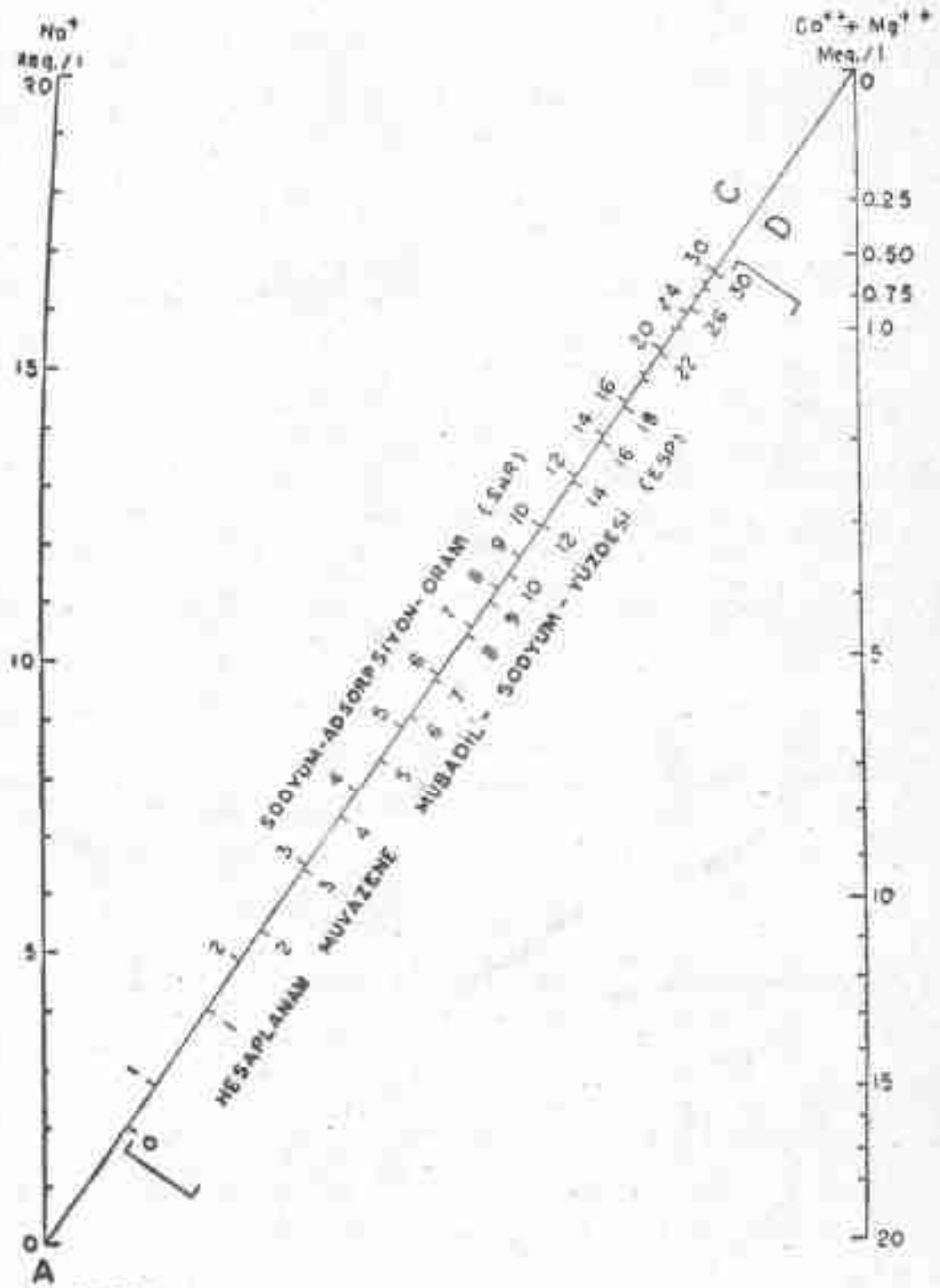
EC $\times 10^3$ değeri 750–2250 olan sular 3. sınıf sulardır.

EC $\times 10^3$ değeri 2250 den büyük olan sular 4. sınıf sulardır.

2) Sodyum adsorbsiyon oranı (SAR): Bir toprak eriyiğinin sodyum adsorbsiyon oranı, sodyumun toprak tarafından adsorbsiyonu ile ilgili olduğundan, bu oranın suyun sodyum ya da alkali zararının bir indeksi olarak kullanılmasında açık yarar vardır. Sudaki katyon miktarı me/L olarak gösterilmek koşulu ile bu oran aşağıda verilen eşitliğe göre hesaplanır.

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

Sulama suyunun sodyum adsorbsiyon oranını bulmaya yarayan bir nomogram Şekil (9.23) de verilmiştir. Bu nomogramda sodyum adsorbsiyon oranını (SAR) gösteren ıskalanın karşısında değişebilir (mübadil) sodyum yüzdesi (ESP) ıskalası da vardır. Değişebilir sodyum yüzdesine iliş-



Şekil 9.23. Sulama suyunun sodyum adsorbsiyon oranının bulunmasında kullanılan nomogram.

kin ıskala, değişebilir sodyum (yüzdesi (ESP) ile sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) arasında ilişki kuran deneysel bir denkleme göre hazırlanmıştır. Adı geçen nomogramı kullanarak bir sulama suyunun (SAR) değeri bulunduktan sonra, toprağın bu sulama suyu ile denge durumunda olan değişebilir sodyum yüzdesini (ESP) de ortadaki ıskaladan bulmak olasıdır.

3) Bor ya da öteki toksik olabilecek elementlerin konsantrasyonu: Bor; borik asit veya boraks olarak bilinen bileşiklerin karakteristik bir elementidir. Hemen hemen tüm doğal sularda bulunur. Bu elementin konsantrasyonu, çok azdan başlayarak birkaç ppm kadar olabilir.

Bitki gelişmesi için esas elementlerden biri olmakla birlikte bitkilerin dayanabileceği sınırlar çok aşıldığı zaman bitkiye zehir etkisi yapar. Yapılan araştırmalara göre bitkilerin çoğu çok az borda (0.03-0.04 ppm) normal gelişir, 1 ppm de ise zarar görürler. Cetvel (9.1) de çeşitli sulama suyu sınıfları için izin verilen bor miktarları verilmiştir.

Cetvel 9.1. Sulama suyunda izin verilen bor miktarı.

Bor sınıfı	Duyarlı bitkiler ppm	Yarı dayanıklı bitkiler ppm	Dayanıklı bitkiler ppm
1. sınıf	0.33	0.67	1.00
2. sınıf	0.33-0.67	0.67-1.33	1.00-2.00
3. sınıf	0.67-1.00	1.33-2.00	2.00-3.00
4. sınıf	1.00-1.25	2.00-2.50	3.00-3.75
5. sınıf	1.25	2.50	3.75

Cetvel (9.2) de bitkilerin bora dayanımlarına göre bir sınıflandırılması verilmiştir.

Cetvel 9.2. Bitkilerin Bor'a dayanıklılığı.

Dayanıklı	Yarı dayanıklı	Duyarlı
Kuşkonmaz Şeker pancarı Hayvan pancarı Yonca Glayör Bakla Soğan Şalgam Lahana Marul Havuç	Ayçiçeği Patates Pamuk (Akala) Pamuk (Pima) Domates Bezelye Turp Zeytin Arpa Buğday Mısır Yulaf Biber Tatlı patates Lima fasulyesi	Ceviz Enginar Fasulye Erik Armut Elma Üzüm İncir Kiraz Şeftali Kayısı Portakal Limon

* Her grup içinde ön sıradaki bitkiler daha dayanıklı ve son verilen bitkiler ise daha duyarlıdır.

Sulama sularının Cetvel (9.1) de bor miktarlarına göre duyarlı, yarı dayanıklı ve dayanıklı bitkiler için sınıflandırılmışlardır. Sulama suyunda belirli bir konsantrasyondaki borun toprak solüsyonunun bor içeriği üzerine etkisi, toprakta bor toplanması oranına etkili olarak toprak karakteristikleri ve amenajman uygulamaları ile değiştirilebilir. Toprakların saturasyon ekstratlarında 0.7 ppm bor içeriği duyarlı bitkiler için güvenilir bir sınırdır.

4) Artık sodyum karbonat konsantrasyonu (RSC): Bikarbonat iyonunun yüksek konsantrasyonlarını içeren sularda, toprak eriyiğinin daha konsantre duruma gelmesi durumunda, kalsiyum ve mağnezyumun karbonat halinde çökelmesine doğru bir eğilim vardır. Bu reaksiyon olağan koşullar altında tamamlanmazsa da tamamlandığı durumlarda kalsiyum ve mağnezyum konsantrasyonları azalır ve sonuçda sodyumun oran olarak miktarı artar. Konsantrasyonlar m e/L olarak gösterilmek suretiyle bakiye sodyum karbonat şu formülle verilir:

$$RSC = (CO_3^{--} + HCO_3^{-}) - (Ca^{++} + Mg^{++})$$

Yapılan denemeler 2.5 m e/L den fazla artık sodyum karbonat içeren suların sulama için uygun olmadığı sonucunu vermiştir. (RSC) 1.25 me/L den az olan sular güvenle kullanılabilirler. (RSC = 1.25–2.50 me/L) arası olan suların sulamada kullanılmaları iyi bir toprak amenajmanına gereksinim gösterir.

Sulama sularında anyon ve katyonlar:

Anyonlar: Sulama sularında bulunan en önemli anyonlar; karbonat, bikarbonat, sülfat, klor ve nitrat anyonlarıdır. Bitkiler için mutlak gerekli besin maddeleri olan sülfat ve nitratın sulama suları içinde uygun konsantrasyonlarda bulunması istenir. Bitkilere zehir etkisi yapması nedeniyle klorun yüksek konsantrasyonlarda bulunması istenmez. Bikarbonatlı suların hafif olmasına karşılık, karbonatlı sular kuvvetli alkalidirler. Bu iki anyonun toplam miktarı ve oranları suyun toplam alkalifiğini gösterir.

Katyonlar: Sulama suları içinde kalsiyum, mağnezyum, sodyum ve potasyum temel katyonları oluşturur. Bunlardan kalsiyum, mağnezyum ve potasyum bitki gelişmesi için esas besin maddelerini oluşturur. Kalsiyumu fazla miktarda olan topraklar gevşek, sürülmesi kolay ve suyu kolay emerler. Genellikle sulama sularında sodyum vardır. Fakat sodyumun fazla miktarı zararlıdır. Fazla sodyum toprakların permeabilitesini düşürür.

Sulama suyu analiz sonuçlarının kontrolü:

Sulama sularında yapılan kimyasal analiz sonuçlarının kontrolü şöyle özetlenebilir:

1) Eğer tüm analiz sonuçları aynı biçimde gösterilirse anyonlar toplamı katyonlar toplamına eşit olmalıdır. Farklılık bulunması yanlışlık yapıldığını gösterir.

2) Elektriksel kondaktivitenin micromhos/cm değeri katyonların me/L değerine bölünürse sonuç 100 olmalıdır. Bu oran, kalsiyum ve mağnezyumca yüksek bikarbonat ve sülfatlı sular için 80 e kadar düşebilir ve sodyumca yüksek klorlu sular için de 110 a kadar yükselebilir.

3) Erimiş maddelerin milyonda kısım olarak değerinin, micromhos/cm olarak kondaktivite değerine oranı yaklaşık 0.64 olmalıdır.

4) Erimiş maddelerin milyonda kısım olarak değerinin me/L olarak katyon toplamına oranı yaklaşık 64 olmalıdır.

Sulama Suyunun Sınıflandırılması:

Sulama sularının sınıflandırılmasında, bu suyun; toprak bünyesi, infiltrasyon hızı, drenaj, kullanılan su miktarı, iklim ve bitkinin tuza dayanıklılığı bakımından normal koşullar altında kullanıldığı varsayılır. Sulama sularının sınıflandırılmasında kullanılan nomogram Şekil (9.24) de verilmiştir. Bu nomogramdan görüleceği üzere; bu sınıflandırmada sodyum zararının bir indeksi olarak sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) ve tuzluluk zararının indeksi olarak da elektriksel kondaktivite (EC $\times$ 10^6) değerleri alınmıştır.

Tuzluluk Zararı:

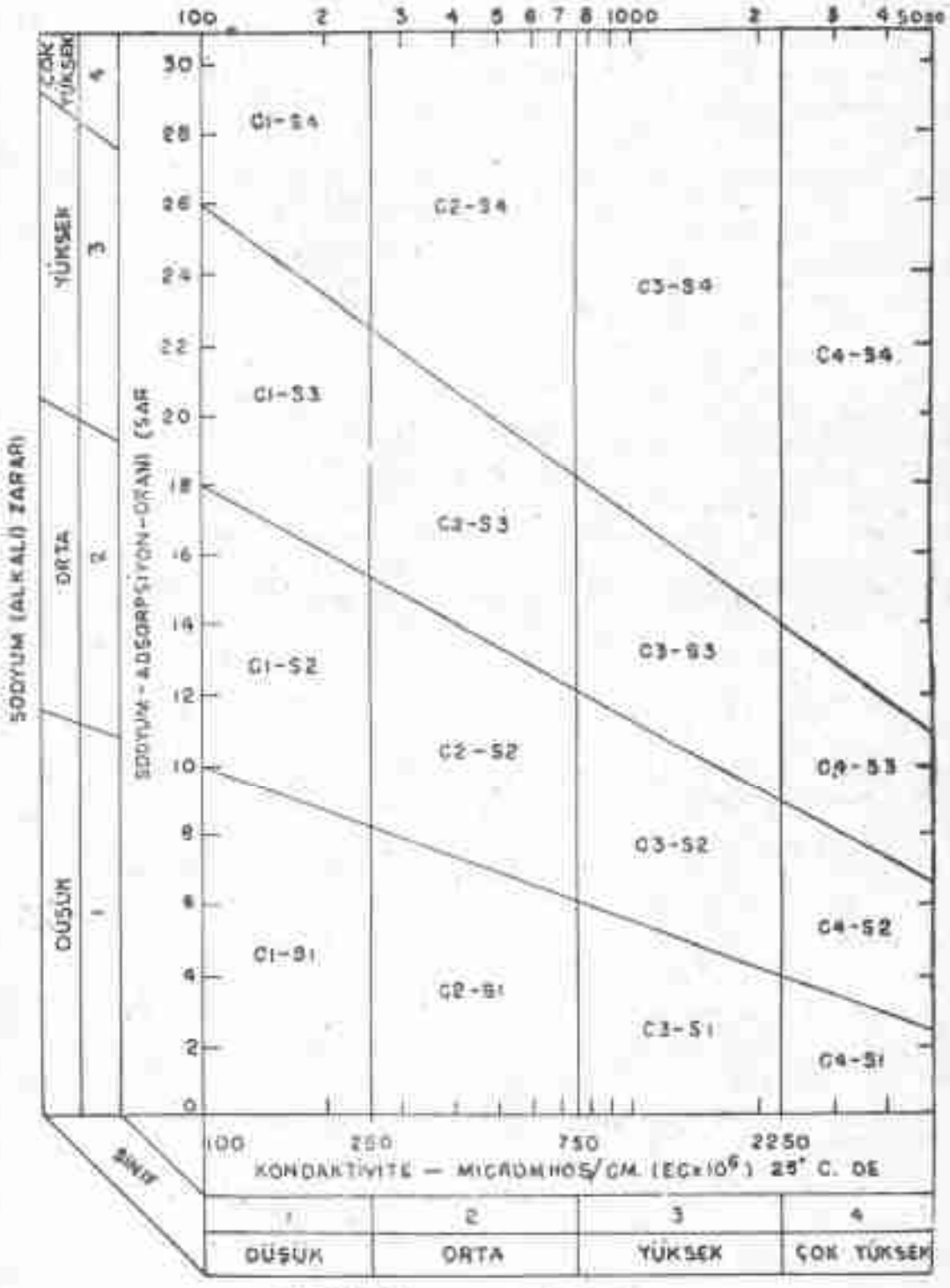
Daha evvel belirtildiği gibi sulama suları, elektriksel kondaktivite değerlerine göre 4 sınıfa ayrılmışlardır. Sulama sularının sınıflandırılmasında kullanılan nomogram üzerinde tuzluluk yönünden su sınıfları şöyledir:

AZ TUZLU SULAR (C 1): Çoğu topraklarda pek çok bitkinin sulanması için güvenle kullanılabilir. Bir miktar yıkamaya gereksinim duyulursa da bu permeabilitesi son derece düşük topraklar söz dışı edilirse bol sulama altında kendiliğinden olur.

ORTA TUZLU SULAR (C 2): Orta derecede yıkanmanın olduğu durumlarda kullanılabilir. Tuzluluk denetimine ilişkin yöntemler uygulanmaksızın tuza orta derecede dayanıklı bitkiler yetiştirilebilir.

YÜKSEK TUZLU SULAR (C 3): Drenajı sınırlı topraklarda tuzluluk denetimi için özel bir amenajmana ve tuza dayanıklı bitkilerin seçimine gereksinim vardır.

ÇOK YÜKSEK TUZLU SULAR (C 4): Normal koşullar altında sulama için uygun değildir. Kullanılması durumunda topraklar geçirgen olmalı,



Şekil 9.24. Sulama suyunun sınıflandırılması.

yeterli drenaj sağlanmalı fazla miktarda yıkama sağlamak için bol sulama suyu verilmeli ve tuza çok dayanıklı bitkiler seçilmelidir.

Cetvel (9.3) de kültür bitkileri tuza dayanımlarına göre sınıflanmıştır (C 3) ve (C 4) sınıfı suların kullanılmasında bu cetveldeki tuza dayanıklı bitkilerin seçilmesinde yarar vardır.

Cetvel 9.3. Kültür bitkilerinin tuza dayanımı

Tuza dayanımı yüksek	Tuza dayanımı orta	Tuza dayanımı düşük
Meyve ağaçları		
Hurma	Nar İncir Zeytin Üzüm Kavun	Armut Elma Portakal Erik Badem Kayısı Şeftali Çilek Limon
Sebzeler		
Pancar Kuşkonmaz Ispanak	Domates Biber Karnıbahar Marul Patates Havuç Soğan Bezelye Kabak Salatalık	Turp Kereviz Fasulye
Yem bitkileri		
Köpek dişi Kodar otu Bromuz Arpa (saman için) Gazel boynuzu	Yonca İngiliz çimi Sudan otu Yumak Ayrık Geven	Ak üçgül Tilki kuyruğu Melez üçgül Çayır üçgülü Çayır düğmesi
Tarla bitkileri		
Arpa Şeker pancarı Kolza Pamuk	Çavdar Buğday Yulaf Pirinç Sorgum Mısır Kenaf Ayçiçeği	Tarla fasulyesi

Sodyum Zararı:

Sodyum zararı yönünden suların niteliklerine göre sınıflanması tuzluluk zararına göre yapılan sınıflanmaya göre daha karışıktır. Bu sorun toprağın su içinden sodyumu alma derecesi ve toprağa suyun verilmesi durumunda olacak adsorbsiyonun düşürülmesiyle bir dereceye kadar çözülebilir. Sodyum zararının bir indeksi olarak SAR (Sodyum Adsorbsiyon Oranı) değeri kullanılabilir.

Sulama sularının SAR açısından sınıflandırılmaları değiştirilebilir sodyumun, toprağın fiziksel özelliklerine etkisi yönünden yapılır.

AZ SODYUMLU SULAR (S 1): Hemen tüm topraklar da değiştirilebilir sodyumdan ileri gelebilecek çok az bir zarar olasılığı ile sulama suyu olarak kullanılabilir. Bununla birlikte sert çekirdekli meyve ağaçları gibi sodyuma duyarlı olan bitkiler kendilerine zararlı olabilecek sodyumu bünyelerinde biriktirebilirler.

ORTA SODYUMLU SULAR (S 2): Toprakta jipsin bulunmadığı durumlarda ve özellikle elverişsiz yıkama koşulları altında yüksek katyon değişim kapasitesine sahip ince bünyeli topraklarda fazlaca sodyum zararı meydana getirir. Bu sular kaba bünyeli topraklarda ya da permeabilitesi yüksek organik topraklarda kullanılabilir.

YÜKSEK SODYUMLU SULAR (S 3): Çoğu topraklarda değiştirilebilir sodyumun zararlı seviyelerini doğurur. İyi drenaj fazla yıkama ve organik madde verilmesi gibi bazı özel toprak ameneajmanını gerektirir. Jipsli topraklarda böyle sularla değiştirilebilir sodyumun zararlı seviyeleri meydana gelmez.

ÇOK YÜKSEK SODYUMLU SULAR (S 4): Düşük ve orta tuzluluk durumları dışında genel olarak sulamaya elverişli değildirler. Bu sular ancak toprakta eriyebilir kalsiyum bulunması ya da jips gibi ıslah maddelerinin kullanılması durumunda sulama amacı ile kullanılabilir.

10. TARIMSAL SULAMA

Tarımsal sulamanın ana amacı bitki gelişmesi için gerekli olan ve doğal yağışlarla karşılanamayan suyun toprağa verilmesidir. Bunun yanında sulama, toprak ve hava ısısının kontrolu bitki zararlıları ile mücadele, gübreleme, toprakta bulunan fazla tuzların yıkanması ve taban taşının yumuşatılması gibi amaçlara da hizmet eder. Bütün bu belirtilen yararlarının en ekonomik biçimde olması ise sulama uygulamasının planlı bir şekilde yapılmasına bağlıdır. Doğal koşullarla ilgili olarak yapılacak sulama planlama çalışmaları, sulanacak tarım alanlarının seçilmesinden, sulama sisteminin yapım ve işletilmesine, arazinin sulamaya hazırlanmasından sulama yönteminin seçilmesine ve sulamanın yapılmasına kadar bütün konularda yapılacak çalışmalara bağlıdır.

Tarımsal amaçlı sulama projeleri, tek bir çiftlik biriminden binlerce hektarlık tarım alanlarına kadar değişebilen arazilere hizmet götürebilmektedir.

Genel olarak sulama projeleri suyun saptırılması ve dağıtımı yönünden yerçekimi, pompaj ve kombine projeler olmak üzere üç grupta toplanabilirler.

Bunlar arasında en yaygın olanı, suyun bir kanal sistemine saptırıldığı yerçekimi sulama sistemleridir. Suyun pompajla temin edildiği projelerde ise genellikle su arazinin yüksek bir yerine kadar terfi ettirilir. Buradan da bir açık kanal sistemi ile sulama alanına dağıtılır.

Büyük yerçekimi sulamalarında, depolama barajları, regülatörler kilometrelerce ana ve sekonder kanallar, yüzlerce kontrol yapısı bulunur.

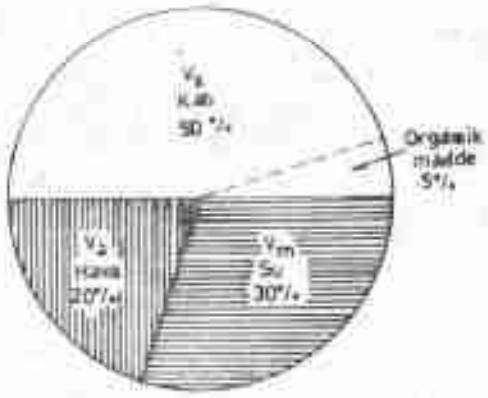
Çiftlik sulama sistemleri ise, suyun temini için küçük bir saptırma savağı veya pompaj birimi, tarla arkları veya küçük kapalı boru hatları ve bunlar üzerinde yer alan basit kontrol yapılarından oluşurlar.

Bu bölümde özellikle tarımsal sulamanın temel öğeleri olan toprak, su ve bitki ilişkileri, tarım alanlarının sulamaya hazırlanması ve sulama yöntemleri ayrı başlıklar altında gözden geçirilmiştir.

10.1. Toprak, Su ve Bitki İlişkileri

Toprak sözcüğü, farklı kimseler için farklı anlamlar taşır. Yapı mühendisleri toprağı, yapıların oturduğu bir malzeme olarak görür ve kabul ederler. Toprak bilimcileri toprağı yeryüzü kabuğunun toprak oluşum işlemleri sonucunda değişen bir bölümü olarak incelerler. Tarımcılar verimli üst toprakla ilgilidirler. Sulama ve Drenaj çalışmalarında ise toprağın üst katmanları kadar alt katmanları ile de ilgilenilir.

Toprak görüp hissettiğimizden daha az bir katı madde kapsar. Bunun yanında toprakta (Şekil 10.1) görüldüğü gibi toprak havası denilen bir gaz fazı ve toprak rutubeti denilen bir sıvı fazı vardır. Bu fazların herbiri toprakların mühendislik ve tarımsal özellikleri yönünden önem taşırlar.



Şekil 10.1 Tipik bir siltli-un toprakta hacimsel dağılımı.

Toprağın katı fazı, değişik kimyasal bitkiler ve organik madde ile birlikte kil, silt ve temel olarak kum zerrecikleriden oluşur.

Tarımsal sulama açısından, özellikle topraktaki bu fazların durumu ve değişimi önem taşır.

Su molekülleri bilindiği gibi dış tarafta yerleşik bir elektriksel yük dağılımına sahiptir. Bu tip moleküller (Dipole) diğer elektriksel kuvvetlerle çekilebilirler. Bu durum elektroozmoz olayında açıkça belirgindir. Gerçekte herbir su molekülü küçük bir mıknatıs çubuğu gibi etki eder.

