9.

MEKANİK YÖNTEMLER

Toprak yüzeyinden hareket eden suyun veya rüzgarın kontrol edilmesini sağlayan birtakım mekanik uygulamalardır. Hangi mekanik yöntemin uygulanacağına; yüzey akış veya rüzgarın hızının azaltılması, yüzey su depolama kapasitesinin artırılması veya fazla suyun emniyetle araziden uzaklaştırılması gibi amaçlara bağlı olarak karar verilmektedir. Mekanik yöntemler agronomik önlemlerle beraber uygulanmalıdırlar.

5.1. Düzeç Eğrilerine Paralel Tarım

Eğim aşağı yapılan sürüm ve ekim işlerine nazaran eğime dik olarak yapılan sürüm ve ekim işlemleri toprak kayıplarını % 50 oranına kadar azaltabilmektedir. Kontur tarımının etkinliği eğim dikliği ve eğim uzunluğuna bağlı olup, örneğin % 1-2 eğim dikliğine sahip 180 m den daha fazla eğim uzunluğundaki arazilerde tek bir toprak koruma yöntemi olarak uygun değildir. Müsaade edilebilir eğim uzunluğu eğim dikliğinin artışıyla azalmakta olup % 9 da 30 m ve % 15 de 20 m ye düşmektedir. Üstelik bu teknik ancak düşük yağış intensitesine sahip bölgelerde etkili olmaktadır. Daha yoğun yağışlar için koruma sağlamak kontur tarımın şeritvari ekimle takviye edilmesiyle sağlanır **(Bölüm 3.2)**. Eğime dik olarak kurulmuş şeritvari tarımın yapıldığı arazilerden oluşan toprak kaybı, eğime bağlı olarak eğim aşağı tarım yapılan arazilerden oluşan toprak kaybının % 25-45 i kadardır.

Siltli ve ince kumlu topraklarda erozyon yüzey akış suyunun yüzeyde depolanması ile daha da azaltılabilir. Yüzey depolama kapasitesi sırtların kontura 1:400 eğimli oluşturulması ile artırılabilmektedir. Bu sırtlar eğim dikliğine göre belirli aralıklarla geçirilirler. Daha fazla depolama kapasitesi sırt aralarının çapraz bağlarla birbirlerine bağlanması ile sağlanabilir ve bu şekilde arazi üzerinde bir seri dikdörtgen çukurluklar yaratılır. Böylece yağış esnasında su bu kısımlarda depolanır. Bu yöntem (tied ridged) ancak iyi drene olan arazilere uygulanır. Aksi takdirde su uzun bir müddet arazi üzerinde kalacağı için bitkilerin zararlanmaları söz konusudur. Bitkilerin zararlanmamaları için suyun 48 saat içinde toprağın içine infiltre olması gereklidir. Buna benzer bir teknikte (range-pitting) otlaklarda uygulanmakta ve arazi üzerinde 50 x 50 x 7,5 cm boyutlarında 40 cm aralıklarla çukurlar açılmaktadır. Ancak bu şekilde sağlanan yüzey depolama kapasitesinin %

50 sinin 8 yıl ve % 90 ının ise 28 yıl sonra kaybolduğu tespit edilmiştir (Neff 1973).

5.2. Kontur Setler

Kontur setler, 1,2 - 2,0 m genişlikte, eğime dik şekilde kurulan, yüzey akışlarını engelleyen, üzerlerinde eğimin üst kısmına doğru su depolama alanı oluşturan ve eğim uzunluğunu yüzey akış oluşması için gerekli uzunluğun altına düşüren yani eğimi segmentlere ayıran toprak yığınlarıdır. Kontur setler % 2 - 12 arasındaki eğimler için uygundurlar ve şeritvari tarım sistemi içinde ağaç veya otsu bitkilerin ekildiği devamlı tamponlar oluştururlar. Tropik bölgelerde kontur setler 10 - 20 m ara ile elle inşa edilmek suretiyle sıkça kullanılmaktadır.

5.3. Teraslar

Teraslar eğime çapraz olarak yüzey akış sularını kesmek ve erozif olmayan bir hızda bu suları stabil bir çıkışa nakletmek, bunun yanında eğim uzunluğunu azaltmak amacıyla kurulan toprak setlerdir. Teraslar kontur setlere benzer fonksiyonlara sahiptirler.

Terasların boyutları ve uzunlukları, teras çıkış yerleri, teras kanallarının boyutları ve eğimleri ve teras sisteminin araziye yerleştirilmesinde çok dikkatli olmak gerekir.

Teraslar üç ana tipte sınıflandırılabilirler, bunlar; saptırıcı, tutucu ve seki teraslardır. Buna ilave olarak dik eğimli sahalarda ağaç yetiştirme amacıyla kullanılan Grodoni (kademeli seki) ve hendek teraslar vardır.