Topraktaki kil parçacikları da, net bir elektriksel yük sağlayarak su moleküllerini çekebilirler. Çekici kuvvetlerin etkinliği, kil parçasından uzaklaştıkça hızla azalır. Böylece, adsorbe edilen su molekülü tabakaları ince olabilir ve genellikle 3-10 molekül kalınlığında olabilir.

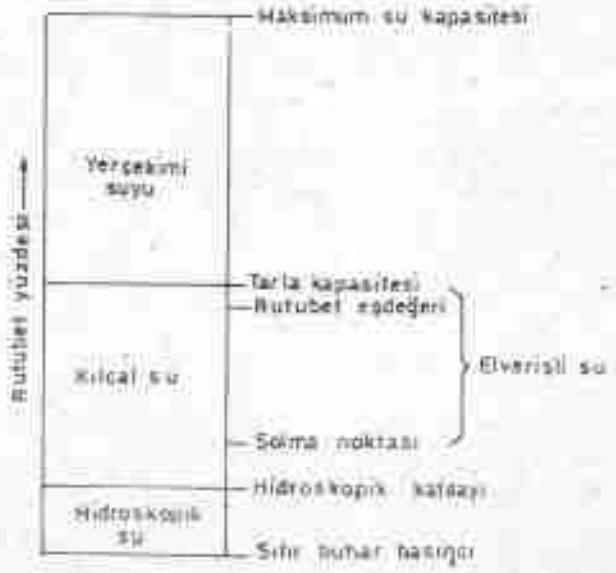
Bazı kil toprak ise kendilerindeki kristal kafes içerisinde suyu absorbe edebilirler. Bu suya interplomar su denir ve kilin büzülme ve şişmesine neden olurlar.

Bazı hallerde killer elektriksel yükleri nedeni ile yüzeylerine diğer katyonları çekerler. Sodyum gibi bazı katyonlar hidrasyon suyu denilen bir su molekülü kabuğu ile kaplanır.

Bütün bu hallerin oluşumundaki su, içsel su genel terimi altında toplanabilir. Bu suların bitki gelişimi için elverişliliğinden söz edilemez. Zira bu suyu tutan içsel kuvvetler çok etkilidir ve bitkiler kökleri vasıtasıyla bu kuvveti yenemezler.

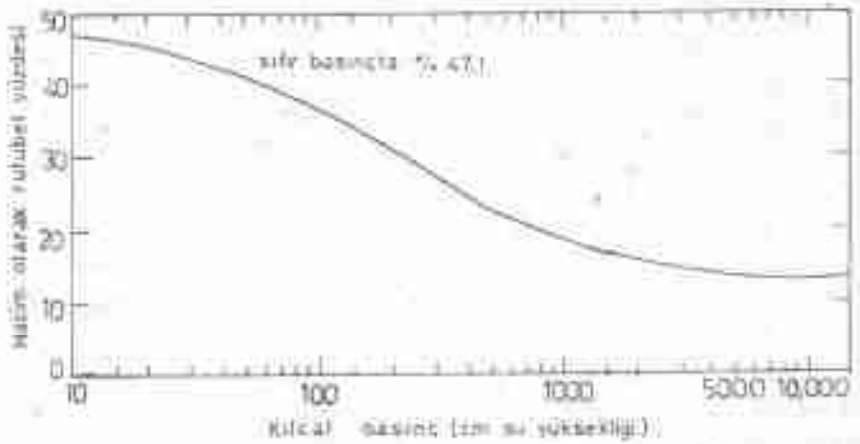
Bu suyun dışında toprakta kılcal kuvvetlerin etkisi ile kılcal boşluklar içerisinde bulunan su vardır ki bu suya kılcal su denir. Kılcal kuvvetler yerçekimi kuvvetine karşılık suyun toprak profilinde asılı kalmasına neden olurlar.

Taban suyu, atmosferik basınçtaki noktaların meydana getirdiği hat olarak tanımlanır. Taban suyunun altında topraksuyu basıncı pozitiftir. Tabansuyu pozitif basıncın en üst sınırını gösterir. Taban suyunun üzerinde toprak suyunun basıncı atmosfer basıncından azdır ve su basıncı negatiftir. Nitekim Şekil 10.2 de gösterilen kılcal bölgedeki topraksuyu basıncı negatif bir basınç olarak nitelendirilir.



Şekil 10.2. Toprak rutubet çeşitleri.

Bir toprağın rutubet yüzdesi toprak suyunda etkin olan kuvvetlere bağlıdır. Eğer toprak rutubet yüzdesi ile uygulanan negatif basıncı (kılcal basınç) karşılıklı olarak işaretlersek rutubet karakteristik eğrisi olarak bilinen bir eğri elde ederiz. Böyle bir eğri Şekil 10.3 de görülmektedir.



Şekil 10.3. Rutubet karakteristik eğrisi (killi-tın toprakta)

Şekilde görüldüğü gibi sıfır basınç değerinde ki bu değer taban suyu düzeyine eşdeğerdir. Rutubet yüzdesi % 47.1 dolayındadır. Gerçekte bir toprağın tamamen su ile doyması çok güç olmakla beraber bu durumda toprağın doyma halinde olduğu kabul edilir. Genel olarak havanın toprak gözeneklerinde sıkışması nedeniyle, taban suyu altındaki toprak % 90 dolayında doyma haline gelebilir.

Toprak rutubeti, herhangi bir basınçta her zaman değişime uğrar. Deneysel olarak bazı rutubet yüzdesi değerlerinin sulama uygulamalarında anlamlı olduğu saptanmıştır. Bu rutubet yüzdeleri; çeşitli topraklarda farklı olmakla birlikte genelde toprak-su basıncı olarak belirlenir ve rutubet karakteristikleri olarak nitelandirilirler.

Aşağıda tarımsal sulama yönünden önemli olan rutubet karakteristikleri ile birlikte bazı sulama terimlerinin açıklamaları yapılacaktır.

a– Tarla Kapasitesi:

Serbest drenaj koşulları altında kök bölgesi toprağında tutulabilen maksimum rutubet yüzdesini ifade eder. Diğer bir deyimle tarla kapasitesindeki rutubet toprakta kapilar ve yerçekimi kuvvetleri arasında denge halinde bulunan sudur. Tarla kapasitesi toprağın yapısına, bünyesine, zerre dağılımına ve porozitesine göre değişir. Tarla kapasitesinde toprak özellik-

lerine göre rutubet tansiyonu, 1/10-1/3 atmosfer sınırları arasında değer verir. Tarla kapasitesinin laboratuvarda tayininde, genel olarak 1/3 atmosfer basınç altında verdiği rutubetin kuru ağırlığa göre yüzdesi esas alınır.

b- Devamlı Solma Noktası

Sulama ile tarla kapasitesine eriştirilen toprak rutubeti bitki kullanımına elverişli bir duruma getirilmiş olur. Bitkiler bu sudan kökleri yoluyla ve kolaylıkla yararlanabilirler. Ancak bu yararlanma, topraktaki rutubet yüzdesi belli bir yüzdeye inene kadar sürer. Bu durumda toprak rutubeti devamlı solma noktasına erişmiştir denir ve köklerin basıncı bu andaki tansiyonu yenemedikleri için sudan yararlanamazlar. Devamlı solma noktası topraktan toprağa ve bitki çeşidine bağlı olarak değişiklik gösterir ve 7-40 atmosfer arasında rutubet tansiyonu olarak ifade edilebilir. Laboratuvarda ise bu değer genel olarak 15 atmosfer olarak alınmakta ve uygulamada bu basınç altında alınan rutubet yüzdesi olarak ifade edilmektedir.

c- Elverişli Su Tutma Kapasitesi

Bitkiler Tarla Kapasitesi ve Devamlı Solma Noktası arasındaki herhangi bir rutubetten kolayca yararlanabilirler. Bu suya elverişli su ve birimsel olarak ifade edilmesine de elverişli su tutma kapasitesi denir. Sulu tarım arazisinde herhangi bir andaki rutubet yüzdesi ile Devamlı Solma Noktası arasındaki fark ise o andaki toprakta bulunan elverişli suyu ifade eder. Toprakta bulunan elverişli su açığı veya elverişli su tutma kapasitesi açığı belirli bir toprak derinliğine göre aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$d = \frac{P_w}{10} \cdot A_s.D \qquad P_w = P_{tk} - P_s$$

Eşitlikte;

d = Topraktaki elverişli su açığı (mm)
A_s = Toprağın hacim ağırlığı
D = Toprak derinliği (cm)
P_w = Ağırlığa göre rutubet yüzdesi olarak rutubet açığı
P_{tk} = Tarla kapasitesi
P_s = Herhangi bir andaki ağırlık olarak rutubet yüzdesi

d- Tarla Sulama Randımanı

Belirtilen eşitlikte belirli bir toprak katmanı için hesaplanan rutubet açığı bu katmanı tarla kapasitesine getirmek için verilmesi gerekli olan sulama suyunu ifade eder. Ancak uygulamada tarla başına getirilen suyun belirli bir bölümü sulama ile kök bölgesinde depolanabilmektedir. Bir bölümü ise yüzey akışları, buharlaşma ve derine sızma şeklinde kayıplara uğ-

ramaktadır. Bu nedenle sulama uygulamalarında, tarlaya verilen suyun ne kadarının elverişli olduğunun bilinmesi gerekir. Bu amaçla sulama planlamalarında eşitlik olarak ifade edilen tarla sulama randımanının da gözönünde bulundurulması gerekir.

$$E_a = 100 \times \frac{W_s}{W_t}$$

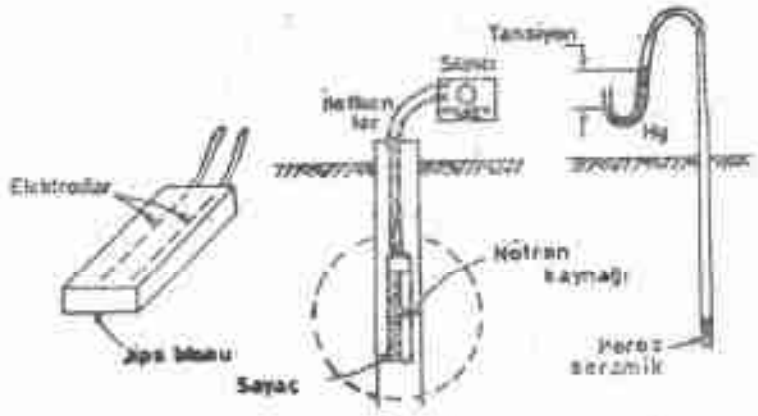
Eşitlikte;

E_a = Tarla sulama randımanı
W_s = Sulama ile kök bölgesinde depolanan su miktarı
W_t = Tarlaya sulama amacı ile saptırılan su miktarı

Arazinin sulamaya hazırlanış biçimi, toprağın geçirgenliği, sulamada kullanılan akış debileri ve akış uzunlukları ve uygulama teknikleri gibi etmenler tarla sulama randımanını etkilerler. Genel olarak iyi bir sulama planlamasında tarla sulama randımanı % 50–60 dan az olmamalıdır.

e- Sulama Zamanı

Sulamanın ne zaman yapılacağı genellikle çiftçinin deneyimleri ile saptanırsa da yüksek randıman istenen sulama uygulamalarında toprak rutubetinin ölçülerek belirlenmesine gereksinme vardır. Toprak rutubetinin ölçümü ile topraktaki elverişli rutubetin düzeyi ölçülmüş olur ve genel olarak elverişli rutubet kapasitesi yarıya düşünce sulamaya başlanarak rutubet açığı tamamlanmaya çalışılır. Topraktaki rutubet yüzdesinin bulunmasında ise çeşitli yöntemler kullanılır. Bunlar tarlada elle yapılan incelemelerden başlayarak laboratuvara toprak örnekleri götürerek yapılan analizlere kadar değişiklikler gösterirler. Ayrıca tarlada rutubet yüzdesini anında ölçmeye yarayan bazı araçlarda geliştirilmiştir. Bunlardan en yaygın kullanılanları Şekil 10.4 de verilmektedir.



(a) Elektriksel yöntem (b) Nötron yöntemi (c) Tansiyometre

Şekil 10.4. Toprak rutubet yüzdelerinin ölçülmesinde kullanılan araçlar.

f- Sulama Aralığı ve Sulama Süresi

Bir sulamada uygulanacak su derinliği (d) topraktaki elverişli su açığı olarak ifade edilebilir. İyi bir sulama planlamasında bir sulamada verilecek su derinliği yanında sulama aralığının da bilinmesine gerek vardır. Sulama aralığı bitki türüne, kök derinliğine toprağın su tutma kapasitesine bağlı olarak değişir. Genel olarak sulama aralığı aşağıdaki ilişki ile saptanır.

$$S.A = \frac{d}{u-r}$$

S.A = Sulama aralığı (gün)

d = Bir sulamada uygulanacak su derinliği (mm)

u = Günlük bitki su tüketimi (mm)

r = Sulama mevsimi içerisindeki günlük etkili yağış (mm)

Sulamada uygulanacak debi, su derinliği, sulama alanı ve sulama süresi arasında aşağıdaki ilişki vardır.

$$A.d = 3,6 . Q.t.E$$

Eşitlikte;

Q = Debi (L/s)

t = Sulama süresi (h)

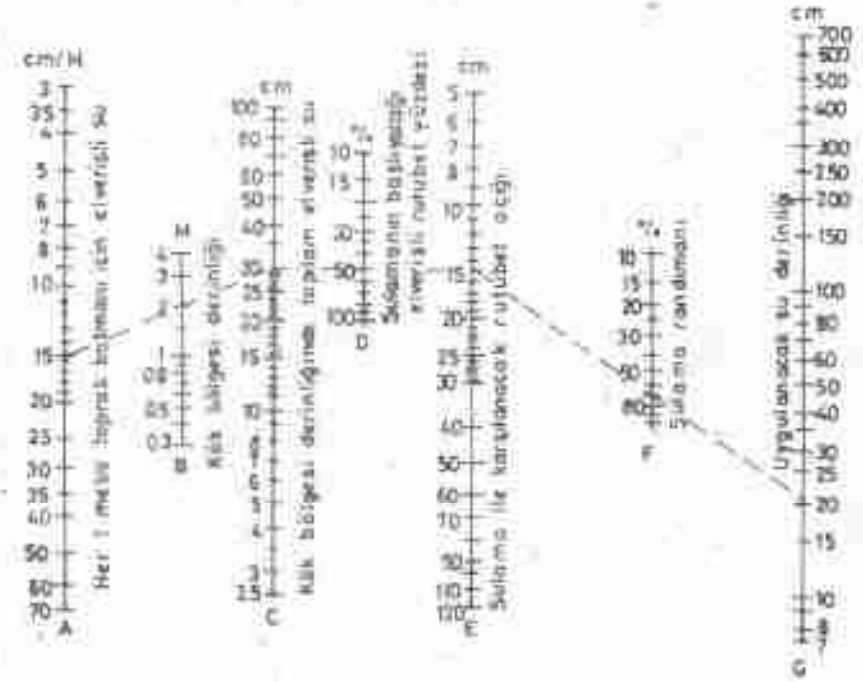
A = Sulama alanı (Da)

d = Bir sulamada uygulanacak su derinliği (mm)

E = Sulama randımanı

Sulamada uygulanacak su derinliğinin hesaplanmasında kullanılabilecek olan bir abak Şekil 10.5 de verilmektedir.

Şekil 10,5 de görüldüğü gibi topraktaki elverişli su 15 mm/ m ve bitki kök derinliği 2 metre olduğunda kök bölgesi derinliğinde 30 cm elverişli su kapasitesi olduğu saptanmıştır (C. ekseni). Sulamaya topraktaki elverişli su kapasitesi % 50 ye düşünce başlanacağına (D ekseni) göre sulama ile karşılanacak rutubet açığı 15 cm olmaktadır (E ekseni). Tarla sulama randımanı % 70 alınırsa (F ekseni) bir defada uygulanacak su derinliği 21,4 cm olarak bulunur (G ekseni).



Şekil 10.5. Sulamada uygulanacak su derinliğinin hesaplanmasında kullanılabilecek abak.

10.2. Arazinin Sulamaya Hazırlanması

Yüzey sulama yöntemlerinin başarı ile uygulanabilmesi için sulanacak arazinin belirli bir eğim derecesinde düzgün bir yüzeye sahip olması gerekir. Bu yüzeyin elde edilmesi ise sulanacak arazinin tesviye edilmesi ile sağlanır. Su ve toprak koruma ile üretimde belirli bir artışa neden olabilecek sulama uygulaması iyi tesviye edilmiş arazilerde olanaklıdır. Genel olarak sulama amacı ile yapılan tesviyenin yararlarını aşağıdaki şekilde özetleyebiliriz.

a) Sulama daha randımanlı ve eşdağılımlı bir biçimde uygulanabilir.

b) Sulama ile birlikte daha ekonomik bir gübreleme ve toprak işleme yapılabilir.

c) Göllenmeler ortadan kalkar ve taban suyu kontrolu kolaylaşarak tuzluluk ve alkalilik sorununun çözümü kolaylaşır.

d) Drenaj ve arazi toplulaştırması projelerinin uygulanmasında ekonomi sağlar.

e) Toprak erozyonu önlenir ve verimlilik korunur.

Bütün bu yararları yanında bazı hallerde özellikle ağır tesviyeler zararlı da olabilmektedir. Zira verimli üst toprağın kazınması pek arzu edilmez. Bu nedenle tesviye çalışmalarına geçmezden önce toprağın özellikleri ve seçilecek sulama yöntemi gözönünde bulundurularak dikkatli bir değerlendirmenin yapılması gerekir. Bu amaçla yapılması gerekli gözlemleri ve incelemeleri aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz.

1) Su alma hızı yüksek olan topraklar:

Su alma hızı yüksek olan hafif topraklarda tesviye çalışmalarının yapılmasının bir yararı olmayacaktır. Zira daha öncede belirtildiği gibi su alma hızı 75 mm/saatden büyük olan topraklarda yüzey sulama yöntemlerinin uygulanması düşünülemez. Bu nitelikteki topraklar ancak yağmurlama yöntemi ile ekonomik olarak sulanabilecektir. Yağmurlama sulamasında ise tesviye gerekmemektedir.

2) Üst toprağın derinliği:

Bazı hallerde toprak derinliği bitki yetiştirilmesi için yeterli olmasına karşılık arazi tesviyesi için yeterli olmayabilir. Böyle topraklarda hafif tesviye ile yetinerek verimliliğin korunmasına çalışılmalıdır.

3) Topoğrafya:

Tesviye edilecek arazinin topoğrafik yapısı tesviye işlemini sınırlayan en önemli etmenlerden birisidir. Bazı hallerde dekardan 150-200 m^3 dolaylarında toprak taşınması gerekebilir. Bu hal ise hiç bir zaman ekonomik bir sulama hazırlığına olanak vermez. Bu gibi arazilerde ekonomik etkenler gözönünde bulundurularak arazinin belirli bir bölümünün tesviyesi ile yetinilebilir.

4) Sulama Suyunun Özelliği:

Bazı hallerde sulama suyunun niceliği ve niteliği arazinin tesviye yapılmasını sınırlayıcı bir etken olabilir. Suyun kıt veya tuzlu olması halinde yüzey sulama yöntemleri düşünülmeyebilir. Bu gibi hallerde tesviye yerine tesviyeyi gerektirmeyen diğer sulama yöntemlerinin uygulanması planlanır.

Tesviye

Arazi tesviye tipleri genel olarak kazınan ve taşınan toprak hacmine göre sınıflandırılabilir.

a. Hafif tesviye $<$ 50 m^3/da.

b. Orta tesviye 50-100 m^3/da.

c. Ağır tesviye 100–150 m³/da.

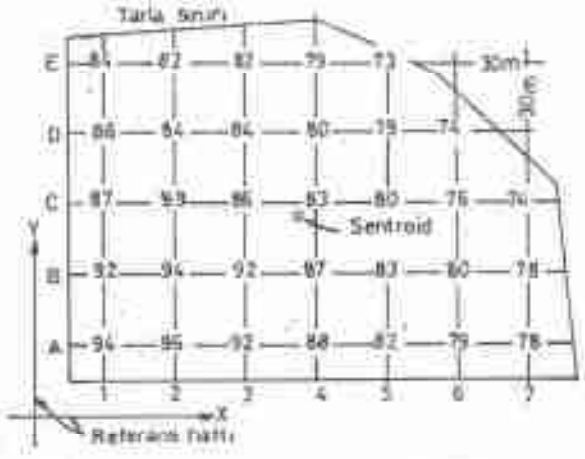
d. Çok ağır tesviye > 150 m³/da.

Hafif tesviyeler genellikle, pulluk çizgileri, ekim tekniği ile ilgili çizgiler, sırtlar ve hendekler, sulama amacıyla yapılmış olan değişik arazi şekillerinin düzeltilmesi için yapılan çalışmalardır.

Topoğrafik farklılıklar, sel yarıkları ve çukurluklar gibi yerlerin sulamaya hazırlanması için yapılan çalışmalar ise ağır tesviyeyi gerektirmektedir.

10.21. Arazi Tesviye Projelerinin Hazırlanması

Arazi tesviye projelerinin hazırlanması herşeyden önce seçilecek yüzey sulama yöntemi ve drenaj koşullarına bağlıdır. Araziye verilecek eğimin yönü ve derecesi sulama yöntemi ile nekadar ilişkili ise arazinin en düşük ve en yüksek noktalarının belirlenmesinde fazla suların araziden uzaklaştırılması da o derecede önemlidir. Araziye sulama yönünde ve çapraz yönde verilmesi planlanan eğimlere bağlı olarak yapılacak kazı ve dolgu miktarlarının hesaplanmasına ilişkin projelemeye geçmezden önce tesviye yapılacak alanda bir yüzey nivelmanı yapılır. Yapılan yüzey nivelmanına göre ya arazi parçalara ayrılarak tesviye işleri her parça için ayrı ayrı yapılır veya bütün arazi için bir tesviye projesi hazırlanır. Bu amaçla kotlu plan üzerinde ızgara (kare) köşeleri bir koordinat sistemine yerleştirilir (Şekil 10.6). ızgara köşelerine arazinin orijinal kotları yazılır.



Şekil 10.6. ızgara köşelerinin ve sentroidin yerini ve yüksekliğini gösteren durum planı.

Daha sonra en uygun eğim derecelerinin saptanmasında kullanılacak aşağıdaki yöntemlerin birisi uygulanarak proje kotları belirlenir.

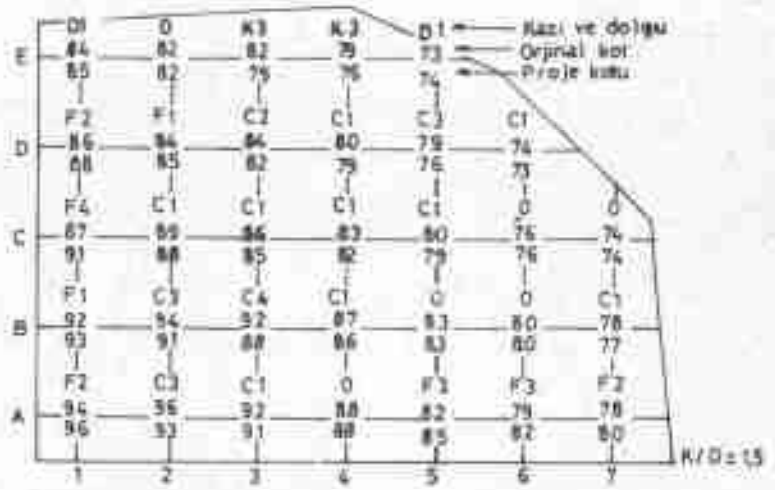
a. Ortalama profil yöntemi

b. Belirgin hacim yöntemi

c. En küçük kareler yöntemi

d. Simetrik artıklar yöntemi

Bu yöntemlerden birinin uygulanması ile yapılan hesaplamalar sonucunda öngörülen eğimleri saptayıcı ızgara köşelerinin yeni kotları saptanır. Böylece her ızgara köşesinde, yapılması gerekli kazı ve dolgu derinlikleri belirlenmiş olur. Hesaplanan kazı ve dolgu derinlikleri ızgara köşelerine yazılarak son tesviye planı hazırlanmış olur (Şekil 10.7).



Şekil 10.7. Arazi tesviye planı.

Bu şekilde hazırlanan tesviye planlarına daha sonra kazı dolgu ayırım doğruları da işaretlenir. Sonra bu değerler her iki yönde toplanarak hacim ayırım planları hazırlanır. Bu planlar, toprak taşıma yönünü ve kazılan toprağın nereye taşınacağını tesviye ekipmanlarını kullanan operatörlere gösterirler.

10.22. Tesviye Projelerinin Uygulanması

Tesviye projesinin uygulanmasına geçmeden önce arazide kareler ağına göre çakılmış olan kazıklar kontrol edilir ve hacim ayırım planı üzerindeki her bir kazığa ilişkin kazı ve dolgular kazıklar üzerine yazılır. Uygulamada kazı kazıkları üzerine kırmızı, dolgu kazıkları üzerine ise beyaz kurdele bağlanarak operatörün dikkati çekilir. Kazıklar üzerinde kazı

ve dolgular bu şekilde belirlendikten sonra tesviye işlemine geçilir. Uygulamada genellikle tesviye işlemine, kazık doğrultusuna paralel bir doğrultuda başlanır. Bu amaçla skreyperler (Şekil 10.8) veya diğer tesviye makinaları kullanılabilir.



Şekil 10.8. Tesviye işleminde kullanılan bir skreyper.

10.3. Sulama Yöntemleri

Sulu Tarım alanlarında uygulanan sulama yöntemleri, toprak özellikleri, topoğrafik durum, bitki çeşidi, su kaynağının özellikleri, iklim durumu ve ekonomik olanaklara göre değişiklikler gösterirler. Sulama suyunun toprağa verilmesinde uygulanan yöntemler, suyun veriliş biçimine göre dört gruba ayrılabilir.

1. Yüzey sulama yöntemleri
   a. Serbest sulama yöntemi
   b. Tarla arklarından sulama yöntemi
   c. Tava yöntemi
   d. Uzun tava (Border) yöntemi
   e. Karık yöntemi
   f. Çizi yöntemi

2. Sızdırma yöntemleri
   a. Hendek sistemi
   b. Hendek ve mol sistemi
   c. Toprak altı boru sistemi
3. Yağmurlama sulama yöntemi
4. Damla sulama yöntemi

Yüzey sulama yöntemlerinde su toprak yüzeyinden verilir ve toprak yüzeyi bütünüyle veya kısmen ıslatılır. Sızdırma yöntemi ile sulamada ise su toprağın altından verilmekte olup, toprak yüzeyi ıslatılmaz. Yağmurlama yönteminde toprak yüzeyi doğal yağışlarda olduğu gibi ıslatılır. Damla sulama yönteminde ise su toprak yüzeyinden damlalar halinde verilmekte olup, belirli bir alan ve profil ıslatılmaktadır.

Herhangi bir tarım alanında uygulanacak en elverişli sulama yönteminin seçiminde aşağıda belirtilen etkenler göz önünde tutulmalıdır.

1. Toprak Özellikleri:

Sulanacak tarım alanı, sulamaya elverişlilik yönünden etüd edilir. Bu etüd hem arazi gözlemlerine hem de bu gözlemleri kontrol ve diğer bilgileri sağlamak amacıyla yürütülen laboratuvar çalışmalarını içermektedir. Böylece toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri sulamaya elverişlilik bakımından incelenir. Sonuçta topraklar sulamaya elverişlilik yönünden sınıflandırılır ve I-IV sınıf alanlar ekonomik olarak sulanabilir tarım alanları olarak nitelendirilir. Sulamaya elverişli bulunan arazide ise aşağıda belirtilen hususlar incelenerek hangi sulama yönteminin daha uygun olacağı araştırılır.

Toprağın elverişli su tutma kapasitesi:

Elverişli su tutma kapasitesi yüksek olan topraklarda, sulama aralıklarını artırmanın olanaklı olması nedeniyle yüzey sulama yöntemleri randımanlı bir biçimde uygulanabilir. Oysa elverişli su tutma kapasitesinin düşük bulunduğu topraklarda, sulama aralıkları çok sık olacağından yağmurlama veya damla sulama yöntemleri önerilebilir.

Toprağın su alma hızı:

Toprağın su alma hızı, bütün sulama yöntemlerinin planlanmasında ve uygulanmasında en önemli etmenlerden birisidir. Karık ve uzun tava yöntemlerinde akış uzunlukları yağmurlama ve damla sistemlerinde ise başlık debisi ve aralıklarının seçilmesi toprağın su alma hızına göre yapılır. Genel

bir kriter olarak su alma hızları 12,5 mm/saatden az olan topraklarda yüzey sulama yöntemleri, 12,5–75 mm/saat arasında olan topraklarda bütün sulama yöntemleri, 75 mm/saatden fazla olan topraklarda ise yağmurlama ve damla sulama yöntemleri başarıyla uygulanabilmektedir.

2. Topoğrafik Durum:

Topoğrafik durumun değerlendirilmesi amacıyla, tesviye eğrileri arası 10 cm olan bir topoğrafik harita hazırlanır. Bu haritanın üzerinde arazinin büyüklüğü, en yüksek ve en alçak yerleri, hakim meyil doğrultusu ve derecesi işaretlenir. Hazırlanan haritadan elde edilecek değerlere göre topoğrafik bakımdan araziye en uygun sulama yöntemleri seçilir. Düz ve düze yakın araziler hemen hemen bütün sulama yöntemleri için uygundur. Buna karşılık meyil derecesi orta ve yüksek olan arazilerde ise yağmurlama sulaması başarılı olarak uygulanabilir.

3. Su Kaynağı:

Sulama suyunun kaynağı, niteliği ve niceliği uygulanacak sulama yönteminin seçimini etkiler. Sulama suyu pompayla elde ediliyorsa yağmurlama yöntemi tercih edilebilir. Suyun kıt olması halinde ise damla sulama yöntemi önem kazanır.

4. Yetiştirilen Bitki:

Yetiştirilen bitkinin boyu, büyüme süreci, günlük su tüketimi, kök derinliği, fizyolojisi, hastalıklara karşı direnci ve ekim nöbeti seçilecek sulama yöntemini belirleyen etkenlerdir.

Örneğin, pamuk, pancar gibi sıra bitkileri karık ve yağmurlama, sık büyüyen çayır mera bitkileri uzun tava, buğday çizi, meyva bahçeleri karık, tava ve yağmurlama, bazı meyva çeşitleri ve çilek gibi bitkilerin sulanmasında ise damla sulamadan iyi sonuçlar alınmaktadır.

5. İklim Durumu:

Sulama yönteminin seçiminde iklim durumu da etken bir unsurdur. Bu amaçla sulama yapılacak arazideki rüzgar, sıcaklık, nisbi rutubet, don ve yağış gibi iklim karakteristikleri dikkate alınır. Hakim rüzgarların hızlı ve sıcaklığın yüksek olduğu yerlerde yağmurlama yöntemi, fazla su kaybına neden olacağından önerilmez. Bunun yerine yüzey sulama yöntemlerinin uygulanması başarılı ve ekonomik olur. Don mevsimlerinde ise yağmurlama yöntemleri meyve ve sebze bahçelerinde başarılı olarak kullanılabilir. Buharlaşmanın yüksek olduğu yerlerde ise sızdırma ve damla sulama yöntemlerinden iyi sonuçlar alınabilir.

6. Sulama Giderleri:

Sulama sisteminin tesis ve işletme giderleri, sulanacak tarım alanından sağlanacak gelir artışı ve ekonomik olanaklarla denge halinde olmalıdır. Nitekim ilk tesis masrafları yüksek buna karşı işletme giderleri düşük olan yağmurlama yönteminin seçiminde, kredi olanakları ve üretim ekonomisinin etkisi büyüktür.

10.3.1. Yüzey Sulama Yöntemleri

Yüzey sulama yöntemlerinin en belirgin özelliği, hepsinde arazinin sulama için ön hazırlık istemesi ve etkili bir su dağıtım sistemine gereksinme göstermeleridir. Su dağıtım sistemi ark, oluk veya boru sistemi olabilir.

Yüzey sulama yöntemlerinin projelenmesi ve uygulanmasında aşağıda belirtilen prensipler gözönünde bulundurulmalıdır.

1. Yetiştirilen bitkilerin gereksinme duyduğu suyun kök bölgesinde depolanması,
2. Suyun toprağa eş dağılımlı olarak verilmesi,
3. Su uygulamasında erozyon önlenmesi,
4. Yüzey akışlarının minimum kılınması,
5. Sulamadan dönen suyun yeniden kullanılabilmesine olanak hazırlanması,
6. Sulama işçiliğine olan gereksinmenin azaltılması,
7. Tarla su dağıtım sisteminin neden olacağı su kaybının azaltılması.
8. Sulama sisteminin tarla sınır koşullarına uygunluğunun sağlanması,
9. Sistemin değişebilecek koşullara uygun olabilmesinin sağlanması.

Yüzey sulama yöntemlerinin projelenmesindeki genel esaslar bu şekilde özetlendikten sonra şimdi de bu yöntemler kısaca gözden geçirilecektir.

10.3.1.1. Serbest Salma Sulama Yöntemi

Suyun tarla ârklarından saptırılarak tarla üzerinde rastgele yayılmaya bırakılmasıdır. Bu yöntemde su toprak yüzeyini devamlı bir tabaka kaplayacak şekilde verilir. Teorik olarak su, tarla üzerindeki her noktada, kök bölgesinin gereksinme duyulan düzeyde su ile ıslatılmasını sağlayacak bir sürede bulundurulmalıdır. Uygulamada ise bu teorik koşul, ancak bazı hallerde gerçekleşebilmektedir. Tarlanın her tarafının aynı ölçüde su alması olanaklı olsa bile topoğrafya nedeniyle bazı yerler yine de çok su alacaktır. Bu yöntem suyun bol ve ucuz olduğu yörelerde özellikle çayır, yonca ve

bububut sulamalarında kullanılmaktadır. Bu yöntemle yapılan sulamada arazinin eğiminden yararlanılarak sulama yapılır. Şekil 10.9. da serbest salma yöntemi sulama gösterilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi pancar sulamasında bu yöntemle bazı yerlerde gölenme olmakta ve düşük randımanlı bir sulama uygulaması yapılabilmektedir.



Şekil 10.9. Serbest salma yöntemi sulama uygulaması.

10.31.2. Tarla Arklarından Sulama Yöntemi

Sulama alanına tesviye eğrilerine paralel olarak açılmış arklarla getirilmiş olan suyun, kontrollu bir şekilde taşırılarak tarlaya verilmesi şeklinde uygulanır. Özellikle meyilli arazilerde yetiştirilen ve sık gelişen mahsullerin sulanmasında uygulanır. Suyun tarla üzerinde düzgün bir şekilde yayılması için genellikle tarla arklarında şişirilen su, Şekil 10.10 da görüldüğü gibi sifonlarla sulama alanına alınır.

10.31.3. Tava Yöntemi

Tava yöntemi, sulama alanının düz ve toprağın su alma hızının düşük olduğu hallerde kullanılır. Bu yöntem genellikle, toprağın fazla tuzlu olması



Şekil 10.18. Tarla arkında sifonlarla su alarak sulama yapılması.

halinde ve sulama ile birlikte yıkamanın da yapılması amaçlandığında önerilebilir. Tavalar, seddeler ve tümseklerle çevrilmiş düz tarlalardır. Kare, dikdörtgen veya muntazam olmayan şekillerde düzenlenebilirler. Alanları ise 2 m^2 den başlayarak 4 dekara kadar çıkabilir. Ağır bünyeli ve tuzlu topraklarda tava sedğeleri, hafif topraklardakine oranla daha geniş olarak yapılırlar. Böylece suya temas edip kurıması halinde seddelerde meydana gelecek çatlamalar önlenmiş olur.

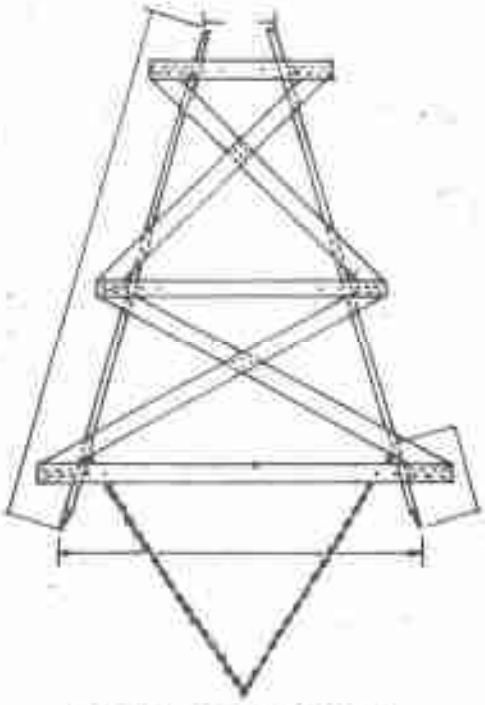
Sulama sırasında tavalara, toprak tekstürüne ve bitki çeşidine bağlı olarak 5–15 cm. yüksekliğinde su uygulanır. Çok ağır ve az geçirgen topraklarda bu suyun toprak tarafından alınması bazen 24 saati geçebilir. Böyle az geçirgen topraklarda tavalar yanyana yayılıp aralarında su dağıtım savakları yerleştirmek suretiyle tek bir prizden sulanmaları sağlanabilir. Diğer hallerde ise tavaların herbiri için ayrı su alma prizleri düzenlenmelidir. Meyva bahçelerinde ise, her ağaç küçük bir tava içine alınarak sulama yapılır.

10.31.4. Uzun Tava (Border) Yöntemi

Bu yöntemde, tarla hakim eğim doğrultusunda 10–20 m genişlikte ve 100–250 m uzunlukta uzun şeritlere ayrılmakta ve bunların araları sedde ve

tümseklerle bölünmektedir. Tavaların üst tarafındaki sifonlar veya prizlerden bırakılan su ince bir tabaka halinde ve seddelerce kontrol edilerek aşağıya doğru akar. Topoğrafya uygun olduğu sürece bu yöntem özellikle hububat, yonca ve diğer çayır bitkileri için elverişli bir sulama yöntemidir. Uzun tava yöntemi ile sulama yapmadan önce arazinin tesviye edilerek düzenlenmesi ve sulama yönünde % 0,1–% 0.6 arasında eğim verilmesi gerekmektedir. Tava eğimleri ağır bünyeli topraklarda daha düşük, hafif bünyeli topraklarda ise daha yüksek seçilebilir.

Tava seddeleri bir border diski, skreyper, sedde yapıcıları (Şekil 10.11) veya arazinin tesviyesi sırasında tesviye makinaları ile yapılır. Bu seddeler verilen suyun taşmasını önleyecek kadar yüksek fakat tarım makinalarının geçişlerine engel olmayacak kadar yatık yapılmalıdır. Bunlar 25–50 L/s lik debiler için 50 cm. taban ve 15 cm yükseklikten başlayarak 150–200 L/s lik debilerde 2,40–3,00 m taban ve 60 cm yükseklikte olacak biçimde inşa edilirler.



Şekil 10.11. Ahşap sedde yapımı.

Uzun tava boyutları ise, tavalarda erozyona neden olmayacak ölçüde verebilecek olan akışlarla ilgilidir. Örneğin % 0.5 eğimde, her 1 m. tava eni

için 0.9 L/s ve % 2 eğimde ise 1 m. tava eni için 0.3 L/s lik akışların emniyetle kullanılabileceği söylenebilir.

Uzun tavalara verilecek akışlar, toprak tekstürüne, toprağın su alma hızına, tava boyutlarına ve uygulanacak su derinliğine bağlı olarak değişir. Hafif bünyeli ve yüksek su alma hızı gösteren topraklarda yüksek akış debileri, ağır bünyeli, düşük su alma hızı gösteren topraklarda ise düşük akış debileri uygulanır.

Uzun tavalara verilecek optimum boyutlar ve akış debileri değişik eğim ve toprak özelliklerine göre yapılacak tarla denemeleri ile belirlenebilir. Sulama sistemlerinin planlanmasında esas alınabilecek bazı sınır değerleri Cetvel 10.1 de verilmektedir.

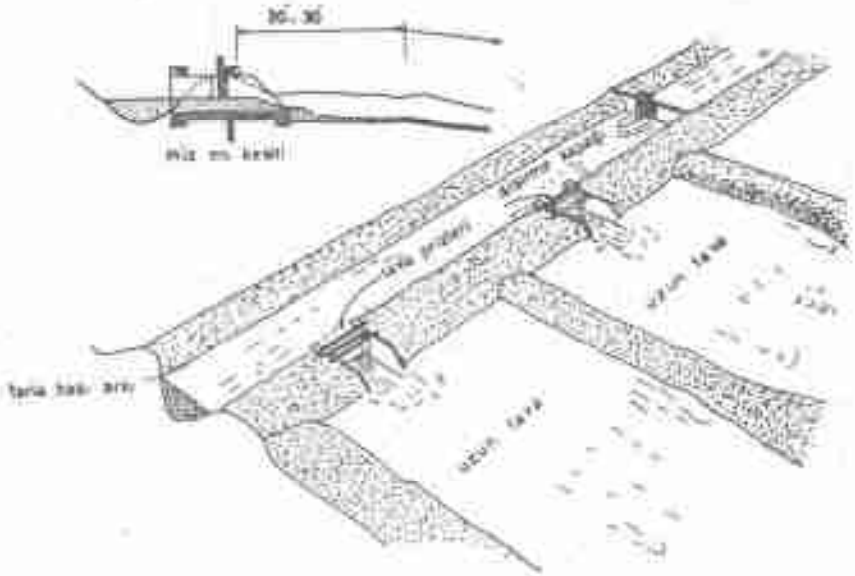
Cetvel 10.1. Uzun tava (Border) sulamasına ilişkin planlama verileri (Darlot)

Toprak tekstürü	Eğim %	Her metre tava genişliği için debi (L/s)	Tava uzunluğu (m)
Kumlu	0.2-0.4	10-15	60-90
	0.4-0.6	8-10	60-90
	0.6-1.0	5-8	60-90
Siltli-kumlu	0.2-0.4	5-7	120-80
	0.4-0.6	4-6	90-180
	0.6-1.0	2-4	90
Siltli-killi	0.2-0.4	2.4-3.5	180-300
	0.4-0.6	2-2.5	90-180
	0.6-1.0	1-2	90
Killi	0.2-0.3	2-3.5	360

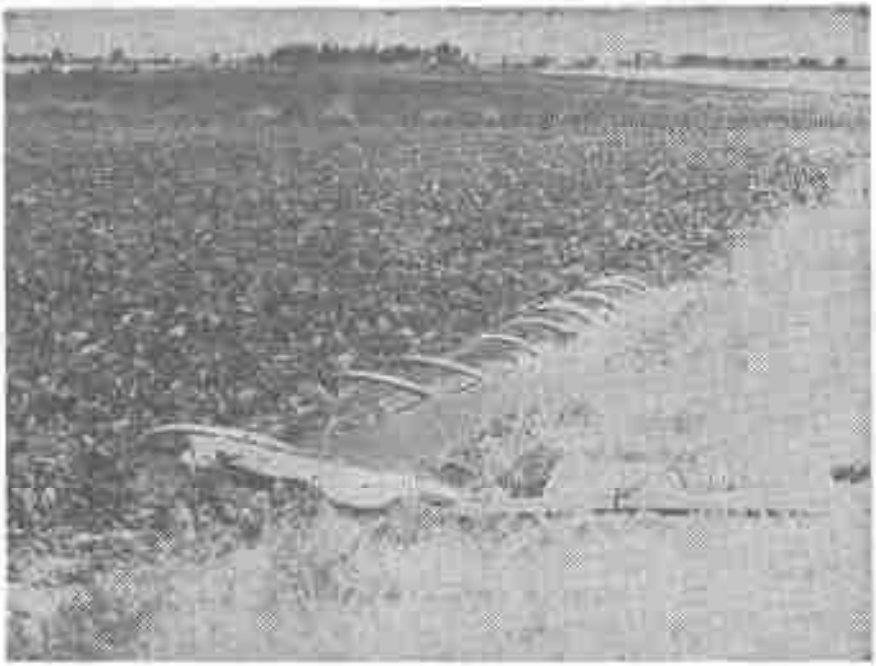
Uzun tavalara su verilmeden önce tarla başı arkına alınır ve burada suyun seviyesi şişirme kapakları ile yükseltilerek tava prizleri (Şekil 10.12) veya sifonlarla tavalara verilir (Şekil 10.13).

10.31.5. **Karık Sulaması**

Karık sulaması özellikle patates, mısır, sebze ve meyve gibi sıraya ekilen ve yetiştirilen bitkilerin sulanmasında en uygun bir sulama yöntemidir. Bu yöntemde toprak yüzeyinin bir bölümü ıslatılarak su kayıpları azaltılır ve sulamadan hemen sonra bazı toprak işleme işleri yürütülebilir. Karık sisteminin planlanması, arazi düzenlenmesi tamamlandıktan sonra toprak özellikleri ve topoğrafik yapıya uygun olarak yapılır. Bu amaçla tarla denemeleri yapılarak uygun karık aralıkları, karık eğimleri, akış debileri, karık uzunlukları belirlenmiş olur.



Şekil 10.12. Uzun tavalara prizlerle su verilmesi.



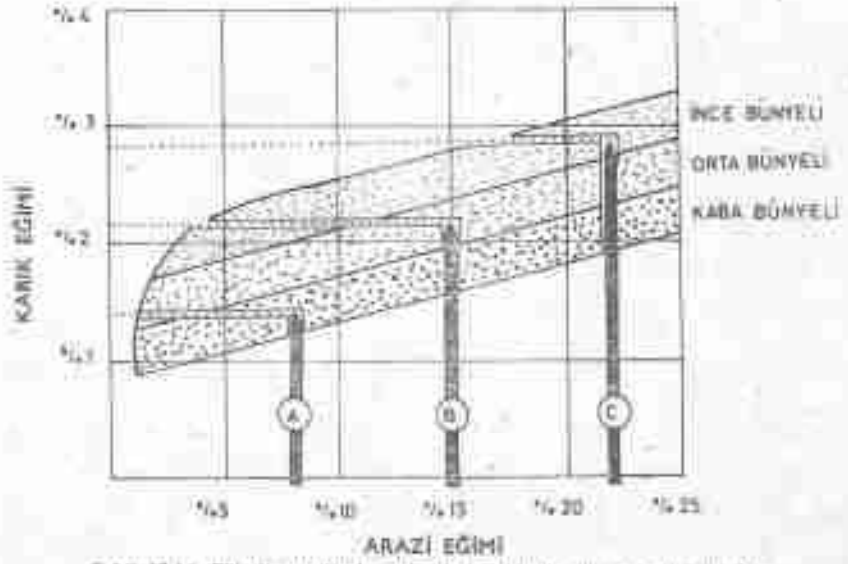
Şekil 10.13. Pancar sulamasında uzun tavalara tarla başı arkından sifonlarla su verilmesi.

1. Karık Aralıkları:

Karıklara verilecek olan aralıklar sulanacak bitkilerin özellikleri ile toprak işleme ve ekim makinalarının çalışma koşullarına bağlıdır. Örneğin mısır ve patates gibi bitkiler için her sıranın arasında bir karık açıldığı gibi, marul, çilek ve soğan gibi bitkilerin sulamasında karıklar arasında iki sıra bitkinin ekildiğini görüyoruz. Karık araları herhalde, karık aralarında kalan bitkilerin kök bölgelerine gereken rutubeti verecek biçimde seçilmelidir. Optimum karık aralıkları ise tarla denemeleri ile belirlenebilir.

2. Karık Eğimi:

Karık sistemlerinin planlanması çalışmasında en yüksek karık eğimleri hafif topraklarda % 2 ve ağır topraklarda % 3 dolaylarında alınabilir. Ancak bazı özel hallerde düşük akış koşulları ve belirli topraklarda eğim % 15 e kadar çıkarılabilir. Çapraz eğimler ise % 2 nin altında tutulmalıdır. Değişik toprak bünyelerinde, eğimli arazilerde açılacak karıklara verilebilecek uygun karık eğimleri Şekil 10.14'de gösterilmiştir. Şeklin incelenmesinde görüleceği gibi örneğin orta bünyeli topraklarda, ortalama arazi eğimi % 15 dolaylarında ise (B) karıklara verilecek eğim % 22 olacaktır.



Şekil 10.14. Eğimli arazilerde açılacak karıklarda uygun eğim sınırları.

3. Karıklara verilecek akışlar:

Karıklara verilecek akışlar, karık eğimleri ile erozyona neden olma açısından sınırlandırılırlar. Erozyon yapmayacak en yüksek akış debileri aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir.

$$Q = \frac{0.6}{S}$$

Q = Akış debisi (L/s)

S = Karık eğimi (%)

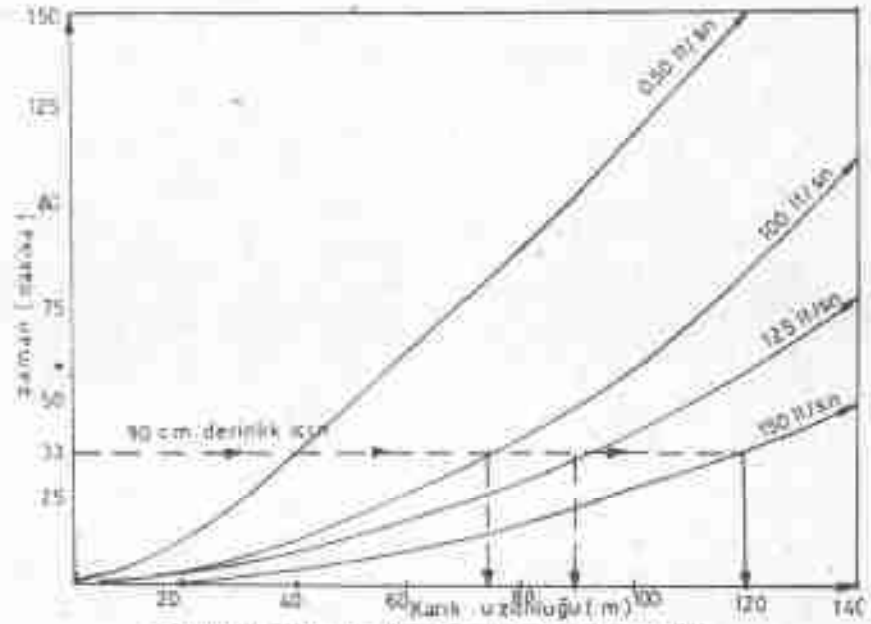
Bazı hallerde başlangıçta karıklara yüksek akış debisi uygulanır. Su karık sonlarına eriştikten sonra debi azaltılabilir. Akış debilerinin belirlenmesinde, karık içerisinde meydana gelen infiltrasyon olayının karık boyunca eşdeğer bir hız göstermesi istenir. Bu durum ise tarla denemeleri ile gerçekleştirilebilir. Bu denemelerde genel olarak hesaplamalar 100 metrelik karık uzunlukları için yapılır ve ağır bünyeli topraklarda daha düşük, hafif bünyeli topraklarda ise daha yüksek ortalama su alma (infiltrasyon) hızları bulunur (Cetvel 10.2).

Cetvel 10.2. Değişik toprak bünyelerinde ortalama karık su alma hızları.

Toprak bünyesi	Ortalama karık su alma hızı (L/d/100 m)
Killi	0- 12
Siltli killi-killi	6- 25
Killi tınlı-siltli tınlı	12- 25
Siltli-tınlı	12- 37
Kumlu tınlı	18- 25
Kumlu	60-180

4. Akış Uzunlukları

Emniyetle ve yüksek randımanla yapılabilecek sulama için alınabilecek en uzun karık boyuna, optimum akış uzunluğu denir. Eğer akış uzunluğu gereğinden fazla alınırsa karık başında tarlaya fazla su, karık sonunda ise eksik su uygulanması olur. Akış uzunluğu kısa alınırsa, karık kesit alanının genişletilmesi gerekecek ve dolayısıyla işçilik ihtiyacı ve tarım alanında olacak alan kaybı artacaktır. Optimum karık uzunluğu özellikle toprağın su alma hızına göre büyük farklılıklar gösterir. Örneğin optimum karık uzunluğu su alma hızı 50 mm/saat den büyük topraklarda 45 m dolaylarında bulunmuş olup, düşük su alma hızlarında ve serbest drenaj koşullarında ise 300 m.ye kadar çıkmıştır. Şekil 10.15 değişik karık uzunlukları ve akış debileri ile sulama süresi arasındaki ilişkileri belirleyen tarla denemeleri sonuçları görülmektedir.



Şekil 10.15. Farklı akış debilerine ilişkin ilerleme eğrileri.

Cetvel 10.3 ve 10.4 de Türkiye'de Alpu Sulama Şebekesi Alanında ve Kuzey Amerika'da değişik toprak grupları üzerinde yapılmış tarla denemelerinden elde edilmiş olan ve karık sulamalarının planlanmasında kullanılabilecek temel değişkenler verilmektedir.

Cetvel 10.3. Eskişehir-Alpu sulama şebekesi alanına ilişkin karık sulama verileri.

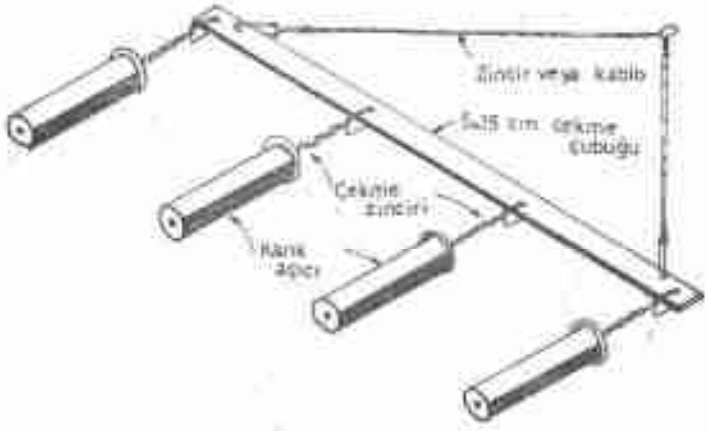
Bitki örtüsü	Toprak bünyesi	Ort. eğim (%)	Maksimum akış debisi (L/s)	Karıklar arası mesafe (m)	Karıklara verilecek maksimum akışlar (L/s)	Maksimum karık uzunluğu (m)
Şeker Pancarı	Killi Siltli killi Tınlı	0,4	1,00 1,50 2,00	0,70	1,50–2,00	105–130
Ayçiçeği	Killi tınlı Killi tınlı	0,4	0,50 1,00 1,25 1,50	0,60	1,00–1,25	75– 90
Nadas	Killi Killi	0,8	0,75 1,00 1,50	0,50	0,80–1,00	88– 98

Cetvel 10.4. Değişik Kuzey Amerika toprakları için bulunmuş karık sulama değişkenlerine ilişkin veriler

Toprak bünyesi		Hafif				Orta				Ağır			
		Uygulanacak su derinliği (mm.)											
Karık eğimi (%)	Maksimum akış debisi (L/d)	50	100	150	200	50	100	150	200	50	100	150	200
		Maksimum akış uzunluğu (karık boyu) (metre)											
0.25	150	150	220	270	300	250	350	440	500	320	450	530	650
0.50	75	105	145	180	205	170	240	295	340	220	305	380	445
0.75	49	80	115	145	165	135	190	235	270	175	250	300	350
1.00	38	72	100	130	140	112	165	200	230	150	225	255	300
1.50	265	57	80	100	115	105	133	160	190	120	175	210	240
2.00	19	60	70	80	95	80	115	140	160	105	145	180	205
3.00	11	38	55	65	75	65	90	110	130	80	115	140	165
5.00	7.5	30	40	50	58	50	70	80	95	65	88	105	125

Karıklara verilecek sular önce tarla başı arkına su dağıtım sistemi ile verilir. Tarla başı arkında eğim genellikle düşüktür. Suyun kapaklar, sifonlar, borular veya savaklarla karıklara dağıtılmasını sağlamak amacıyla, tarla başı arkındaki su seviyesi şişirme kapakları kullanılarak yükseltilir. Bazı hallerde ise tarla başı arkı yerine su pompayla su dağıtım kanallarından alınmakta ve delikli borular veya ahşap oluklarla karıklara verilabilmektedir.

Bazı arazilerde toprağın su alma hızı çok yüksektir. Bu nedenle özellikle kumlu topraklarda ekimden sonra karıklar düzeltilip sıkıştırılarak su alma hızlarının azaltılmasına çalışılır. Bu tip topraklarda Şekil 10.16 da görülen tipte karık açıcılar kullanılarak çok zaman yararlı sonuçlar alınmaktadır.



Şekil 10.16. Yüksek su alma hızı gösteren hafif topraklarda karık açmak için kullanılan araçlar.

10.31.6. Çizi Yöntemi

Bu yöntem karık sulamanın değişik bir uygulamasıdır. Bazı bölgelerde buna küçük karıklarda denir. Genellikle karık derinlikleri 8–12 cm. arasındadır. Toprağın su alma hızına ve toprak bünyesine göre 30–175 m. uzunluklarda açılabilirler. Cetvel 10.5 de değişik kök derinliklerindeki bitkiler için açılacak çizilerin uygun aralık ve uzunlukları verilmektedir. Çiziler ekimden önce veya sonra açılırlar ve düşük akış debileri uygulanır. Bu yöntem özellikle sık ekilen bitkilerin sulanmasında uygulanmaktadır.

Cetvel 10.5. Çizi yöntemi sulamasına ilişkin planlama verileri.

Eğim (%)	Ağır bünyeli topraklar		Orta bünyeli topraklar		Hafif bünyeli topraklar	
	Uzunluk (metre)	Aralık (cm.)	Uzunluk (metre)	Aralık (cm.)	Uzunluk (metre)	Aralık (cm.)
2	175	60	130	60	70	45
4	120	53	90	60	45	45
6	90	45	75	53	38	38
8	80	45	60	45	30	38
10	75	45	52	45		

10.32. Yağmurlama Sulama Yöntemi

Yağmurlama sulama yönteminde, su toprağa doğal yağışlarda olduğu gibi yağmur daneleri şeklinde verilir. Bu amaçla su kapalı borularla yağmurlama başlığı denilen mekanik sistemlere gönderilmekte ve buradan belirli bir basınç altında toprağa püskürtülmektedir. Yağmurlama yöntemi ile sulama aşağıda belirtilen belirli haller için tercih edilebilir.

1. Yeni bir arazinin sulamaya açılmasında
2. Arazinin topoğrafyası yüzey sulaması yapmaya elverişli değilse
3. Toprak koşulları büyük değişiklikler gösteriyorsa
4. Belirli bitki ve toprak koşulları için sık sık ve hafif sulamaya gereksinme duyuluyorsa
5. Tohum çimlenmesi için sulama yapılması zorunluysa
6. Su kaynağı nicelik ve nitelik yönünden yüzey sulaması için elverişli değilse.

Yağmurlama sulama yönteminin diğer sulama yöntemlerine göre yararlarını ise aşağıdaki gibi özetleyebiliriz.

1. Yağmurlama sulaması, topoğrafyanın yüzey sulama yöntemlerinin uygulanmasına elvermediği yerlerde tesviyeye gereksinme duyulmadan kolaylıkla uygulanabilir.

2. Hafif bünyeli ve diğer yüksek su alma hızına sahip topraklarda uygulanabilir.

3. Tarla arklarına gereksinme olmadığından sulamada tarım alanı kaybı meydana gelmez.

4. Sulamada su doğal yağışlarda olduğu gibi verildiğinden eş dağılımlı bir toprak ıslatması ve yüksek sulama randımanı elde edilir.

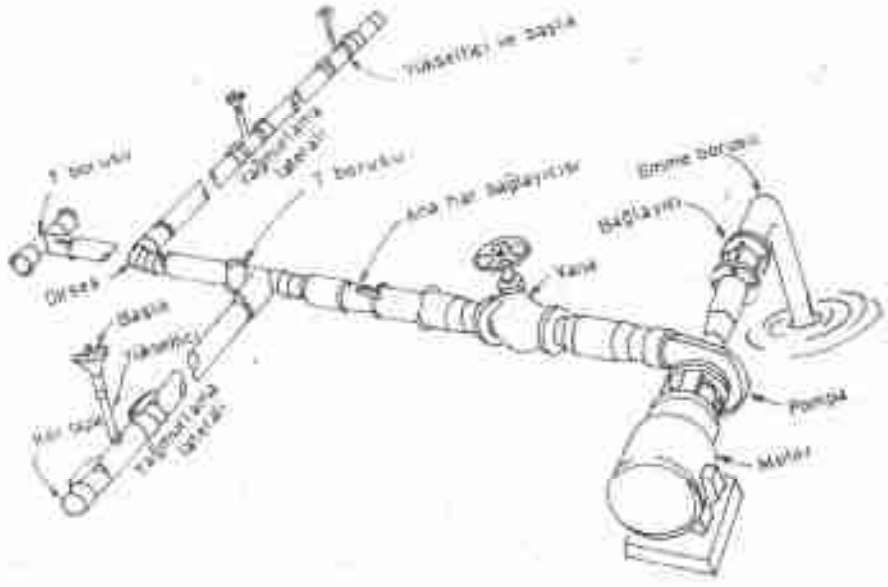
5. Bazı sebze ve meyvelikler, yağmurlama sistemleri ile dondan korunabilirler.

6. Ticari gübreler yağmurlama sulaması ile birlikte toprağa verilebilir.

7. Toprak erozyonu sorunu ortadan kalkar ve taban suyu seviyesi kontrol altında tutulabilir.

Yağmurlama Sulama Sisteminin Unsurları

Yağmurlama sulaması, suyun su kaynağından alınmasından toprağa verilmesine kadar gerekli olan ekipmanları ile bütün bir sistem olarak ele alınır (Şekil 10.17).



Şekil 10.17. Bir yağmurlama sisteminin görünümü.

Sistemi meydana getiren unsurlar; pompaj birimi, boru hattı, bağlantı elemanları ve su verme başlıkları olmak üzere dört grupta toplanabilir.

1) Pompaj Birimi

Yağmurlama sulamasında, bazı haller dışında suyun basınç altında verilmesi sistemde bir pompaj biriminin kullanımı ile sağlanır. Pompaj birimi; yağmurlama sistemlerinin en önemli unsurlarından birisi olup, santrifüj veya derin kuyu pompası ile bir elektrik motoru veya içten yanmalı bir motordan oluşur.

Yağmurlama sisteminde pompaj ünitesi, suyun belirli bir basınç altında sırasıyla ana hatta, lateraller, yağmurlama başlıklarına ve buradan da basınçla toprağa püskürtülmesini sağlar.

Bazı hallerde ise su kaynağının bulunduğu yerle başlıklar arasında bulunan kot farkı bütün bu basınç gereksinmelerini karşılayacak bir değerde olabilir. Ancak böyle hallerde bir pompaj birimine gerek duyulmayacaktır.

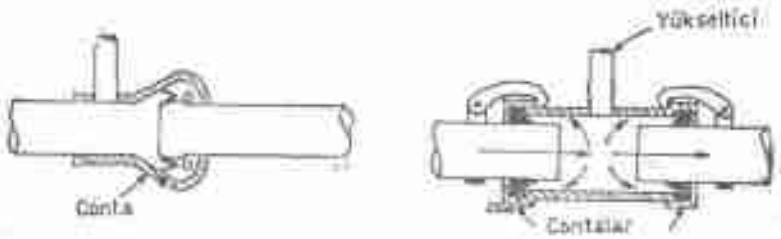
2) Boru Hatları

Yağmurlama sistemlerinde su taşıyıcı borular ana ve lateral borulardan oluşurlar. Bunlar aspestli çimento, alüminyum, hafif galvanize çelik veya plastikten yapılırlar. Ana boru hatlarında kullanılacak borular bazı hallerde toprak altında döşenebilirler. Bunlar çalışma basıncına, eğilmeye ve burulmaya dayanıklı olmalıdırlar.

Lateral borular ise ana borular üzerinde sabit veya hareket edebilen borular olarak bağlanırlar. Bu bağlamada, Şekil 10.18 de görüldüğü gibi bir "T" bağlayıcısından yararlanılır. Hareketli lateraller çabuk bağlayıcı sistemlerle ana boruya bağlanmakta ve gereğinde kolayca sökülerek ana boru üzerinde bir diğer yerde çabuk bağlayıcılar ile yeni bir bağlantı kurulabilmektedir. Uygulamalarda genellikle 6,9 ve 12 m. uzunluklarda lateral borular kullanılmaktadır.

Lateral boruların sonunda ise birer kör tapa bulunur. Bunlar kolaylıkla takılıp sökülebilen sistemlerdir.

Yağmurlama sistemlerinde özellikle lateral boruların bağlantı yerlerinde kullanılan çabuk bağlayıcıların sistemin çalışması süresince suyu sızdırmaması istenir. Ancak sulama durduğunda borular içerisindeki suyun boşalması arzu edildiğinden bağlayıcıların suyun kendiliğinden boşalmasına izin verecek bir yapıda olması gerekir. Bu amaçla bağlantı elemanlarında basınç altında suyu sızdırmayan basınç kalktığında suyu boşaltan özel contalar kullanılır. Şekil 10.18 de iki ayrı tip hızlı bağlayıcı görülmektedir.



Şekil 10.18. Bağlayıcı tipleri.

3) Su Verme Sistemleri

Yağmurlama sistemlerinde su araziye delikli borular, memeli borular veya döner başlıklardan verilir.

1. Delikli boru sistemi:

Delikli boru sistemlerinde, üzerinde küçük delikler açılmış hafif borular kullanılır. Delikler, işletme basıncına göre borunun her iki tarafında yaklaşık 6–15 metrelik bir arazi şeridini sulayacak şekilde açılmışlardır. Bu amaçla kullanılan lateraller 2, 3 veya 4 inçlik galvanize çelik veya alüminyum borulardır. Suyun püskürtüldüğü deliklerin çapları 0,1–1,2 mm. dolaylarındadır. Bu sistemler genel olarak 1–2 atmosferik basınç altında çalışırlar. Yüksek yağmurlama hızı (15–50 mm/saat) nedeniyle, bu sistem özellikle su alma hızı yüksek hafif bünyeli düz araziler için uygundur.

2. Memeli boru sistemi:

Memeli boru sisteminde ise genel olarak 3/4– 1 1/2 inçlik çelik borular ve bunların üzerine 60, 100 cm. lik eşit aralıklarla bağlanmış 0.8, 1.0 veya 1.2 mm. lik pirinç memelerden oluşur. Boru hattı topraktan 100 cm. kadar yükseklikte destekler üzerine yerleştirilir ve 90° lik bir döndürme verebilen bir dördüncü mekanizmaya bağlanır. Böylece her iki yönde memeli borular ağır ağır döndürülerek sistemin her iki tarafının sulanması sağlanır. Uzun boruların döndürülmesindeki güçlük nedeni ile sistemin en fazla uzunluğu 60 m. nin üzerine çıkmaz. Islatma genişliği ise borunun her iki tarafında 7,5 m olmak üzere toplam 15 m. dolayındadır. Sistem çalışma basıncı ortalama 2,5 atmosfer olup, 3–5 mm/saatlik bir yağmurlama hızı sağlanır.

Memeli boru sistemi, tesis masraflarının yüksek olması hareket ettirmedeki güçlük, ıslatma alanlarının küçük olması ve hareket verici mekanizmanın tamir ve bakım güçlükleri nedeni ile pek yayılmamıştır. Özellikle fi-

danlıkların sulanmasında kullanılmakta ve çoğunlukla sabit sistemler olarak tesis edilmektedirler.

3. Döner başlıklar

Döner yağmurlama başlıkları çeşitli özelliklerine göre aşağıdaki şekilde gruplandırılabilirler.

1. Çalışma sistemlerine göre:
   a. Basit döner başlıklar
   b. Çekiçli döner başlıklar
   c. Sallayıcı döner başlıklar
2. Çalışma basınçlarına göre:
   a. Düşük basınçlı başlıklar
   b. Orta basınçlı başlıklar
   c. Yüksek basınçlı başlıklar
3. Debilerine göre:
   a. Düşük debili başlıklar
   b. Orta debili başlıklar
   c. Yüksek debili başlıklar
4. İşlevlerine göre:
   a. Tarla yağmurlama başlıkları
   b. Bahçe yağmurlama başlıkları
   c. Çim yağmurlama başlıkları

Bütün döner yağmurlama başlıklarında başlıklar su basıncı ile çift etki prensibine göre veya sallayıcı kol etkisine göre dönerler. Dönüş hızlarına göre yavaş dönen başlıklar ve hızlı dönen başlıklar diye bir başka ayırımda yapılabilir.

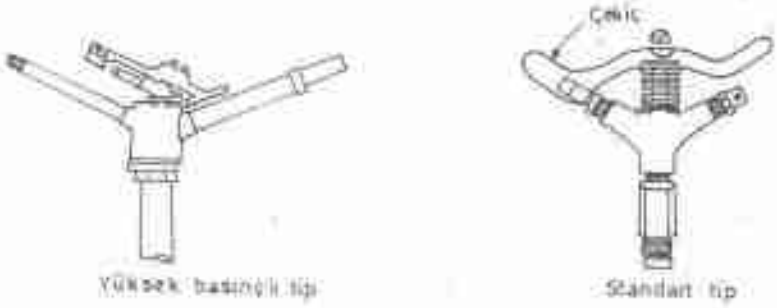
Yavaş dönen başlıklar değişik tiplerde olabilir. Düşük basınçta çalışan küçük, tek memeli başlıklar olduğu gibi, yüksek basınçla çalışan büyük ve çok memeli olanları da vardır.

Küçük ve tek memeli başlıklar 1,3–2,7 atmosfer basınç altında çalışırlar ve debileri 0,13–0.54 L/s arasında değişir.

İki memeli yağmurlama başlıkları 2–4 atmosfer işletme basıncı altında çalışırlar ve debileri 0.4–2 L/s arasındadır.

Yüksek basınçla çalışan çok memeli başlıklar ise 2,5–4,0 L/s arasında debi verebilirler ve 4–8 atmosfer işletme basıncına gereksinme gösterirler.

Şekil 10.19 da standart tipte bir yağmurlama başlığı ile yüksek basınçla çalışan bir başlık tipi görülmektedir. Herhangi bir yağmurlama başlığının ıslatma alanı başlık memesindeki su basıncı ve suyun püskürtme açısına bağlıdır. Islatma alanının büyüklüğü bazan, yükseltici borusunun boyunu azaltıp yükselterek değiştirilebilir.



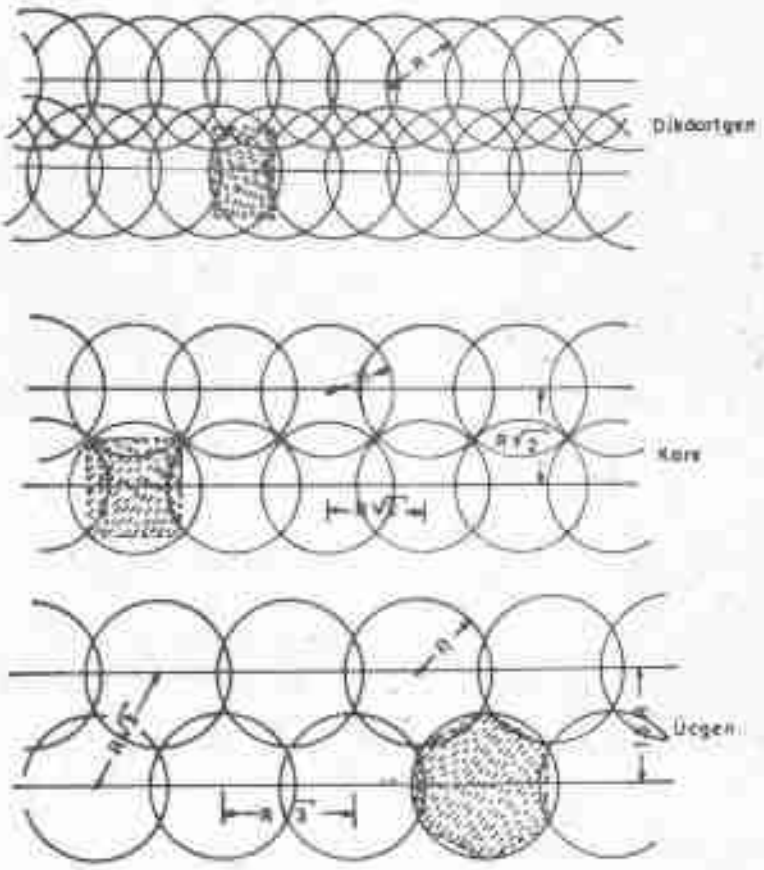
Şekil 10.19. Yağmurlama başlıkları.

Dönen yağmurlama başlıkları çevrelerini dairesel olarak ıslatırlar ve merkezden çevreye doğru azalan bir su dağılımı verirler. Dolayısıyla çevrelerine eşdağılımlı bir ıslatma sağlayamazlar. Sulanan alanda eşdağılımlı bir yağmurlama sağlamak amacıyla lateral üzerindeki başlıklar ve laterallerin aralıkları etki alanları birbirlerini örtecek şekilde tertip edilirler. İstenilen örtme durumu başlıkların yağmurlama hızına ve rüzgar koşullarına göre değişebilir. Şekil 10.20 değişik örtme paternlerini veren başlık tertipleri görülmektedir.

Yağmurlama sistemleri, durağan, taşınabilir veya yarı taşınabilir şekilde tesis edilebilirler. (Şekil 10.21). Durağan sistemlerde ana boru ve lateral borular toprağa gömülü olup, pompaj birimi durağandır. Sadece başlıklar gerektiğinde sökülüp, takılırlar. Özellikle hafif topraklarda kısa aralıklarla sulama yapılacak bitkilerin sulanmasında uygulanır.

Taşınabilir sistemler ise genellikle hareketli bir pompa birimi ile yine taşınabilir bir ana hat veya laterallerden oluşur (Şekil 10.20). Değişik konumlarda rahatlıkla kullanılabilen bu sistemlerin konum masrafları az, ancak işletme masrafları yüksektir.

Yarı taşınabilir sistemlerde ise genel olarak pompaj ünitesi ve ana boru (Şekil 10.21) de görüldüğü gibi sulama konumlarına göre yer değiştirilebilirler.



Şekil 10.20. Yağmurlama başlıklarının (a) dikdörtgen, (b) kare, (c) üçgen biçimde sıralanışı

Yağmurlama Sulama Sistemlerinin Projelenmesi

Bir Yağmurlama Sulama Sisteminin Planlanması Projelenmesinde genel olarak aşağıda belirtilen yol izlenir.

1. Proje yerine ilişkin toprak su ve bitki çeşidi ve ekonomik koşullar etüd edilir.

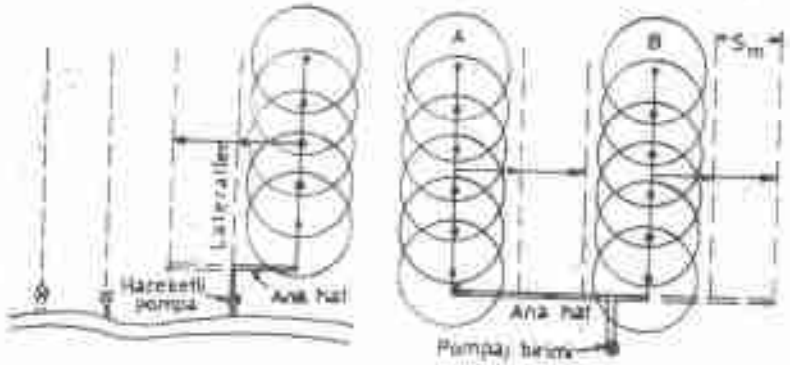
2. Sulamada uygulanacak su derinliği ve sulama aralığı hesap edilir.

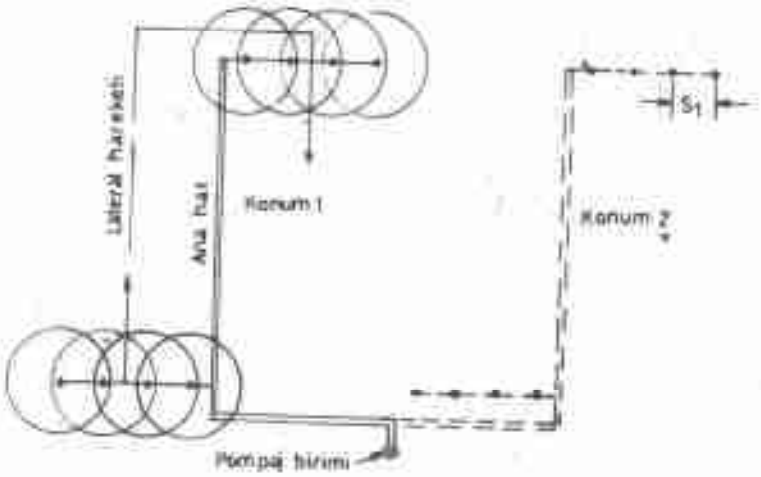
3. Ortalama yağmurlama hızı saptanır.

4. Sistemde gereksinme duyulan toplam su debisi belirlenir.

5. Gerekli yağmurlama başlıkları seçilir.

6. İstenilen yağmurlama hızının elde edilmesi için gerekli yağmurlama aralıkları, başlık debileri, meme çapları, uygulama basıncı ve başlık sayısı hesaplanır.





Şekil 10.21. Değişik yağmurlama sistemleri.

7. Ana hat ve laterallerin tertibi ve işletme düzenleri belirlenir.

8. Laterallar ve ana hatlar için boyut seçimi yapılır ve gerekli basınçlar saptanır.

9. Sistem için uygun pompa biriminin karakteristikleri belirlenir. Yağmurlama sulama sistemlerinin projelenmesinde kullanılan bazı terimler ve ilişkiler aşağıda verilmiştir.

1. Yağmurlama hızı ve yağmurlama süresi:

Yağmurlama hızları, yağmurlama başlığı debisi, Lateral aralığı ve lateral üzerindeki başlık aralıklarının bir fonksiyonu olup, aşağıdaki ilişki ile hesaplanır.

$$I_y = \frac{q.3600}{S_1 \times S_2}$$

Eşitlikte;

I_y = Yağmurlama hızı (mm/saat)

q = Bir yağmurlama başlığının debisi (L/s)

S_1 = Lateral üzerinde başlık aralığı (m)

S_2 = Lateral aralığı (m)

Hesaplanan yağmurlama hızının sulama yapılacak alandaki toprağın su alma hızından düşük olması gerekmektedir.

Yağmurlama süresi ise toprağa verilecek su derinliğinin yağmurlama hızına bölünmesi ile saptanır.

2. Lateral ve Yağmurlama Başlıklarının Aralığı

Ana hat uzunluğu ve günlük yer değiştirme sayısı göz önünde bulundurularak sulama aralığına en uygun lateral aralığı ile lateral sayısı tayin edilir. Şekil 10.21 b de görüldüğü gibi lateraller hesaplanan aralığa göre ana hat üzerinde belirli bir yönde yer değiştirirler. Yağmurlama başlıklarının lateral üzerindeki aralıkları 6, 9 ve 12 m. olarak alınır. Alınan lateral uzunluğu ve aralığına göre de lateral üzerindeki başlık sayısı ve toplam yağmurlama sayısı hesaplanır.

3. Yağmurlama Başlığı Debisi

Yağmurlama laterallerinde oluşan sürtünme kayıpları nedeni ile lateral üzerindeki yağmurlama başlıkları debisi lateral boyunca değişik değerler gösterir. Ortalama başlık debisi aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir.

$$q = \frac{Q}{n}$$

Eşitlikte;

q = Ortalama başlık debisi (L/s)

Q = Toplam Debi (L/s)

n = Başlık sayısı

4. Ana hat ve lateral boruların seçimi

Yağmurlama sistemlerinde ana ve lateral borularda meydana gelecek yük kayıpları belirli sınırların altında tutulmalıdır. Örneğin bir lateralde meydana gelen sürtünme kaybı, hat üzerindeki yağmurlama başlıklarının ortalama işletme basıncının % 20 sini aşmamalıdır. Yine ana hatta meydana gelebilecek yük kaybının pompanın geliştirdiği basıncın % 15 inden fazla olmaması istenir.

5. Pompaj Biriminin Seçimi

Pompa milinde ihtiyaç duyulan debinin hesaplanmasında aşağıdaki eşitliktan yararlanılır.

$$G = \frac{Q\,H}{75\,n}$$

Eşitlikte;

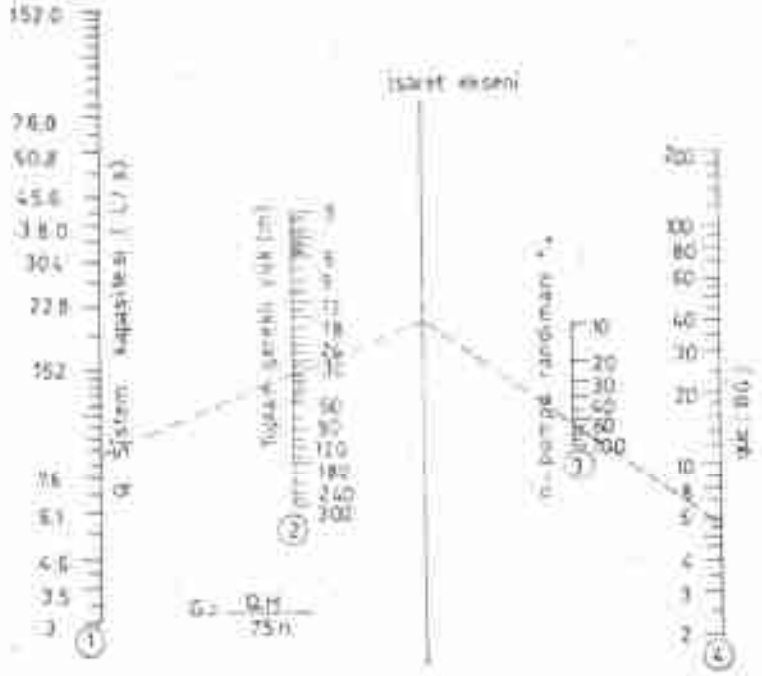
G = Gerekli güç (BG),

Q = Sistem kapasitesi (L/s),

H = Toplam gerekli yük,

n = Pompa randımanı.

Eşitlikle bulunan güç değerleri aşağıda verilen abakla kolayca değişik haller için hesaplanabilir.



Şekil 10.22. Pompa gücünün hesabında kullanılabilecek bir abak.

Abağın kullanılmasında şekilde görüldüğü gibi önce sistem kapasitesi ve toplam gerekli yük değerleri 1 ve 2 numaralı eksenlerde işaretlenerek bir doğru ile birleştirilir ve bu doğrunun uzantısının işaret eksenini kestiği yer saptanır. Daha sonra buradan pompa randımanının bulunduğu 3 numaralı eksendeki değer birleştirilerek tekrar uzatılır ve 4 numaralı ekseni kestiği yer, toplam güç gereksinmesi olarak saptanır.

Yağmurlama yöntemi için yapılacak planlamada en önemli etken sistemin ekonomik olup olmadığıdır. Tarımsal üretimden sulama ile sağlanacak yıllık gelir artışı, sistemin getireceği yıllık ortalama masrafların üzerinde olmalıdır. Yapılacak bir ekonomik değerlendirme ile seçilecek sistemin tipi ve ekonomik elverişliliğin belirlenmesi gerekir.

10.33. **Damla Sulama Yöntemi**

Damla sulamasında su toprak yüzeyinden çok düşük bir basınçla damlalar halinde sürekli olarak verilir. Damlatıcı denilen küçük orifislere ince borularla dağıtılan su borulardan saatte birkaç litrelik çok küçük damlalar halinde bitki çevrelerine veya bir lateral boyunca ince bir hat halinde toprağa verilir. Böylece toprak yüzeyinin yalnızca bir bölümü ıslatılır.

Damla sulaması, arid bölgelerde, tuzlu topraklarda, yüksek evapotranspirasyon koşullarında ve eldeki su kaynağının kalitesinin iyi olmaması halinde dahi uygulanabilecek özellikte bir sulama yöntemidir. Damla sulamasının avantajları aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

1. Yüksek randımanlı bir su kullanımı ve su ekonomisi sağlar.

2. Bitki kök bölgesine sürekli olarak tarla kapasitesi düzeyinde su sağladığı ve sulama ile birlikte iyi bir gübreleme uygulaması yapılabildiği için yüksek ürün artışı verir.

3. Turfanda sebze ve meyve yetiştiriciliğine olanak sağlar.

4. Uygulaması kolay bir sulamadır. Sulama işçiliğine gerek duyulmaz.

5. Sulamanın yanında drenaj sistemine gereksinme duyulmaz.

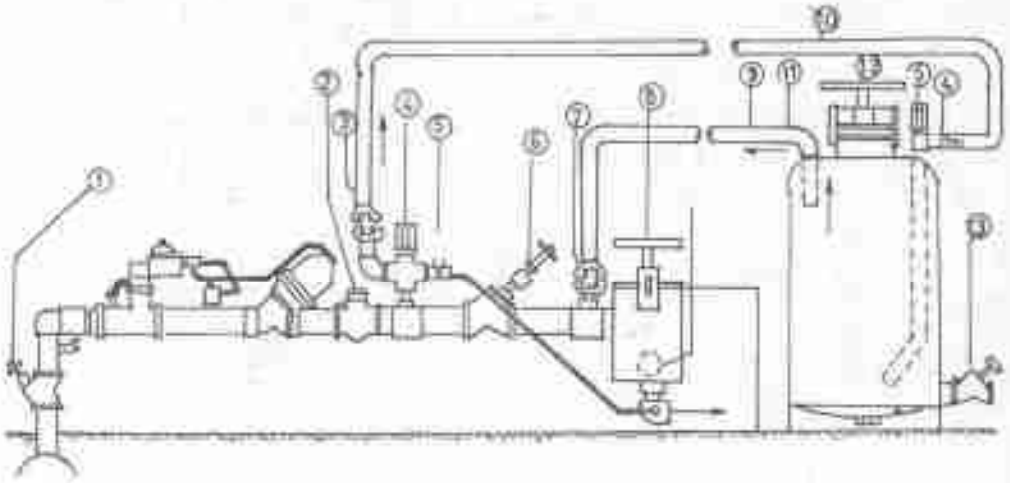
6. Bitki hastalık ve zararlılarının gelişmesini önler.

7. "A" sınıfı buharlaşma kapları ile birlikte kullanılarak bitki su tüketimi yeterince ve zamanında karşılanabilir.

Damla Sulama Sisteminin Unsurları:

Damla sulama sistemleri aşağıdaki unsurlardan meydana gelir.

1. Su kontrol birimi: Su basıncının ve uygulanacak akış debisinin kontrol edildiği ve dengelendiği bir sistemdir. Şekil (10.23) de görülen bu birimde su ayrıca filtre edilerek arındırılmakta ve sıvı gübrelerle karıştırılmaktadır.

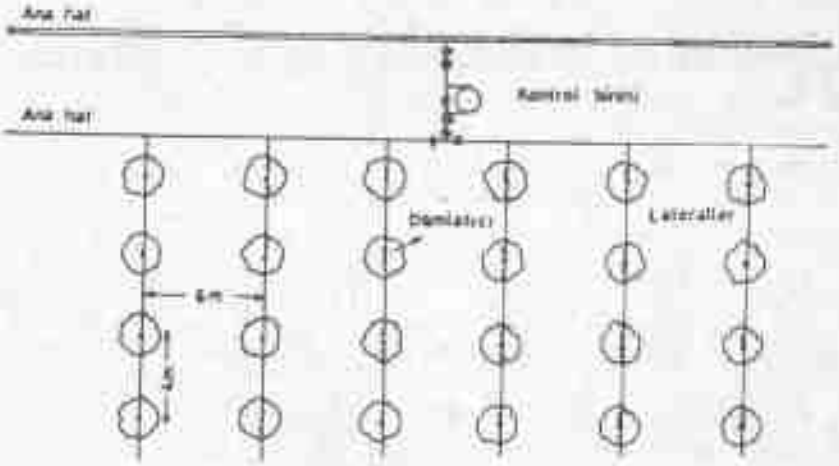


1. Sulama sistemi ile bağlantı vanası
2. Tek yönlü vana
3. Gübre ünitesine su veren boru
4. Vakum vanası
5. Manometre
6. Ana basınç kontrol vanası
7. Sisteme gübre veren boru
8. Ana filitre
9. Su boruası
10. Su boruası
11. Gübre tankı girişi
12. Gübre tankı
13. Boşaltma vanası

Şekil 10.23. Damla sulamasında su kontrol birimi.

2. Su dağıtım sistemi: Su dağıtımı plastik ana ve lateral borulardan oluşur. Ana boruların çapları taşınacak su debilerine göre seçilirler, lateraller ise 12-16 mm. çaplı birbirlerine paralel olarak döşenen plastik borulardan oluşurlar (Şekil 10.24).

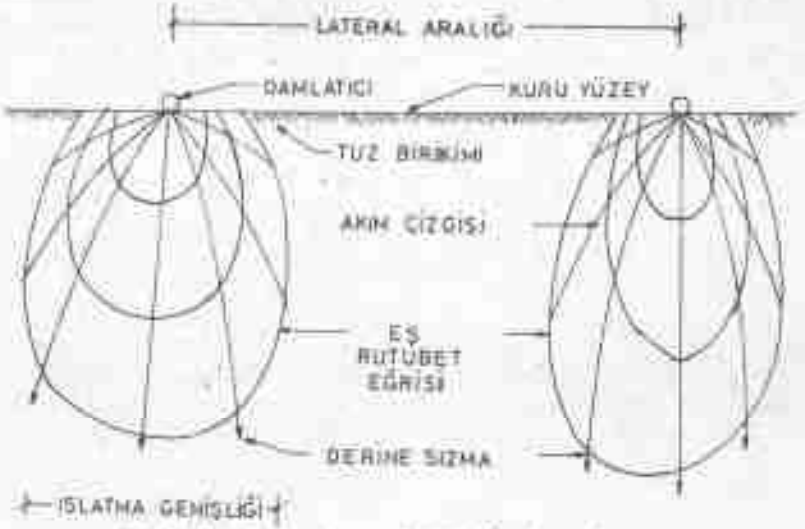
3. Damlatıcılar: Bunlar 2-4 L./h gibi düşük akışları veren birer orifitden ibarettir. Değişik tipleri vardır. Bazı tipleri lateraller üzerine ince borularla bağlanırlar, bazıları lateraller üzerine doğrudan yerleştirilmişlerdir. Ayrıca lateraller üzerinde açılmış delikler şeklinde olan damlatıcılarda vardır. Damlatıcılar en az 10 m. lik bir basınç yükü altında çalışırlar. Genel olarak çap büyüklüğü 2 mm. den küçük olduğundan tıkanmaya karşı duyarlıdırlar.



Şekil 10.24. Damla sulama sisteminin tertibi.

Damlatıcılar genel olarak PVC ve polyetilen'den yapılırlar. Poroz Seramik kil, pirinç veya paslanmaz metallerden yapılan tipleri de vardır.

Damla sulamasında damlatıcıların toprağı ıslatma biçimleri Şekil (10.25) de görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi yerçekimi ve kılcal kuvvetler toprak profili boyunca damlatıcının belirli bir alanı ıslatmasına olanak verirler.



Şekil 10.25. Damla sulamasında tipik bir ıslatma deseni.

10.34. Sızdırma Yöntemi

Sızdırma yöntemi sulamada, su toprağa toprak altından boru, mol veya sızdırma hendekleri ile sızdırılarak verilir. Bu yöntem özellikle geçirimsiz tabakanın yüzeye yakın olduğu hafif bünyeli topraklarda uygulanabilir. Yöntemin esası, bitki kök bölgesini taban suyunu kontrol altına alarak gerektiğinde ıslatmaya dayanır. Böylece özellikle buharlaşma ve derine sızma kayıpları en alt düzeye indirilmiş olur.

Sızdırma yöntemi sulama drenaj amacı ile açılmış kanalların zaman zaman sulama amacı ile kullanılması ile de uygulanabilir. Ancak bu yöntemin kullanılmasında yüksek kaliteli sulama suyu kullanılabilir.

Sızdırma yönteminde su toprağa genellikle belli başlı üç yolla verilir.

1. Hendek sistemi: Su toprağa değişik derinliklerde açılmış hendeklerden sızdırılarak verilir, böylece taban suyu belirli düzeylere kadar yükseltilmiş ve düşürülmüş olur.

2. Mol sistemi: Su toprak içerisinde drenaj amacı ile açılmış mol drenlerinden verilerek sızdırma sağlanır ve daha sonra bu drenler drenaj görevini görerek, taban suyu gerektiğince düşürülür.

3. Toprak altı boru sistemi: Su doğrudan künk veya plastik toprak altı drenlerinden ters yönde toprağa verilir ve taban suyu yükseltilir. Gerektiğinde drenler normal çalışmaya bırakılarak taban suyu düşürülür. Özellikle bu sistemin Hollanda ve Kuzey Amerika'da hafif bünyeli topraklarda elma bahçelerinin sulanmasında kombine sistemler olarak kullanıldığı görülmüştür. Bazı hallerde ise su doğrudan doğruya toprak altına sulama amacı ile yerleştirilmiş delikli borularla verilmektedir. Özellikle bu alanda son yıllarda plastik borular geniş uygulama alanları bulmuşlardır.

11. TARIMSAL DRENAJ

Tarımsal alanlarda çeşitli nedenlerle oluşan fazla suların araziden uzaklaştırılması çalışmalarına "Tarımsal Drenaj" diyoruz. Eğer fazla su toprak yüzeyinde ise bir "Yüzey Drenajı" sorunundan, toprak yüzeyinin altında ise "Toprakaltı Drenajı" sorunundan söz edilebilir. Yüzey drenaj sorununun kolaylıkla gözlenmesine karşın, toprak altı drenaj sorununun belirlenmesi için arazi ve laboratuvar incelemeleri gerekebilir.

Drenaj çalışmalarının ana amacı bitkiler için uygun bir kök gelişme ortamı ile tarımsal uğraşlar için yeter ölçüde kuru bir üst toprak sağlamaktır. Kötü drenaj koşullarının bitkiler ve topraklar üzerindeki etkileri ise aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

1. Toprak gözeneklerini dolduran fazla su yalnızca topraktaki havanın yerini almakla kalmaz aynı zamanda bitki kökleri tarafından verilen gazları engeller. Dolayısıyla uygun bir kök gelişme ortamı sağlanamaz.

2. Islak üst topraklarda, hava ile toprak arasında oluşan gaz alışverişi çok yavaşlar ve kök bölgesinde yeterli oksijen gazı bulunamaz. Dolayısıyla böyle koşullarda organik maddeler anaerobik çözümlemeye uğrarlar ve ortamda zararlı metan, bataklık gazı, metil bileşikleri ve kompleks aldehitler oluşur.

3. Kötü drenaj koşullarında bitkiler için toksin etkisi gösteren demir ve kükürt bileşikleri zarar verici sınırlara ulaşırlar.

4. Toprak su ile doygun hale gelince, azot organik artıklar içerisinde kapalı kalır ve bitkiler bundan yararlanamaz. Dolayısıyla gelişme durur.

5. Doygun koşullarda oksijen azlığının yanında artan CO_2 konsantrasyonu nedeni ile normal su tüketimi hızı düşer. Dolayısıyla kök gelişimi durur ve çürüme başlar.

6. Taban suyunun yükselmesi halinde bitki kökleri yalnızca yatay bir gelişme gösterirler ve taban suyunun düşmesi halinde ise yeterli suyu bulamamaktan zarar görürler.

7. Drenaj sorunu toprak ısısını da etkiler, toprak tava geç gelir, toprak işleme gecikir ve dolayısıyla çimlenme azalarak verim düşer.

8. Kötü drenaj koşullarında tarım alanlarında tuzluluk ve sodyumluk sorunu ortaya çıkar ve arazi çoraklaşır.

Kurak ve yağışlı bölgelerdeki drenaj sorunlarının nedenleri değişiktir. Yağışlı bölgelerde, arazi topoğrafyasına ve toprakların su alma hızlarına bağlı olarak taban suyunun yükselmesi veya yüzeyde su birikmeleri nedeni ile drenaj sorunu meydana gelir. Kurak bölgeye ilişkin drenaj sorunlarının nedeni ise genellikle fazla sulama suyudur. Sulama sularının kaynaktan taşınıldıktan sonra kullanım alanına ulaşıncaya kadar belirli bir bölümü sızmalarla kaybolur. Normal koşullarda bu kayıp % 20–30 dolaylarında, ekstrem hallerde ise % 50'ye kadar çıkar. Sulama süresinde ise çeşitli yollarla araziye verilen suyun % 30–70'i kaybolmaktadır.

Gerek yağışlı bölgelerde yağış sularının, gerekse kurak bölgelerde fazla sulama sularının oluşturduğu drenaj sorunları, aşağıda özetlenen arazi gözlemleri ile belirlenebilir.

1. Tarım alanlarında çukur bölgelerde uzun süre su göllenmesi,

2. Tarım alanlarında tuz lekelerinin görülmesi,

3. Bitkilerde yaprak yanması ve kök çürümesi,

4. Tarım alanlarında fazla sivrisinek görülmesi,

5. Tarım alanlarında suyu seven digitoria, Echinoclos, Typha Scripus gibi yabancı otların gelişmesi,

6. Ekim ve hasat zamanlarının gecikmesi ve tarım makinalarının toprak üzerinde iz bırakması,

7. Zaman zaman toprak yüzeyinde ıslaklık görülmesi,

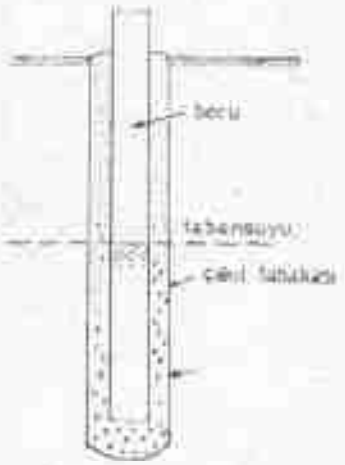
8. Toprak rutubeti ile ilişkili olan bitki hastalıklarının artması.

11.1. Drenaj Etüdleri

Herhangi bir drenaj sorununun çözümünde ilk adım drenaj alanına ilişkin drenaj etüdlerinin yapılmasıdır. Böylece tarım alanında yağış, buharlaşma, yüzey akışı ve infiltrasyon, taban suyu seviyesi, toprak yapısı, topoğrafya ve yeterli bir drenaj sisteminin planlanmasına etkili olacak diğer etkenlere ilişkin bilgiler elde edilmiş olur. Aşağıda, bir drenaj sisteminin projelenmesinde önemli olan ve drenaj etüdleri ile belirlenen etkenler gözden geçirilecektir.

11.11. Taban Suyu Yüksekliği

Taban suyun yüksekliği, su ile doygun olan toprağın üst sınırıdır. Bu yükseklik pratik olarak toprakta bir çukur açılıp, çukurun hangi yüksekliğe kadar su ile dolduğunun gözlenmesiyle saptanabilir. Arazide taban suyu seviyeleri genellikle gözlem kuyuları yardımı ile gözlenir. Bunlar bir bölümü çakılla doldurulan ve bir delikli borunun yerleştirildiği açık çukurlardır. Daha sonra, suyun borudan ve çukurdan serbest giriş ve çıkışını sağlamak için, borunun etrafındaki bölge tekrar çakılla doldurulur (Şekil 11.1). Gözlem kuyuları, taban suyu seviyesinin hassas ölçümlerini gözleme olanağı veren kuyulardır. Ancak bu kuyulardan elde edilen bilgilerin geçerliliği sıkışmış bir akiferden yukarıya doğru belirli bir basıncın olmamasına bağlıdır.



Şekil 11.1. Gözlem kuyusu.

Bir gözlem kuyusunun en basit şekli, rastgele, ölçümler için arazide açılan bir auger çukurudur. Bunlar özel auger burguları ile açılmış olan 5–10 cm. çaplı ve 2.5–3 m. derinlikte açılmış olan kuyularıdır. Taban suyu seviyesi dalgalanma kayıtlarını sürekli olarak vermek için bazen otomatik bir su seviyesi ölçme aracı gözlem kuyusuna yerleştirilir. Taban suyu seviyesi dalgalanmalarının dikkatli bir şekilde gözlenmesi, çoğunlukla drenaj suyunun kaynağı ve yönünü başka ölçümlere gerek kalmadan, hassas bir biçimde ortaya koyabilir.

Bölgesel bir drenaj sorununun araştırılmasında ise, taban suyu seviyelerine ilişkin eldeki tüm bilgilerin toplanıp analiz edilmesi gerekir. Taban suyuna ilişkin bilgiler tesviye eğrili bir harita üzerine işlenebilirler ve eş yükseklik haritaları hazırlanabilir. Bu amaçla kullanılan yöntemlerden en

yaygını taban suyunun toprak yüzeyinden olan derinliklerinin çizilmesidir. Daha sonra eş yüksekliklere sahip eğriler birleştirilir ve tesviye eğrili haritaya benzer bir taban suyu haritası elde edilir. Böyle bir harita yüksek taban suyu seviyeli araziyi ve drenaj probleminin en belirgin olduğu alanı açıkça gösterir. Ayrıca bu haritalar, drenaj suyunun kaynağını, akarsulardan olan sızmanın mı, fazla sulama suyunun mu ya da yüksek arazilerden olan sızma sularının mı oluşturduğunu açıkça ortaya koyar.

11.12. Artezyen Koşulları

Artezyen, suyun bir aküferde basınç altında sıkışmasıdır. Eğer aküfer bir boru ile delinirse, su boruda yükselerek, toprak yüzeyine basınçla çıkar. Artezyen suyunun drene edilebilmesi ise çok masraflı ve güçtür.

Bu nedenle bir drenaj sisteminin uygulamaya konmasından önce artezyen basınç koşullarının incelenmesi çok önemlidir. Artezyen basınçları, açılmış artezyen kuyuları, kuyu açıcılarla artezyen basıncının gözlenmesi veya yerel olarak bilinen diğer bilgilerle saptanabilir. Eğer, artezyen basıncından şüphe ediliyor, ancak elde belirli bir bilgi bulunmuyorsa, araziye bir piezometre bataryası yerleştirilebilir. Bir piezometre toprak yüzeyinin altına yerleştirilen iki ucu açık bir borudur. Bundan amaç, boru ucunda toprak suyu basıncını ölçmektir. Su basıncı, borudaki su yüksekliği ile ölçülür. Basınç yükü, boru ucu ile boru içerisinde bulunan su yüksekliği arasındaki mesafedir. Piezometreler, çoğunlukla bataryalar halinde yerleştirilir. Diğer bir deyimle, birkaç piezometre, herbiri farklı derinlikte olmak üzere Şekil (11.2)'de olduğu gibi yan yana yerleştirilirler. Piezometrenin amacı herhangi bir artezyenik basınç olup olmadığını görmek için ve sızma yönlerinin belirlenmesi için, toprakta suyun düşeysel değişimlerini ölçmektir. Eğer derin olan piezometrede su, alçakta olan piezometredeki su yüksekliğinden



Şekil 11.2. Piezometre ölçmelerinde serbest taban suyu ve artezyen koşulları.

daha fazla bir düzeye yükselirse, artezyen basıncı vardır denir. Piezometreler için 6–15 mm. çapında olabilen küçük borular kullanılabilir. Bu piezometreleri özel araçlarla istenilen herhangi bir derinliğe yerleştirmek olanaklıdır. Piezometreler bazı hallerde sulama kanallarından ve akarsulardan tarımsal alanlara sızma olup, olmadığının araştırılmasında da kullanılırlar.

11.13. Toprak Özellikleri

Drene edilecek bir arazide topraklara ilişkin ayrıntılı bilgiler herhangi bir drenaj projesi için temel verilerdir. Bir çiftlik drenaj sisteminin projelenmesinde, plancı için gerekli olan bilgiler, bir seri toprak profili açmakla elde edilebilir. Diğer taraftan gerekli olan diğer bilgiler, açılacak gözlem kuyuları veya yerleştirilecek piezometrelerden elde edilebilir.

Daha büyük projelerde ise araziye ilişkin belirli bir toprak etüdüne gereksinme vardır. İstikşafi amaçlar için 1: 50 000 lik bir ölçek kabul edilebilir. Planlama aşamasında 1/25 000 ve dar alanlar için ise 1/5000'lik haritalar yeterlidir.

Drenaj amaçlı bir toprak etüdünde, toprak profilleri 90–180 cm. dolaylarındaki bir derinlikte açılırlar. Sulanan alanlarda ise drenaj projelemesi için, daha derin gözlem kuyularına gereksinme vardır. Kuyuların derinliği ise arazinin yapısına bağlı olarak bazı hallerde 30 m'den daha fazla olabilir.

Drenaj amacıyla hazırlanan toprak haritasında aşağıdaki bulguların gösterilmesi gereklidir.

Toprak bünyesi: Drenaj alanlarında yapılan etüdlerde toprak bünyeleri ve dağılım desenleri belirlenmeli ve bu amaçla arazide yapılan gözlemlerin, laboratuvar kontrolları yapılmalıdır. Böylece kesin bünye dağılım haritaları elde edilmiş olur.

Geçirimsiz tabakaya olan derinlik: Geçirimsiz tabakaya olan derinlik, drenlerin yerleştirilmesi açısından önemlidir. Dren derinlik ve aralıklarının belirlenmesinde kullanılan birçok formüller için geçirimsiz tabaka derinliğine ilişkin bilgiye gerek vardır.

Geçirimsiz tabaka, buzul devrinde buzulların ağırlığı ile sıkışmış bir tabaka olabileceği gibi genellikle kil bünyeli yoğun bir alt toprak tabakasıdır.

Bazı hallerde ise, sulanan alüvyal topraklarda, akarsuların getirmiş olduğu sedimentlerin tabakalaşması nedeniyle, geçirgen olmayan tabakalar oluşmuştur.

"Geçirimsizlik" terimi, oransal bir deyimdir. Bütün topraklar az veya çok geçirgendirler. Çok az geçirgenli topraklarda bile sınırlı bir derine sızdırma olgusu vardır. Genellikle alt toprağın geçirgenliği, üst toprağınkinin onda biri ise, drenaj açısından geçirimsiz olarak kabul edilebilir. Eğer yağış hızı veya toprağa verilen sulama suyunun uygulama hızı, bu tabakanın geçirgenliğini aşarsa, bu tabakanın üzerinde su ile doygunluk durumu meydana gelecektir.

Yapılan toprak etüdlerinde, ayrıca bölgede tuzluluk ve sodyumluluk sorununun olup olmadığı ve bu soruniarın drenajla olan ilişkileri incelenir. Bu amaçla toprakaltı suyunun kalitesi ve değişimlerin belirlenmesine çalışılır.

11.14. Topoğrafik Yapı

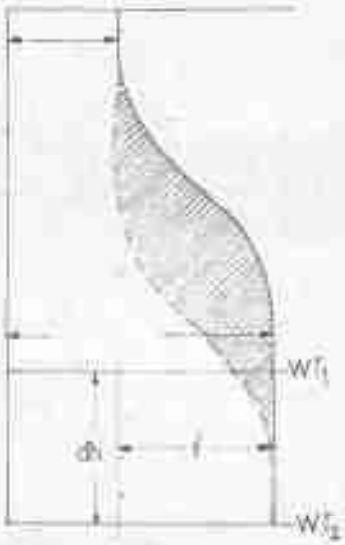
Tarımsal bir alanın drenaj etüdlerinin yapılmasında ele alınacak konuların en önemlilerinden birisi de topoğrafik koşulların belirlenmesidir. Böylece özellikle arazideki fazla suların hangi yollarla nereden boşaltılabileceği saptanmış olur. Topoğrafik etüdlerde ayrıca drenaj sistemine etkili olabilecek doğal ve yapay koşullarda incelenir. Topoğrafik incelemede esas, tarım alanının arazinin yapısına göre 60–150 cm'de bir geçirilen tesviye eğrili haritasının hazırlanmasıdır. Bu haritalar uygulanacak drenaj sistemlerinin belirlenmesinde temel verileri taşırlar.

Topoğrafik yapının belirlenmesinde bazı hallerde hava fotoğrafları da kullanılabilir. Gerekirse daha sonra tesviye eğrili haritalar hazırlanır.

11.15. Drene Olabilir Gözenek Hacmi

Drene olabilecek gözenek, toprak rutubet basıncı atmosferik basınçtan belirli bir negatif basınç değerine düştüğünde birim toprak hacminden drene olabilecek su miktarını ifade eder ve cm^3 hacim birimi ile gösterilir. Bu değer arazide yapılan taban suyu gözlemleri ile veya bozulmuş toprak örnekleri yardımı ile laboratuvarda tayin edilir. (Şekil 11.3) de görülen toprak suyu profilleri taban suyunun verilen bir derinliği için denge haline gelmiş su miktarlarıdır. Şekilde taranmış olan drene olabilir gözenek hacmidir. Taban suyu derinliğinin artması ile yukarı bölümlerde su miktarı tarla kapasitesine kadar azalabilecektir. Diğer taraftan taban suyuna yakın yerlerde toprak doyma noktasına erişecektir.

Yukarıdaki koşullarda toprakta drene olabilir gözenek hacmi aşağıdaki formülle bulunabilir.



Şekil 11.3. Toprak profilinde alçalan taban suyu seviyesi iki değişik derinlikte ilave toprak suyu dağılımı.

$$f = (Pv)d - (Pv)\,tk \text{ ve } q = f.dh$$

Formüllerde;

f = Drene edilebilir gözenek hacmi (cm^3),
(Pv)d = Doyma noktası (%),
(Pv)tk = Tarla kapasitesi (%),
q = Drene edilebilir su miktarı (cm),
dh = Taban suyunun drenaj öncesi ve sonrası yükseklik farkı (cm).

11.16. Hidrolik İletkenlik

Hidrolik iletkenlik, suyun toprak içinde belirli bir hidrolik yük altında ve birim zaman süresi içindeki hareketi olarak tanımlanabilir. Toprağın hidrolik iletkenliği genellikle laboratuvar ve arazi koşullarında geliştirilen farklı yöntemlerle saptanabilir.

11.17. Dren Çıkış ve Ağızlarının Belirlenmesi

Drenaj etüdlerinde ilk aşamada çıkış ağızlarının yeri ve kotunun belirlenmesine çalışılır. Ekseri hallerde drenaj sisteminin başarısı çıkış ağzının yerinin seçimindeki doğruluğa bağlıdır.

Dren çıkış ağızları araziden boşaltılacak su miktarını taşıyabilecek kapasitede ve suyun drenaj alanından serbestçe akmasını sağlayacak derinlikte olmalıdır.

Doğal akarsular çıkış ağzı olarak seçildiğinde taşkınların tekerrür aralığı, süresi ve şiddeti iyice etüd edilmelidir. Böylece taşkınların drenaj sistemine olacak olan olumsuz etkileri önlenebilir.

11.18. Drenaj Katsayısının Saptanması

Tarım arazilerinden drenaj amacı ile bir günde (24 saat) boşaltılması gereken cm su yüksekliği veya birim alandan boşaltılması gereken debi (m^3/h, L/s) drenaj katsayısı olarak ifade edilir. Drenaj katsayısı aşağıda belirtilen yöntemlerden birisinin yardımı ile hesaplanabilir.

1. Amprik ilişkilerden
2. Hava su bütçesi denkleminden
3. Açılmış drenlerden direkt ölçme yolu ile
4. Bitki su tüketiminden yararlanmak
5. Yıkama suyu gereksiniminin hesaplanması yolu ile

11.2. Drenaj Yöntemleri

Drenaj sorununun kaynağı ve kapsamı belirlendikten sonra bir çözüm yolu geliştirmek ve drenaj sistemini projelemek olanaklıdır. Tarım alanlarından fazla suların boşaltılmasında kullanılan drenaj yöntemleri yüzey drenaj sistemleri ve toprakaltı drenaj sistemleri olmak üzere iki ana gruba ayrılırlar.

11.21. Yüzey Drenaj Yöntemleri

Tarımsal alanlarda yağışlar ve taşkınlarla gelen suların bir boşaltma ağzına ulaşamaması nedeni ile oluşan drenaj sorununa yüzey drenajı diyoruz. Yüzey drenaj sorununun çözümünde arazi tesviyesi ilk önlem olarak düşünülürse de bazı hallerde ekonomik olmayabilir. Bu durumda arazide biriken suyun göllenmeye ve erozyona neden vermeden belirli bir sürede araziden uzaklaştırılması gerekir. Bu amaçla yüzey drenaj sistemleri kullanılır. Yüzey drenaj sistemleri aşağıdaki haller için uygulanan drenaj yöntemidir.

1. Yağış ve taşkın sularının etkin olduğu tarım alanlarında,

2. Arazi topoğrafyasının su birikintilerinin oluşmasına olanak verdiği yerlerde,

3. Geçirgenliği az olan ağır bünyeli topraklarda,

4. Geçirimsiz toprak katmanının yüzeye yakın olduğu yerlerde,

5. Toprak altı drenajı için uygun derinlikte boşaltma ağzı bulunmayan tarım arazilerinde,

6. Toprakaltı drenajının ekonomik olmadığı hallerde ve toprak altı drenajı ile birlikte uygulandığı sistemlerde.

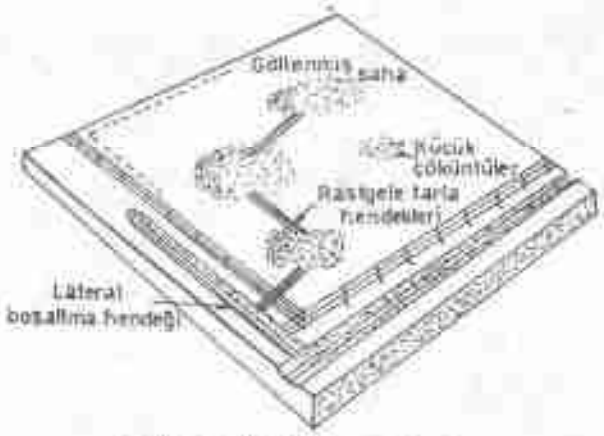
Yüzey drenaj sistemleri tarım alanının topoğrafik yapısına uygun olarak aşağıda belirtilen değişik şekillerde uygulanabilir.

1. Çukur tarım alanlarının yüzey drenajı
   a) Rastgele (Random) hendek sistemi
   b) Paralel hendek sistemi
2. Düz Arazilerin Yüzey Drenajı
   a) Yastık sistemi
   b) Çift hendek sistemi
   c) Tarla hendek sistemi
3. Eğimli Arazilerin Yüzey Drenajı
   a) Çapraz eğim hendekleri sistemi
   b) Önleyici drenler sistemi

11.211. Çukur Tarım Alanlarının Yüzey Drenajı

Çukur tarım alanlarının drenajında, arazinin topoğrafyası tesviye için uygun değilse ve tesviye uygulamasının ekonomik olmayacağı hallerde rastgele drenaj hendekleri kullanılır (Şekil 11.4). Bu sistemde, arazi üzerindeki çöküntü alanlarında göllenmiş olan sular arazi eğimine göre birbirine bağlanır ve daha sonra boşaltma hendeğine gönderilirler. Genel olarak bu drenler 25 cm. den daha derince yer eğimleri 1/8 den dik olmamak üzere trapez kesitli olarak açılırlar ve bu amaçla buldozer ve skreyperler kullanılır. Drenler ‰ 0.1 dolaylarında eğim verilerek göllenmiş suları çok kısa zamanda tamamen boşaltabilecek kapasitede projelenirler.

Bazı hallerde çukur tarım alanları drenaj amacı ile ekonomik olarak tesviye edilebilirler. Bu amaçla arazide dikdörtgen parseller biçiminde tesviye uygulanır ve her meyilli tesviye parselinin kenarında drenler açılır. Bu drenler genel olarak paralelidir (Şekil 11.5). Drenlerin aralığı toprağın geçirgenliği, yetiştirilen kültür bitkilerinin cinsi, tesviye parselleri eğimi ve tesviye



Şekil 11.4. Rastgele dren sistemi.



Şekil 11.5. Paralel hendek sistemi.

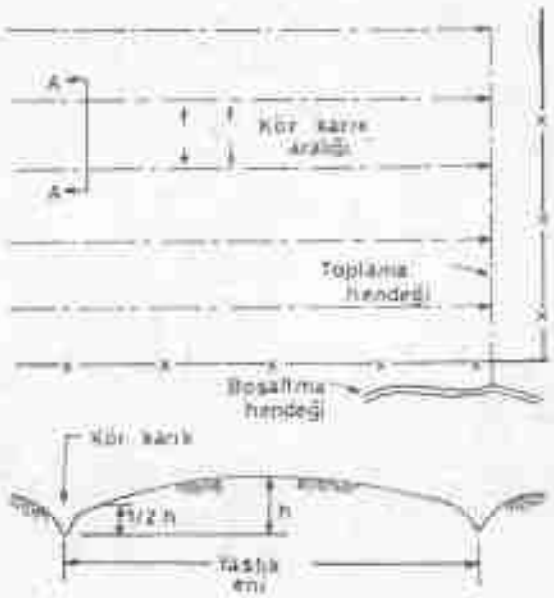
hacmine bağlıdır. Genellikle hendekler 25 cm derinlikten az olmak üzere yüzlek olarak açılırlar ve 1/8-1/10 şev eğimleri kullanılır. Hendek kapasi-

telerinin belirlenmesinde yüzey sularının 24 saat içinde araziden boşaltılması esas alınır. Projelemede ayrıca hendekler arasının 180 m. den hendek uzunluklarının ise 120 m. den az olması arzu edilir.

11.212. Düz Arazilerin Yüzey Drenajı

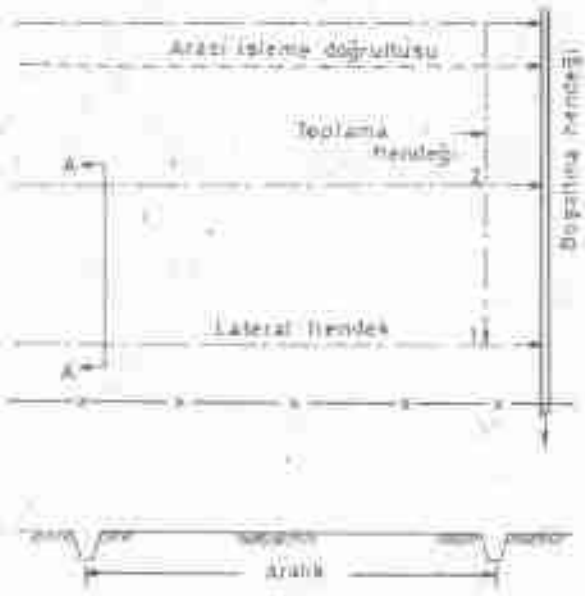
Topografik yapısı düz olan tarım alanlarının drenajında ilk olarak bir arazi düzeltme işlemi ile belirli doğrultularda eğimler oluşturulur. Daha sonra yüzey akışları bu eğim doğrultusunda bir cephe halinde başlatılır. Bu sistemde toprak işleme yönü eğime paraleldir ve bu nedenle fazla suyun boşaltımı için küçük kanalcıklar oluşur. Düz arazilerin drenajında uygulanan sistemler aşağıda özetlenmiştir.

Yastık Sistemi: Bu sistemde arazi düzenlemesi yapıldıktan sonra 6–25 m. eninde yastıklar açılır (Şekil 11.6). Yastıklara verilen genişlik, bitki çeşidine, arazi eğimine, toprak geçirgenliğine ve arazi üzerindeki çöküntü alanlarının özelliklerine bağlıdır. Yastık kenarlarında açılan hendekler (kör karık) hakim eğim yönünde ve 15–45 cm. derinlikte yapılırlar. Toplayıcı hendekler ise en az meyil doğrultusunda ve % 1.5 e varan eğimde açılırlar. Yastıklar kulaklı pulluklarla kolaylıkla hazırlanabilirler.



Şekil 11.6. Yüzeysel drenajda yastık sistemi (a. Yastık sistemi, b. Yastık meyili ve körkarık aralığını gösteren kesit).

Çift Hendek Sistemi: Bu sistem birbirine çok yakın açılmış iki tekil paralel dren'den oluşur (Şekil 11.7). Özellikle çok düz alanlarda uygulanır ve drenlerden kazı ile alınan topraklar dren hendekleri aralarına yığılırlar. Böylece yüzey drenajın iki yöne doğru yapılması sağlanmış olur. Bu sistemde dren hendekleri 0,5 m² den daha az kesitte ve 25 cm den daha sığ açılırlar.



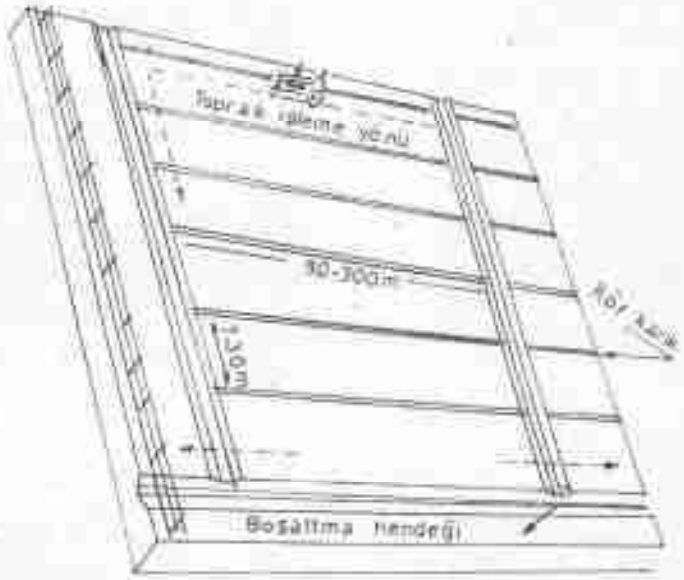
Şekil 11.7. Çift hendek sistemi.

Tarla Hendek Sistemi: Tarla hendekleri arazi eğimine dik olarak planlanır ve hem yüzey sularının boşaltılması hem de taban suyunun kontrolu amacı ile açılırlar (Şekil 11.8). Bu sistem genellikle kapalı drenajın ekonomik olmadığı ve etkinliğinin az olduğu bazı mineral organik topraklarla çok geçirgen topraklarda uygulanır.

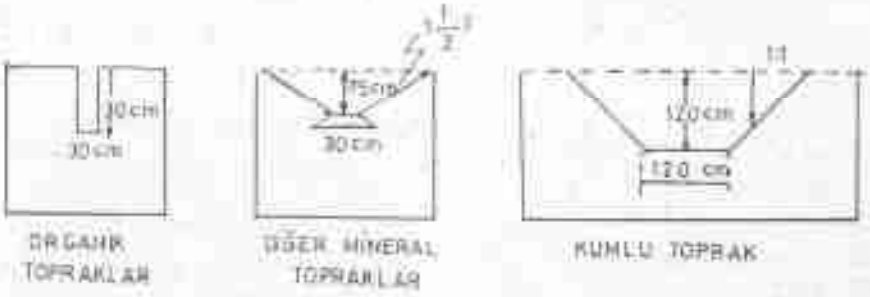
Tarla hendekleri genel olarak paralel açılırlar ve kazı toprakları ile çukur alanları düzeltilir. Tarla hendeklerine ilişkin minimum proje boyutları Şekil (11.9) da verilmiştir.

11.213. Eğimli Arazilerin Yüzey Drenajı

Eğimli arazilerde, arazi eğimlerine ve drenaj suyunun kaynağına göre çapraz eğimli hendekler veya çevirme hendekleri açılarak yüzey drenajı sağlanır.



Şekil 11.8. Taban suyu kontrolu ve yüzey drenaj amacı ile açılan tarla hendekleri.



Şekil 11.9. Değişik topraklarda açılmış tarla hendeklerinin minimum kesitleri.

Çapraz eğimli hendek sistemi: Eğimi % 2-4 arasında olan arazilerin yüzey drenajında bu sistem kullanılır. Çapraz meyil drenleri yüzey sularının tutulması ve uzaklaştırılması amacıyla hakim eğime çapraz olarak açılırlar. Bu tip drenlere aynı zamanda teras tipi dren adı da verilir. Bu tip drenler hem yüzey drenajı hem de toprak erozyonunun kontrolu amacıyla açılırlar. Bu tip drenlerin planlanması aynen terraslarda olduğu gibidir. Drenlere

verilecek eğim % 0.1–1.0 arasında değişir toprak ve özellikle topoğrafik yapıya bağlı olarak farklı boyutlarda açılırlar (Şekil 11.10).



Şekil 11.10. Çapraz eğimli drenlerin kesiti.

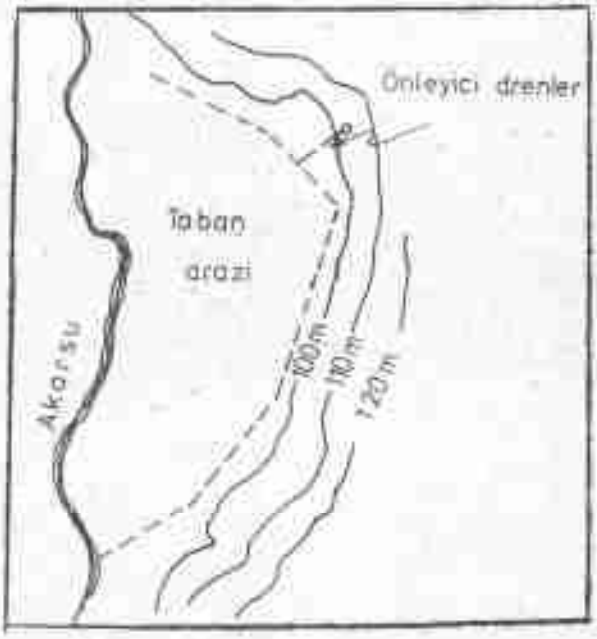
Dren eğimlerinin ve dren açımı için gerekli kazı derinliklerinin, değiştirilmesi ise dren güzergahlarının doğruluğu ve paralelliği sağlanır. Drenler geniş tabanlı ve 1/4 veya daha yatık şev eğimlerinde inşa edilirler.

Önleyici drenler sistemi: Bu tip drenler yüzey sularının veya geçirimsiz bir tabaka üzerinde lateral akışla araziye gelen sızma suları gibi alt toprak sularının proje alanına erişmeden önce çevrilmesinde kullanılırlar. Bunlara toplayıcı drenler veya çevirme hendekleride denir. Bu drenler tekil olarak ve ana eğime çapraz biçimde projelenirler. Önleyici drenler özellikle alt toprağı ağır olan arazi koşulları için uygundur. Toprak profilinde bulunan geçirimsiz bir kil tabakası suyun derinlere olan hareketini engelleyerek, ana eğim yönünde akmasını sağlar. Bu durum, eğimi % 20 ye kadar olan yamaç eteklerinde bulunan taban arazilerde geniş ıslah alanların meydana gelmesine neden olur.

Bu tip arazilerin drenaj sorununun çözülmesinde ağır kil tabakası içerisinde en az 15 cm. giren önleyici drenler inşa edilirler. Bu drenler fazla suları uygun bir boşaltma ağzına taşırlar (Şekil 11.11). Önleyici drenler (Çevirme hendekleri) eğer yeterli derecede kil tabakasının içerisine inmezse toprakaltı su akışları tutulmadan hendek tabanı altından aşağıdaki tarım alanlarına ulaşır.

Önleyici dren sistemlerinin planlanmasında hendek kesiti tarım alet ve makinalarının kolaylıkla geçebileceği boyut ve şev eğiminde olmalıdır. Projelemede güzergah için sel oyuntu noktalarından uzak yerler seçilmeli ve hendeklere suyun erozyon yapmamasını önleyecek uygun eğimler verilmelidir.

Önleyici dren hendeklerinin uzun ömürlü olmaları ve siltasyonla dolmamaları için hendeklerin üst kısımlarında bitki örtüsü bulundurmaya veya şerit şeklinde ekim yapmaya çalışılmalıdır.



Şekil 11.11. Tipik bir önleyici dren sistemi.

11.22. Toprak Altı Drenajı

Daha önce belirtildiği gibi tarım arazilerinde yüksek taban suları bitki gelişmelerini ve üretimi engelleyici en önemli etmenlerden birisidir. Toprak altında taban suyu derinliğini istenilen düzeye düşürmek ve bitkilere uygun bir kök ortamı hazırlamak için toprak altında açılan drenlere toprakaltı drenajı diyoruz.

Genel olarak bir toprakaltı drenaj sisteminin ilk masrafları bir dereceye kadar açık drenlere göre daha yüksektir. Ancak açık sistemlerdeki arazi kaybı ile toprak işlemedeki zorluklar ve bakım masrafları pek çok halde bu farklılığı kapalı drenler lehine çevirmektedir.

Toprakaltı drenler için çok değişik materyal kullanılır. Bunlar kısa kil borular, değişik uzunlukta beton borular, toprağa serilen çakıl örtüler, toprağa gömülen dallar gibi lifli ahşap materyal, örülü taş drenler bitumlu fiber materyal ve delikli plastik borular olabilir.

Toprakaltı drenajı bazı hallerde herhangibir materyal kullanmadan toprak içerisinde küçük moller açarak (mol drenajı) veya kuyular açarak (kuyu drenaj) da yapılabilir. Aşağıda toprakaltı drenajında kullanılan çeşitli sistemler tanıtılacaktır.

Kil Künkler: Kapalı dren boruları olarak en yaygın kullanılan borular kil künklerdir. Bunlar 33 cm kadar uzunlukta ve 10–15 cm iç çaplı olarak imal edilirler. Drenaj amacıyla açılmış hendeklerin tabanına kum çakıl serilir ve künkler uç uca döşenerek toprak altında devamlı bir boru hattı oluştururlar. Boru hattı döşendikten sonra üzerine kum çakıl veya başka bir filtre materyali serilir ve daha sonra hendek tekrar toprak ile doldurulur (Şekil 11.12a). Bazı hallerde ise dren hattının altına ayrıca plastik bir stabilize malzemesi serilir (Şekil 11.12b).



Şekil 11.12. Künk dren boruları.

Kil künklerin oluşturduğu boru hatlarına dren suları künklerin birleşme yerlerinden girer. Bu amaçla künkler aralarında 0.2–5 mm. açıklık kalacak şekilde yerleştirilirler.

Dren hatlarının, sistem içerisindeki tertibine göre künk drenler değişik tiplerde uygulanırlar (Şekil 11.13).

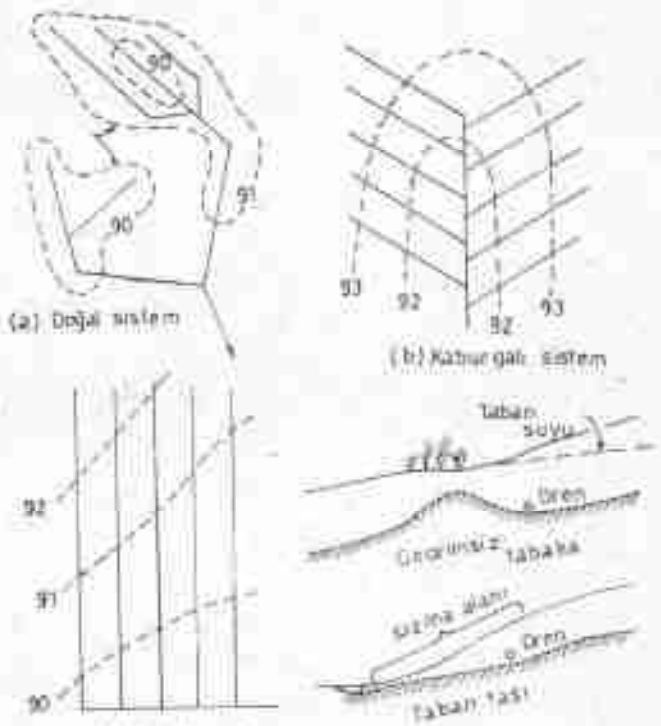
Künk drenaj sistemlerinin en yaygın uygulama tipi olan gridron sistemi özellikle taban arazilerde ve uniform toprak özelliği gösteren düzgün şekilli alanlarda uygulanırlar. Bu sistemde toplayıcı kanala paralel lateraller halinde drenler bağlanmaktadır.

Kaburgalı sistemde ise lateraller toplayıcı kanallara belirli bir açı ile karşılıklı olarak bağlanmaktadır. Bu sistem özellikle ana meyil doğrultusunda çöküntü gösteren tarım alanları için uygundur.

Doğal sistem, ise yeterli bir drenaj sağlanması için eş aralıklı toplayıcı drenlere gereksinme göstermeyen arazilerde uygulanır. Bu sistemde toplayıcı dren genel olarak arazinin çöküntü bölgesinde ve ana meyil doğrultusunda açılır. Lateraller ise yalnızca arazinin ıslah bölgelerine ve arazi topografyasına uygun olarak yerleştirilir.

Plastik Borular:

Plastik borular, özellikle son yıllarda sulu tarım alanlarının drenajında büyük ölçüde kullanılmaya başlanmıştır. Drenajda önceleri 6 m. lik standart

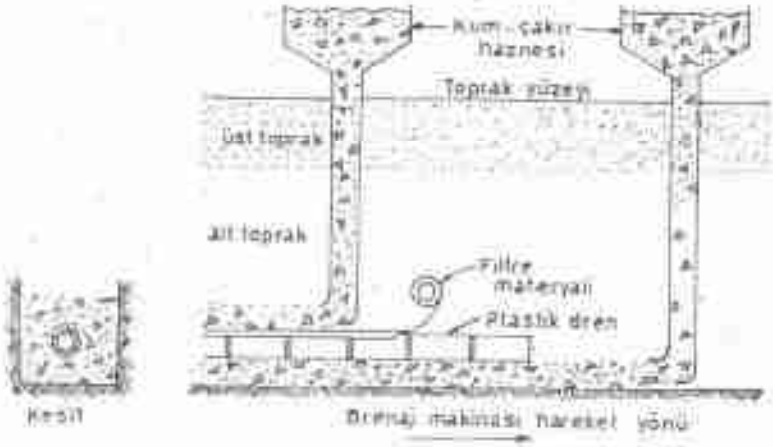


Şekil 11.13. Künk drenaj tipleri.

uzunlukta yarıklı düz PVC boruları kullanılırken .sonraları esnek plastik spiral borular kullanılmaya başlanmıştır. Plastik borular, kil künklere oranla daha az emek ve iş gücü ile daha çabuk döşenmeleri, hafif olmaları, ulaşım masraflarının az olması nedeni ile geniş kullanılma alanı bulmuşlardır. Spiral plastik borular ruleler halinde ve 40 mm, 50 mm ve 70 mm. çaplı olarak üretilmekte olup genellikle filtre materyalleri ile birlikte döşenmektedirler (Şekil 11.14). Filtre materyalleri borular üzerinde suyun girmesini sağlayarak deliklerin tıkanmasını ve siltasyonu önlemektedirler.

Drenajda filtre materyali olarak en çok kullanılan malzeme yeterli kalitede drenaj alanında sağlanma olanağı bulunursa kum ve çakıldır. Bunun yanında cam pamuğu, cam yaygıcı, sünger, sturomol, torf, saman, talaş ve tekstil artığı gibi maddelerde filtre materyali olarak kullanılabilmektedir.

Filtre materyalleri bazı hallerde plastik drenleri tamamen sarmakta bazı hallerde ise yalnızca altına veya üstüne döşenmektedir.

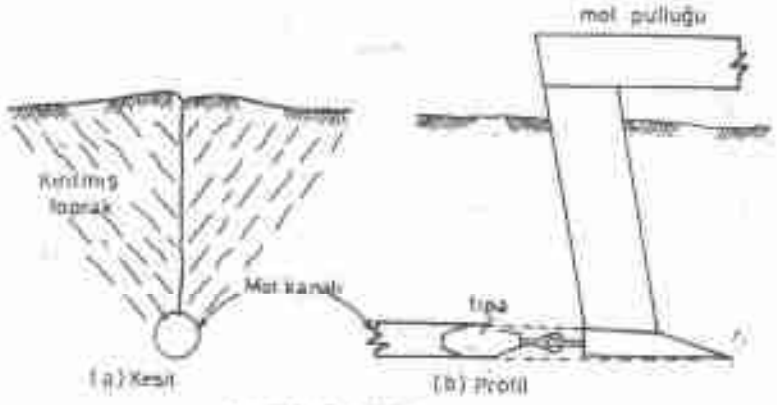


Şekil 11.14. Plastik drenlerin makina ile döşenmesi.

11.23 Mol Drenler

Bu tip drenaj, özellikle taban suyunun ekim-dikim döneminde yüksek, bitki gelişme döneminde düşük olduğu ağır bünyeli topraklarda etken toprak tavı elde etmek için uygulanır.

Mol dreni özel mol pulluğunun arkasına bağlanan 5–7,5 cm çapında yaklaşık 30 cm uzunluğunda torpil biçiminde bir madeni tırpanın toprak altında çekilmesiyle inşa edilir. Tırpanın toprak altında çekilmesiyle geride silindirik kesitte bir kanalcık oluşuyor (Şekil 11.15). Bu silindirik kanal ve üzerindeki



Şekil 11.15. Mol Dren sistemi.

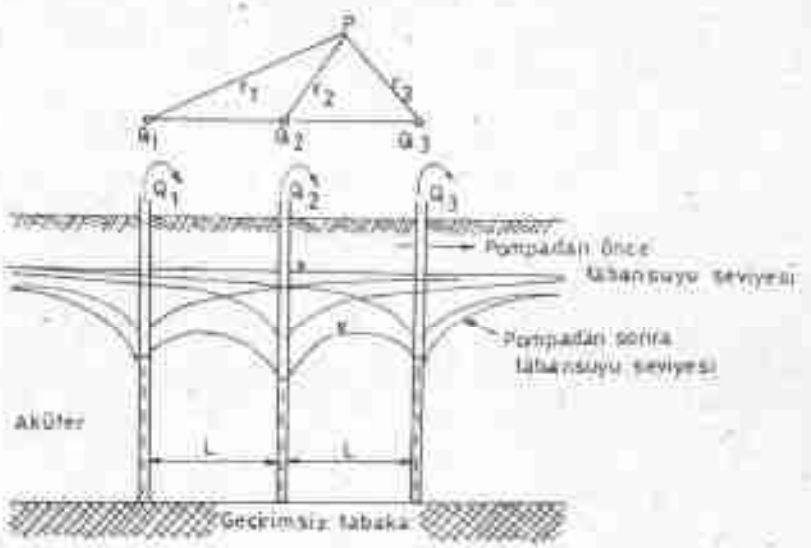
pulluk kolunun bıraktığı düşey kanalcık suyu toplar ve drenaj hendeğine kadar iletir.

Diğer dren tesislerinin inşaasında olduğu gibi, mol drenlerinde açılmasında boşaltma hendeklerinden başlanır. Mol drenler özellikle düz arazilerde uygulanırlar ve tesis masrafları son derece düşüktür. Ancak hizmet süreleri çok kısadır (1–3 yıl).

Planlamalarında genellikle derinlik 50–60 cm, eğim % 1–2 ve dren aralığı 2–3 metre olarak alınmaktadır.

11.24. Pompaj Kuyuları ve Ters Kuyular

Diğer drenaj sistemleri için uygun bir çıkış ağzı bulunmayan arazilerle, taban suyu ve akifer koşullarının elverişli olduğu alanlarda pompajla drenaj uygulanır. Bu amaçla pompaj kuyuları açılır ve kuyulara toplanan suların pompajı ile taban suyu kontrol altına alınabilir (Şekil 11.16 a). Pompaj kuyuları aynı zamanda sulama amacı ilede kullanılabilir.

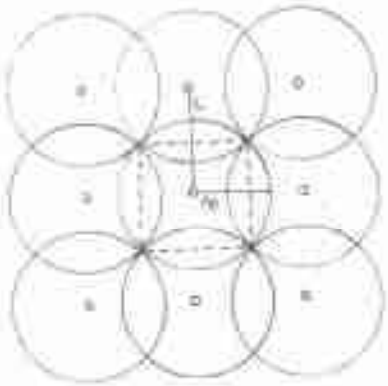


Şekil 11.16 a. Grup kuyular sisteminde girişim yüzeyleri.

Ters kuyular ise yüzey suları veya yüzlek üst toprak sularını derinlerdeki taban suyuna ileten kuyulardır. Genel olarak bu kuyular kısa bir süre için işlev görürler.

Bazı hallerde bir artezyen akiferden yukarı doğru sızmalar olmakta ve drenaj sorunu meydana gelmektedir. Bu durumda akiferi delen pompaj kuyuları açılabilir. Böylece kuyunun, çevresinde belirli bir alan için belirli

sürelerde artezyen basıncı düşürülür. Drenaj kuyularının elverişliliği birinci planda bunların etki alanlarına bağlıdır. Etki alanlarının dar olması kuyu sayısını artıracağı için masraf yükselecektir. Bu nedenle önce araştırma sondaj kuyuları açılır. Bu kuyularda pompaj deneyleri yapılarak gözlem kuyuları ve piyezometrelerle pompanın etki alanının belirlenmesine çalışılır. Pompaj testleri ile drenaj kuyularına verilecek aralık, pompaj hızı, kuyuların açılmasında uygulanacak desen (Şekil 11.16 b) belirlenir.



Şekil 11.16 b Pompaj kuyularının kuyu desenleri.

Elverişli koşullar altında drenaj suyunun, sulama veya kullanma suyu olarak kullanılmasına çalışılır. Böylece sistemin ekonomik olması sağlanır.

Bazı arazilerde artezyen suyunun drenajı, kanal tabanından artezyen akiferine kadar uzanan kuyuların açılması ile sağlanır. Böylece suyun artezyen basıncı ile kanala akıtılıp boşaltılması mümkün olur. Alandaki taban suyunun yüksekliği kanaldaki su seviyesini geçemeyeceğinden pompaya gerek duyulmadan drenaj başarılmış olur.

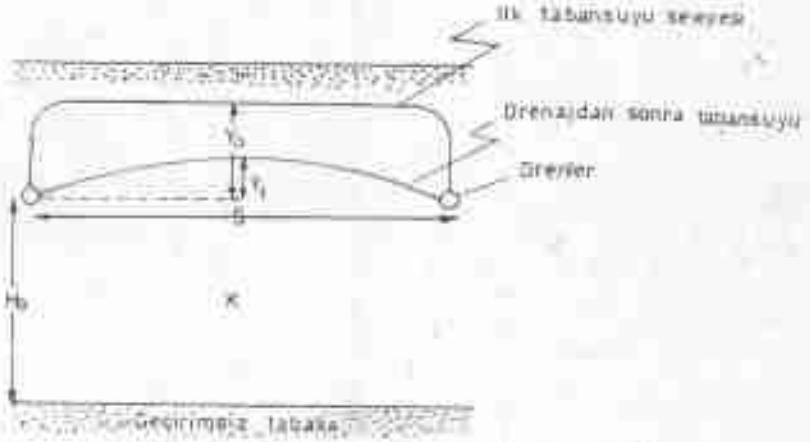
11.3. **Drenaj Teorileri**

Drenaj teorileri suyun ideal bir toprak-su sistemindeki akışını açıklar. Akışlarla ilgili matematiksel ilişkilerin belirlenmesi için gerçek arazi sorunları belirli varsayımlarla basitleştirilir. Arazi koşullarında karşılaşılabilecek sonsuz değişik drenaj ortamı bulunabileceğinden drenaj teorileri yalnızca bir yaklaşım özelliği taşıyabilir.

Herhangibir drenaj teorisinin belirli bir araziye uygulanmasında ilk işlem, bu teorinin geliştirilmesinde kabullenilen varsayımların eldeki soruna göre kıyaslanmasıdır. Birçok hallerde varsayımlar arazide saptanan durumları tam anlamı ile yansıtmazlar. Bu nedenle drenaj teorilerinin uygulan-

masında deneyimlere dayanan kişisel hükümlerde önem taşır. Bazı hallerde teorilerin kabulü ve ilgili amprik formüllerin uygulanmasında çok iyi sonuçlar alınır. Bazanda teoriler yalnızca uygun bir projeleme için ilk yaklaşımların yapılmasında yararlı olur.

Daha öncede belirtildiği gibi paralel tarla drenleri ister açık ister kapalı olsun taban suyu yüksekliğini düşürmek amacı ile projelenir (Şekil 11.17).



Şekil 11.17. Paralel tarla drenlerine taban suyunun akışı.

Drenajda taban suyu yüksekliğine etki eden etkenler aşağıdaki gibi belirlenebilir.

a. Yağışlar ve diğer besleme kaynakları,

b. Bitki su tüketimi ve diğer kayıplar,

c. Toprak özellikleri,

d. Dren derinlik, aralık ve kesit alanları,

e. Geçirimsiz toprak katmanı derinliği.

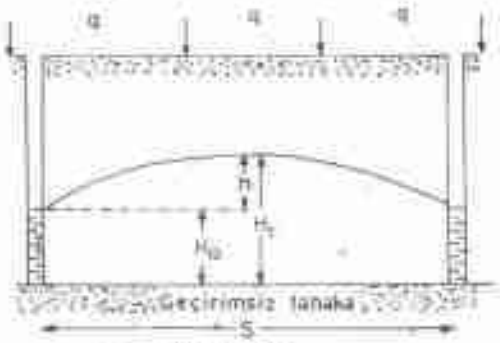
Bu etkenlerin arasındaki ilişkilerin belirlenmesine çalışan çeşitli araştırıcılar değişik drenaj teorileri ortaya atmışlar ve teorileri ile ilgili amprik ilişki denklemleri önermişlerdir. Bütün bu teoriler suyun drenlere akışının iki boyutlu olduğu varsayımı ile, iki dren arasındaki beslenmenin değişen ve değişmez nitelikte olup alanın her tarafında yeknesak olduğu varsayımına dayandırılmaktadır.

Drenaj teorilerine ilişkin olarak geliştirilen formüller, düzgün ve düzgün olmayan akış koşulları için olmak üzere iki ayrı grupta incelenebilir.

11.31. Düzgün Akış Koşulları İçin Geliştirilen İlişkiler

Düzgün akış koşulları için geliştirilen drenaj formülleri drenajda taban suyu konumunun zaman içerisinde değişmeyeceği varsayımına dayanır. Diğer bir deyişle drenaj sorunu yaratan suyun ortama geliş hızı, ortamdan ayrılış hızına (drenaj katsayısı) eşit kabul edilir.

Donnan formülü: Kenarları dik olan ve geçirimsiz tabakaya kadar uzanan açık dren hendeklerine olan akış (Şekil 11.18) ların tanımlanmasında kullanılır.



$$S^2 = \frac{4K\,(H_1 - H_0)}{q} \quad \text{(Donnan)}$$

Şekil 11.18. Donnan formülünün uygulanmasındaki unsurlar.

Formülde:

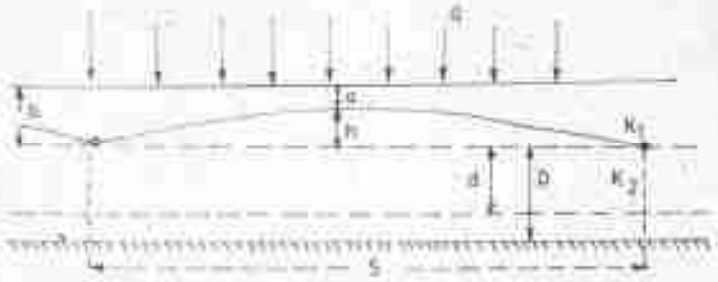
S = Dren aralığı (m),
K = Hidrolik iletkenlik (m/gün),
q = Drenaj katsayısı (m/gün),
H_1 = Taban suyu eğrisinin tepe noktasından geçirimsiz tabakaya olan mesafe (m),
H_0 = Drenler içerisindeki su seviyesi ile geçirimsiz tabaka arasındaki mesafe (m).

Hooghoudt formülü: Düzgün akış koşulları için geliştirilen bu formül aşağıda verilmiştir.

$$S^2 = \frac{8\,K_2\,dh}{q} + \frac{4\,K_1 h^2}{q}$$

Denklemde:

S = Dren aralığı (m),
q = Dren akışı (m/gün),
K_2 = Dren altındaki tabakanın hidrolik iletkenliği (m/gün),
K_1 = Dren altındaki tabakanın hidrolik iletkenliği (m/gün),



Şekil 11.19. Hooghoudt formülünün uygulanmasındaki unsurlar.

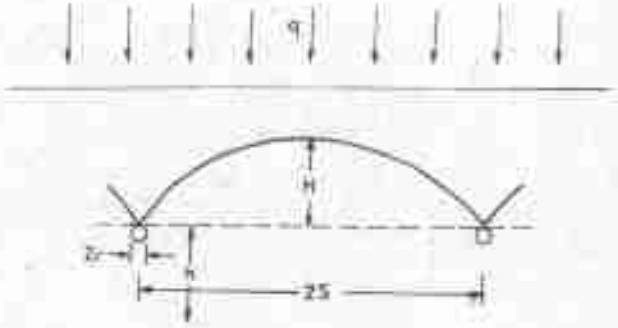
h = Drenler arası orta noktada taban suyunun drenden olan yüksekliği(m)

d = Eşdeğer tabaka kalınlığı. Bu değer dren aralığı (L), Dren yarıçapı (r) ve dren tabanının geçirimsiz tabakadan olan yüksekliğine (D) bağlıdır.

Denklemin ilk terimi drenler altındaki akış, son terimi ise drenler üzerindeki akış ile ilgilidir.

Formül hidrolik iletkenlikleri (K_2, K_1) farklı iki tabakanın varlığına ve drenlerin bu tabakaların ortak yüzeyinde bulunması haline dayanır. Homojen bir toprak için $K_2 = K_1$ dir. Drenler iki tabakanın ortak yüzeyinin altına yerleştirildiği zaman da denklem kullanılabilir. Buna mukabil drenler iki tabakanın ortak yüzeyinin üst tarafına yerleştirilmiş ise, Hooghoudt denklemi kullanılmaz.

Düzgün akış koşullarının yalnızca yatay akışın var olduğu varsayımı için geliştirilen bu formüllerin yanında yatay ve radyal akışın varlığına dayanan diğer formüller içinde en yaygın olarak kullanılan Kırkham formülüdür (Şekil 11.20).



$$S = \frac{4L}{K} F \qquad F = \frac{1}{\pi}\left[\ln\frac{2S}{\pi r} + \sum\left[\frac{1}{m}\left(\cos\frac{m\pi r}{S} - \cos m\pi\right)\left(\coth\frac{m\pi h}{S} - 1\right)\right]\right]$$

Şekil 11.20. Kırkham formülü ve unsurları.

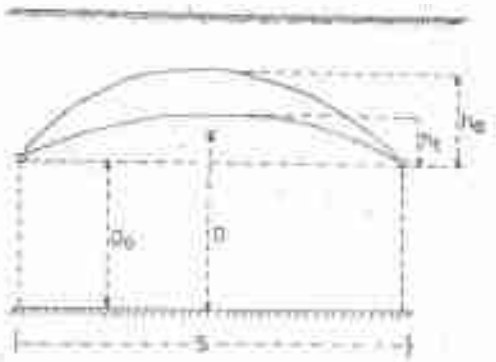
Formülün uygulanmasında çözüm için geliştirilmiş olan abaklardan yararlanılır.

Düzgün akışta, yatay, radyal ve düşey akış bulunduğu varsayımına dayanan teori ise Ernst tarafından ortaya atılmıştır. Ernst homojen ve katmanlı topraklar için ayrı ayrı formüller vermiştir.

11.32. Düzgün Olmayan Akış Koşulları İçin Geliştirilen İlişkiler

Düzgün olmayan akış koşullarını içeren drenaj formülleri zamana göre değişiklik gösteren beslenmenin etkisi sonucunda taban suyu yüksekliğinin yine zamana göre gösterdiği değişiklikler dikkate alınarak geliştirilmiştir. Bunlar içerisinde en yaygın kullanılanı GLOVER-DUMM formülüdür.

GLOVER-DUMM formülü özellikle sulanan alanlarda dren aralıklarının hesabında kullanılmaktadır (Şekil 11.21).



$$S^2 = \frac{10 \, k \, D \, t}{V \, Ln \left(1{,}16 \, \frac{h_o}{h_t} \right)}$$

Eğer $\frac{h_t}{h_o} < 0{,}5$ ise

$$h_t = h_o \cdot 1{,}16 \cdot e^{-kt/\mu}$$

$$J = \frac{V_L^2}{10 \, k \, D}, \quad D = D_0 + \frac{h_o + h_t}{4} \text{ olur}$$

Şekil 11.21. Glower-Dumm formülü ve unsurları.

Formülde:

h_o = Drenaj başında taban suyu yüksekliği (m),

h_t = Drenaj periyodu sonunda taban suyu yüksekliği (m),

j = Rezervuar katsayısı (gün),

V = Hacim oranı $\sqrt{K_r}$ (cm/gün).

12. TUZLU SODYUMLU TOPRAKLAR VE ISLAHI

Sulu tarımın başarılı bir şekilde uygulanması, sadece suyun toprağa verilmesini değil, sulu tarım alanında tuzlu ve sodyumlu toprakların meydana gelmesini önleyici, bu gibi toprakların ıslah edici tedbirleri de gözönünde bulundurulmalıdır. Tuzluluk ve sodyumluluk kontrolünde önemli etmenler sulama kalitesi, sulama uygulaması ve drenaj koşullarıdır.

Herhangibir sulama projesinin geliştirilmesinde, başlangıçta tuzlu olan topraklardaki fazla tuzun yetiştirilecek bitkilere zarar vermeyecek düzeylere indirilmesi düşünülmelidir. Bunun için de, yeterli su yanında, kimyasal ıslah maddelerinin kullanılmalarına da gerek duyulabilir. Başlangıçta verimli olan topraklar, kötü sulama ve toprak amenajmanı veya yetersiz drenaj nedeniyle eriyebilen tuzların veya değişebilir sodyumun fazla miktarda birikmesi sonucu verimsiz hale gelebilirler.

12.1. Tuzlu ve Sodyumlu Toprakların Özelliği ve Oluşumu

Tuzlu ve sodyumlu topraklar genellikle sodyum, kalsiyum magnezyum, klorür, sulfat ve ikinci derecede de potasyum, bikarbonat nitrat, bor gibi eriyebilir tuzlardan zarar görmüş topraklardır. Tuzlu ve sodyumlu topraklar özel ıslah ve amenajman önlemlerine gereksinme gösteren problemli topraklardır. Toprakta bulunan eriyebilir tuzlar, toprak eriyiğinin tuz konsantrasyonunu arttırmak ve toprak adsorpsiyon kompleksinin sodyumla doyma yüzdesini arttırmak yoluyla toprağa zarar verirler. İkinci etki özellikle toprakta sodyum tuzlarının etkin olduğu hallerde meydana gelir ve birincisinden daha devamlıdır. Çünkü bu durumda genellikle diğer eriyebilir tuzların çoğu yıkandıktan sonra bile adsorbe edilmiş sodyum toprakta kalır.

Tuzlu topraklarda yalnızca fazla miktarda eriyebilir tuz bulunur. Buna karşılık sodyumlu topraklar ise fazla miktarda adsorbe edilmiş sodyum taşırlar. Özellikle daha önce yıkanmaya uğramış sodyumlu topraklar, genellikle fazla eriyebilir tuz bulundurmazlar. Bu tip topraklara tuz miktarlarına göre tuzsuz sodyumlu veya tuzlu sodyumlu topraklar denir.

12.2. Tuzlu Topraklar

Tuzlu topraklar genellikle arid ve yarı arid iklim koşullarında oluşurlar. Hümid koşullar altında, toprakta bulunan eriyebilir tuzlar genellikle yıkanarak taban suyuna ve buradan da sonuçta akarsu ve denizlere ulaşır. Arid bölgelerde ise, yıkanma ve toprak tuzlarının denizlere taşınması yeterli değildir. Genellikle yıkanma yöreseldir ve dolayısıyla eriyebilir tuzlar uzaklara taşınmaz. Bu durumun başlıca nedenleri arasında eriyebilir tuzların yıkanması ve taşınması için yağışın az olması, yüksek buharlaşma ve terleme belirtilebilir.

Toprakta bulunan hemen bütün eriyebilir tuzların indirekt kaynağı primer materyalin ayrışmasıdır. Fakat bu kaynağın tek başına tuzlu toprak meydana getirmesi enderdir. Tuzlu topraklar genellikle ,tuzu başkayörelerden alan yerlerde oluşurlar. Toprakta tuzluluk meydana getiren tuzların başlıca taşıyıcısı ise sudur. Toprakların tuzlulaşmasında en önemli etken genellikle drenaj koşullarının kötü olmasıdır. Doğal drenaj koşullarının kötü oluşu ise genellikle toprak hidrolik iletkenliğinin düşük veya taban suyunun yüksek olmasından ileri gelir.

Doğal koşullar altında tuzlu topraklar meydana gelebilirse de, tarımda en büyük tuz sorunu verimli toprakların kötü sulama uygulamaları nedeniyle tuzlulaşması ile oluşurlar.

Sulu tarım alanları genellikle, sulama kolaylığı nedeniyle akarsu vadilerindeki düz ovalarda bulunur. Bu alanların doğal koşullar altında drenajı yeterli ve tuz içerikleri normal olmasına karşın tarım koşulları altında drenaj yeterli olmayabilir. Böyle durumlarda sulama suyu ile toprağa kısa zamanda fazla miktarda tuz ilave edilebilir.

Sulu tarıma açılan alanlarda genellikle çiftçi, tuzluluğun önlenmesi yönünden drenaj tesislerinin önemini tam anlamıyla kavrayamamaktadır. Bunun doğal bir sonucu olarak, taban suyu bir kaç yılda toprak yüzeyine kadar yaklaşmaktadır. Taban suyunun 1,5–1,8 m. ye kadar yükseldiği durumlarda az veya çok eriyebilir tuz kapsayan taban suyu kök bölgesine ve sonuçta da toprak yüzeyine kadar erişebilir. Bu durumda sulama suyu kadar taban suyu da toprakların tuzlulaşmasına neden olur.

12.3. Sodyumlu Topraklar

Sodyumlu topraklar ise yüksek miktarda adsorbe edilmiş sodyum bulundururlar. Toprak tanecikleri yüzeylerinde negatif elektrik yükü nedeniyle, kalsiyum, mağnezyum ve sodyum gibi katyonları adsorbe ederler. Adsorbe edilmiş bulunan bu katyonlar toprak tanecikleri ile kimyasal olarak kaynaşırken toprak eriğiyine ilave edilen diğer katyonlarla yer değiştirebilirler

Her toprağın belirli bir katyon adsorbe etme ve değiştirebilme kapasitesi vardır. Sodyum tarafından alınan bu kapasite yüzdesine değiştirilebilir sodyum yüzdesi denir. Sodyumlu toprakların değiştirilebilir sodyum yüzdesi genellikle 15 veya bu değerin üzerindedir.

Arid bölgelerin verimli topraklarının eriyiklerinde bulunan başlıca katyonlar kalsiyum ve mağnezyumdur. Normal topraklar, sodyumca zengin sulama veya drenaj suyu ile temas haline geldiği zaman, toprak eriyiğinde bu katyon dominant hale geçer ve başlangıçta adsorbe edilmiş bulunan kalsiyum ve mağnezyumun yerini alır. Sodyumun bu şekilde adsorpsiyonu sonucunda sodyumlu topraklar oluşur.

12.4. Tuzluluk ve Sodyumluluğun Toprak Verimliliğine Etkisi

Toprakta eriyebilir tuzlar ve adsorbe edilmiş sodyumun birikmesi toprak verimliliğini çeşitli yönlerden sınırlar.

Tuzlu topraklar, eriyebilir tuz kapsamlarının yüksek ve buna karşın bünyelerinde önemli ölçüde adsorbe edilmiş sodyum bulunması nedeniyle genel olarak floküle durumda bulunurlar. Bunların toprak işleme özellikleri ve hidrolik kondüktiviteleleri, benzer koşullardaki normal topraklarınkine eşit veya daha yüksektir. Bununla beraber, tuzlu topraklarda toprak eriyiğinde tuz konsantrasyonunun çok yüksek olması bitkinin su almasını sınırlar ve sonuç olarak da gelişmeyi geciktirir. Bitki gelişmesinin geciktirilmesi, toprakta bulunan tuzların cinsinden daha çok toplam konsantrasyonuna bağlıdır.

Tuzluluğun bitki gelişmesi üzerindeki etkisi Elektriki kondaktivitenin (Milimhos/cm) 2 den küçük değerleri için önemli değildir. E.C. nin 16 dan büyük değerlerinde ise yalnızca tuza çok dayanıklı bitki çeşitleri yetiştirilebilir.

Toprak tuzluluğunun bitki üzerindeki başlıca etkisi su alımının sınırlanması sonucu bitki gelişmesinin geciktirilmesi olmakla birlikte toprakta bulunan bazı tuzlar bitkiler için toksik bir etkiye de sahiptirler. Örneğin bor gibi elementler toprak solusyonunda çok az miktarlarda bile bulunsa bir çok bitkiler için toksik etkiye sahiptirler.

Sodyumlu topraklarda önemli ölçüde eriyebilir tuz mevcut olduğu takdirde, bunlar floküle halde bulunurlar ve karakteristikleri genellikle tuzlu topraklarınkine benzer. Fazla tuz, yıkanması ile, tuzlu sodyumlu topraklar genellikle tuzsuz sodyumlu topraklara dönüşür ve fiziksel özellikleri büyük ölçüde bozulur.

Yıkama ile topraktaki tuz konsantrasyonunun seviyesi düşürüldüğü zaman toprakta mevcut bulunan adsorbe edilmiş sodyum istenilmeyen top-

rak özelliklerinin ortaya çıkmasına neden olur ve sonuç olarak da toprak kuvvetli alkali reaksiyon gösterir (pH 8,5), tanecikler disperse olur ve toprak; su ve havanın girmesine elverişli bir durum göstermez. Aynı zamanda adsorbe edilmiş sodyum da bitkiler için toksik etki gösterdiğinden bitki beslenmesi yönünden sakıncalar doğurur.

12.5. Tuzlu ve Sodyumlu Toprakların Islah İlkeleri

Tarımsal ürünlere karşı artan talebin karşılanabilmesi için, gelecekte tuzlu topraklardan ve düşük kaliteli sulama sularından daha geniş ölçüde yararlanmak gerekecektir. Bu bakımdan tuzlu toprakların ıslahı ve verimli topraklarda fazla eriyebilir tuz ve adsorbe edilmiş sodyum birikmesini önlemek için gerekli amenajman önlemlerinin uygulanmasının önemi zamanla daha da artacaktır.

Sulu tarımda tuz probleminin başlıca iki ana cephesi vardır. Bunlardan birincisi doğal koşullar altında veya kötü amenajmandan dolayı tuzlanmış toprakların ıslahıdır. İkincisi ise verimli veya çok hafif tuzlu toprakların eriyebilir tuz ve adsorbe edilmiş sodyum içeriklerinin artmasını ve dolayısıyla ürün veriminin azalmasını önlemektir.

Tuzlu ve sodyumlu toprakların ıslahı; taban suyunun yeter derecede düşürülmesi, normal bir infiltrasyon sağlanması, fazla tuzların yıkanması ve iyi bir toprak amenajmanına gereksinme gösterir.

Tuzlu toprakların ıslahında ilk adım eriyebilir tuzların yıkanmasına olanak kılacak drenaj tesislerinin inşasıdır. Drenaj gereksiniminin saptanmasında taban suyunun mevcut seviyesi ve çeşitli toprak horizonlarının hidrolik kondüktiviteleri dikkate alınır. Sulama kanallarından sızan ve kenar arazilerden gelen suların tutulması için bazı durumlarda özel önleyici dren sistemlerine gereksinim duyulabilir. Drenaj sistemi taban suyunu yaklaşık 1,80 m. nin altında tutacak biçimde tesis edilmelidir. Tuzlu toprakların ıslahında ikinci adım, yıkama suyu vererek, tuzların kök bölgesinden drenaj sistemine iletmektir. Normal koşullar altında yeterli bir yıkama için toprağa verilen sulama suyunun en az % 10'unun drenaj sistemine ulaşması istenir.

Sodyumlu toprakların ıslahı tuzlu toprakların ıslahından daha güçtür. Çünkü sodyumlu toprakların ıslahı, yıkama ve drenaj yanında adsorbe edilmiş sodyumun kalsiyum veya mağnezyum ile değiştirilmesini ve toprak yapısını geliştiren özel amenajman önlemlerinin alınmasını gerektirir.

Tuzlu ve sodyumlu toprakların ıslahında yeterli drenaj ana amaçtır. Taban suyu yeter derecede düşürülmedikçe yıkama yapılması ve adsorbe

edilmiş sodyumun değiştirilmesi için kimyasal madde kullanılmasının büyük bir yararı yoktur.

12.51. Yıkama

Yıkama toprak yüzeyine su vermek ve bunu kök bölgesinden aşağıya geçirmekle yapılır. Suyun tüm toprak yüzeyine göllendirilebildiği durumlarda yıkama daha etkilidir.

Düz arazilerde yıkama amacıyla su, 60–120 cm yükseklikte seddeleri olan tavalarda göllendirilebilir. Tavaların boyutu arazinin hakim eğimine bağlıdır. Normal olarak tavanın en alçak ve yüksek noktaları arasındaki yükseklik farkının 15 cm den fazla olması istenmez. Arazinin eğimli olduğu durumlarda tava seddelerinin olanaklar ölçüsünde tesviye eğrilerine paralel olması istenir.

Komşu tavaların seddelerine taşma kapakları veya savaklarının yerleştirilmesi, suyun kontrolünü kolaylaştırır ve birden fazla tavanın aynı anda göllendirilmesini sağlar.

Tuzlu toprakların yıkanmasında su toprağa sürekli göllendirme veya periodik sulamalar biçiminde verilir. Arazinin periodik olarak kurumaya terkedilmesi infiltrasyon hızının elverişli bir seviyede tutulmasına yardım eder. Topoğrafik koşulların göllendirmeyi elverişli kılmadığı hallerde, suyun karıklar ve uzun tavalarla sık sık ve fazla miktarlarda verilmesiyle de orta derecede etkili bir yıkama gerçekleştirilebilir.

Toprağın donduğu iklim koşulları dışında yıkama işleminin kışın yapılması daha uygundur. Çünkü bu mevsimde genellikle su daha bol, taban suyu ve drenaj şartları normal sulama mevsimine göre daha elverişlidir.

Toprak orta derecede tuzlu ise, yıkama sırasında çeltik ve bermuda çayırı gibi göllenmeye dayanıklı bitkiler yetiştirilebilir.

Tuzlu toprakların yıkanması için gerekli yıkama suyu gerekalnimi toprağın başlangıçtaki ve istenilen son tuzluluk seviyesine bağlıdır. Yıkama için gerekli suyun saptanmasında transpirasyon ve buharlaşma kayıpları da gözönünde bulundurulmalıdır.

12.52. Kimyasal Islah Maddelerinin Kullanılması

Sodyumlu toprakların ıslahında yalnızca toprakta bulunan fazla eriyebilir tuzların yıkanması yeterli değildir. Bunun yanında toprakta bulunan adsorbe edilmiş sodyumun; kalsiyum veya mağnezyum ile yer değiştirmesine ve genellikle toprak yapısının geliştirilmesine çalışılır.

Bazı sodyumlu topraklar, mineral jips şeklinde kalsiyum sulfat bulundururlar. Böyle topraklar yıkandıkları zaman, jips çözülür ve fazla tuzların yıkanması sırasında adsorbe edilmiş sodyumda kalsiyumla yer değiştirir.

Sodyumlu topraklar, doğal koşullar altında jips bulundurmadığı durumlarda yapay yollarla kalsiyum veya mağnezyum verilmesine gereksinme duyulur. Sodyumlu topraklarda adsorbe edilmiş sodyumun değiştirilmesinde belli başlı üç tip kimyasal ıslah maddesi kullanılır.

Bunlar;

1. Eksik kalsiyum tuzları (kalsiyum klorür ve jips)

2. Az eksik kalsiyum tuzları (kireç taşı)

3. Asitler veya asit meydana getiren kimyasal maddelerdir. (Sülfürik asit, kükürt, demir ve alüminyum sülfat)

Kimyasal maddelerin amaça elverişliliği bunların suda eksik hale gelme derecelerine, toprakların kireç kapsamına ve pH değerlerine bağlıdır.

Kireç bulunduran sodyumlu topraklara eksik kalsiyum tuzları, asitler veya asit meydana getiren kimyasal ıslah maddeleri verilebilir. Buna karşın kireç taşı vermenin hiç bir yararı yoktur. Asitler veya asit ham maddeleri topraktaki kireç ile reaksiyona girerek jips oluşturur. Asit veya asit meydana getiren kimyasal maddelerin kireçli topraklara verilmesi toprak reaksiyonunu asit yapmağa yöneltir. Gereksinme duyulan bu maddeler toprağın asiditesini arturıyor ise (pH 6 veya daha az), toprağa ilave kireç verilmedikçe, kullanılacak ıslah maddesi yalnızca eksik kalsiyum tuzlarına göre belirlenir.

Kireç bulundurmayan sodyumlu topraklara kirecin tek başına verilmesi yararlı olabilir. Fakat ilave edilen kirecin yararı toprak pH'ı 7 den az değilse fazla olmamaktadır.

Kullanılacak ıslah maddelerinin seçiminde genellikle maliyet ve toprakta reaksiyon göstermesi için gereksinme duyulan süre dikkate alınır. Genellikle ıslah maddesi ne kadar ucuz ise toprak içerisindeki reaksiyonu o kadar yavaş olur. Örneğin kalsiyum klorür suda yüksek derecede çözülme kabiliyetinde olduğundan dolayı; çözük kalsiyumun en belli başlı kaynağı olmasına rağmen maliyetinin yüksek oluşu kullanılışını çok sınırlar. Sülfürik asit, demir ve alüminyum sülfatlar toprak içerisinde etkilerini kısa bir süre içerisinde gösterirlerse de maliyetleri nispeten yüksektir. Bu sınıftaki ıslah maddeleri içerisinde maliyetinin nispeten düşük olması nedeniyle en yaygın olarak kullanılan jips ve kükürttür.

Bir ıslah maddesi olarak kireç kullanmanın maliyeti düşük ise de ekseri hallerde topraklar yeter miktarda kireç bulundurduklarından bu tip topraklara kireç verme ancak bazı hallerde zararlıdır. Toprak kesin bir asiditeye sahip değilse, kirecin topraktaki reaksiyonu yavaştır. Kirecin tane büyüklüğü (sülfür ve jips için de geçerlidir) toprak içerisindeki reaksiyonuna etki yapan önemli bir etmendir. Tane büyüklüğü küçüldükçe ıslah maddesinin topraktaki reaksiyonu hızlanır.

Genellikle toprak ıslahında kimyasal maddelerin kullanılmasının maliyeti yüksektir. Bu bakımdan gereksinme duyulan maddenin cinsi ve miktarının tayini için ıslahtan önce arazi denemelerinin ve toprak analizlerinin önemi büyüktür.

Jips, kükürt ve kireç gibi ıslah maddeleri normal olarak, toprak yüzeyine serpilir ve sonra bir disk veya pullukla toprağa karıştırılır. Sülfirik asitin toprağa verilmesi olağan tehlikelerden dolayı özel ekipmanlara gereksinim gösterir.

Kükürt kullanılması dışında, kimyasal ıslah maddeleri toprağa verildikten hemen sonra, sodyumlu toprağa yıkama suyu verilir. Yıkama ıslah maddelerini çözer ve bunları kök bölgesinden aşağıya doğru taşır. Yıkama sırasında aynı zamanda kalsiyumla yer değiştirme sonucu olarak adsorbe edilmiş çözük sodyum da bertaraf edilir.

Kükürt kullanıldığı takdirde, yıkama suyu ancak 2–3 ay sonra verilebilir. Bunun nedeni kükürdün oksidasyonu ve toprakta jips oluşumu için yeter zaman bırakmaktır. Bununla beraber kükürdün oksidasyonu için suya gereksinim olduğundan toprağın rutubetli tutulmasına gerek vardır.

Eğer tuzlu sodyumlu toprağın yapısı başlangıçta iyi ise; toprağın karıştırılması minimumda tutulur ve yeter miktarda çözük kalsiyum verilirse fazla tuzlar ve adsorbe edilmiş sodyumun yıkanması sırasında toprak yapısı başlangıçtaki durumunu muhafaza eder. Bu durumda, toprak işleme en az düzeyde tutulmalı, ıslah işlemi sırasında ağır tarım ekipman ve makinalarını araziye sokmaktan kaçınmalıdır.

KAYNAKÇA

Alkan, Z. 1972 "*Ziraî İnşaat*", A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 65, Erzurum.

ASAE, 1961 "*Agricultural Engineers Hand Book*", Mc Graw Hill Book Company, New York.

Ayyıldız, M. 1976 "*Sulama Suyu Kalitesi ve Sulamada Tuzluluk Problemleri*", A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, Ders Kitabı, 199, Ankara.

Balaban, A. 1965 "*Ziraî Sulama*", Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Neşriyatı, No: 122, Ankara (Çeviri).

Balaban, A. 1965 "*Sulu Ziraat Arazilerinin Drenajı*", Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş., No: 123, Ankara (Çeviri).

Balaban, A. 1974 "*Mühendislik Mekaniği*", A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları Ders Kitabı, 176, Ankara.

Balaban, A., Şen, E. 1978 "*Tarımsal İnşaat*", A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 679, Ankara.

Balaban, A., Şen, E. 1979 "*Tarımsal Yapılar*", A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, Ders Kitabı, No: 208 Ankara.

Balaban, A., Tekinel, O., 1969 "*Tavuk Kümeslerinde Çevre Şartlarının Kontrolü*", TAPGEM Yayınları, No: 2, Ankara.

Barre, H.J., Sammet, L.L. 1969 "*Farm Structures*", John Wiley and Sons, Inc., New York.

Carter, D.G. 1954 "*Farm Buildings*", John Wiley and Sons Inc., New York.

Gdvin, L. 1957 "*Constructions Rurales, La Ferme*", Tome I-II J.B. Bailliere et Fils, Paris.

Gray, H.F. 1955 "*Farm Service Buildings*", McGarw-Hill Book Company, New York.

Heath, R.C., Trainer, F. 1968 "*Introduction to Ground Water Hydrology*", John Wiley and Sons Inc., New York.

Israelsen-Hansen, 1962 "*Irrigation Principles and Practices*", John Wiley and Sons Inc., New York.

Karmeli, D., Keller, J. 1975 "*Trickle Irrigation Design*", Rainbird Publication, London.

King, H.A. 1954 "*Hand Book Hydraulics*", Mc Graw-Hill Book Company, New York.

King, H.A. et al- 1955 "*Hydraulics*" John Wiley and Sons Inc., New York.

Lellavsky, S- 1965 "*Irrigation Engineering*", Volume 1., Chapman and Hall Ltd., London.

Linsley, R.K. et al. 1958 "*Hydrology For Engineers*", Mc Graw-Hill Book Company Inc., New York.

Molenaar, A. 1960 "*Irrigation By Sprinkling*", FAO, Rome.

Neubauer-Walker 1961 "*Farm Building Design*", Prentice-Hall Inc., N.J.

Pasfield, D.H. 1965 "*Farm Buildings Design and Construction*", Temple Press Books, London.

Rolley, P. 1953 "*Ameliorations Agricoles Irrigations*", Librairie J.B. Baillière, 19, Rue Hautefuille, Paris.

Ronald, V.G. 1962 "*Fluid Mechanics and Hydraulics*", Schaum Publishing Co., New York.

Scot-Houston, 1959 "*Measuring Irrigation Water*", Circ 473, Uni. of California, Davis.

Sönmez-Ayyıldız, 1964 "*Tuzlu ve Sodyumlu Toprakların Teşhisi ve Islahları*", A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 229 (Çeviri), Ankara.

Sönmez, N., Balaban, A. 1968 "*Kültürteknik*", A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, Ders Kitabı, No: 109, Ankara.

Sönmez, N., Balaban, A. 1968 "*Kültürteknik*", Cilt II, A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, Ders Kitabı, No: 112, Ankara.

Streeter, V.L. 1958 "*Fluid Mechanics*", Mc Graw-Hill Book Company Inc., New York.

Schwab, et al- 1962 "*Elementary Soil and Water Engineering*", John Wiley and Sons Inc., London.

Schwab, G.O. et al- 1966 "*Soil and Water Conservation Engineering*" John Wiley and Sons Inc., New York.

Tod, D.K. 1959 "*Ground Water Hydrology*", John Wiley and Sons, Inc., New York.

Weiler, J.B. 1965 "*Farm Buildings*", Volume I, Crosby Lockwood and Son Ltd., London.

Woodward, G.O. 1959, "*Sprinkler Irrigation*", Sprinkler Irrigation Association, Washington, 6 D.C.

Yalan, E. 1975 "*The Desing of Agricultural Settlements*", Michiol Publishing House of the Students Association, Halifa.

——— 1973 "*Drainage Principles and Applications*", Vol. I, II, III; Pub. 16, International Institute For Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherland.

——— 1973 "*Irrigation, Drainage and Salinity*", FAO-UNESCO, Paris.