Saptırıcı terasların birinci amacı yüzey akışların kesilmesi ve eğime çapraz olarak uygun bir çıkış ağzına bu suların kanalize edilmesidir. Saptırıcı terasların kanal eğimleri genellikle kontura 1:250 dir. Çevirme teraslarının bir çok çeşidi vardır. Bunlar; geniş ve dar tabanlı teraslardır. Geniş tabanlı teraslarda dolgu toprağı seddenin her iki yanından buna karşılık dar tabanlı teraslarında ise seddenin sadece üst kısmından alınır. Geniş tabanlı teraslarda sedde ve kanal birlikte yaklaşık 15 m genişliktedir. Dar tabanlı teraslarda ise bu genişlik 3-4 m dir ve daha dik eğime sahip olan seddede toprak işlemesi yapılamaz. Bu kısımda tarım yapılabilmesi için eğimin; küçük tarım makinaları kullanılıyorsa % 25 i ve büyük tarım makinaları kullanılıyorsa % 15 i geçmemesi gerekir. Çevirme terasları arazi eğiminin % 12 yi geçtiği yerler için uygun değildir. Çünkü hem yapım masrafları yüksektir hem de terasların birbirine çok yakın yapılması gereklidir.

Tutucu teraslar yağışın az olduğu ve suyun eğim boyunca arazide depolanmasının istendiği yerlerde kullanılırlar. Bu bakımdan bu tip teraslar düzdürler ve genellikle 10 yılda bir tekrarlanmaya sahip yüzey akışlarını depolayabilecek şekilde tasarımlanırlar. Bu şekilde verilen kapasite ile yüzey akışların teraslar üzerinden aşarak akması önlenir. Bu tip teraslar normal olarak % 8 den daha az eğimli ve geçirgen topraklar için tavsiye edilir.

Seki teraslar eğim boyunca birbirini takip eden bir seri basamakları kapsarlar ve işlenmesine ihtiyaç duyulan en fazla 30° (%57,7) olmak üzere dik eğimli yerlerde kurulurlar. Basamakların dik kısımları erozyona çok kolay bir şekilde maruz kalabilir ve bu kısımların korunmasında bitki örtüsünden yararlanılır ve

bazen da taş veya briket gerekli olabilir. Diğer tiplerdeki gibi bir kanal yoktur ancak sedde üst kısmının eğimlendirilmesi ile bir depolama alanı yaratılmıştır **(Şekil 5.2)**.

Çizelge 5.1. Teras kanalları için eğim ve uzunluk tasarımı (Hudson 1981)

Maksimum uzunluk		**Kumlu toprak**	**Killi toprak**
	Normal	**250 m**	**400 m**
	En fazla	**400 m**	**450 m**
Maksimum eğim	**İlk**	**100 m**	**1:1000**
	İkinci	**100 m**	**1: 500**
	Üçüncü	**100 m**	**1: 330**
	Dördüncü	**100 m**	**1: 250**
	Sabit eğimin kullanıldığı yerlerde 1:250 tavsiye edilir.		
Arazi eğimleri	**Çevirme terasları: %12 eğime kadar kullanışlıdır. Dik eğimlerde yapım maliyeti yüksek olup teraslar birbirine çok yakın olur ve aletli tarım zorlaşır.**		
	Tutucu teraslar : % 8 eğime kadar tavsiye edilir.		
	Seki teraslar : % 12-58 eğime sahip araziler için önerilir.		

Temel seki teras sistemi yetiştirilecek bitkinin çeşidi ve değerine göre modifiye edilebilir. Örneğin Peninsular Malezya'da iki sistem kullanılmakta olup birincisinde sedde üstünde bir sıra ağaç yetiştirilmekte ve seddeler arasındaki (dolgu) kısmı nispeten az eğimli yapılıp buralarda çayır veya buğdaygil yem bitkileri yetiştirilmektedir. İkinci sistemde ise daha değerli sebzeler birbirine yakın olarak yerleştirilmiş seddelerin üst kısmında yetiştirilmekte ve daha dik olan dolgu kısımlarındaki korumada taşlarla sağlanmaktadır. Su muhafazasının da gerekli olduğu yerlerde düz seki teraslar kullanılmaktadır.

Ağaç yetiştirmede kullanılan Grodoni ve Hendek teraslar özellikle yüksek eğimli arazilerde kullanılırlar.

5.3.1 Teras boyutlarının belirlenmesinde kullanılan formüller

TEORİK FORMÜL

Durağan koşullar için, eğim uzunluğu (L) olan bir yamaçta yüzey akışı (Qw) aşağıdaki gibi açıklanabilir:

$$Qw = (R-i)L\cos\theta$$

Burada; R yağış intensitesi, i infiltrasyon kapasitesi ve Q eğim açısıdır.
Manning akış hızı denkleminden:

$$Qw = (R-i)L\cos\theta = \frac{r^{5/3}\sin^{1/2}\theta}{n}$$

Hidrolik yarıçap (r) aşağıdaki şekilde açıklanabilir:

$$\mathbf{r} = \left(\frac{vn}{\sin^{1/2}\theta}\right)^{3/2}$$

Buradan,

$$(R-i)L\cos\theta = \left[\left(\frac{vn}{\sin^{1/2}\theta}\right)^{3/2}\right]^{5/3} \qquad \frac{\mathrm{Sin}^{1/2}\theta}{n}$$

On yıl tekrarlanma aralığına sahip 1 saatlik yağışa göre verilen R ve i değerlerlerinin ve **Çizelge 5.4** e göre seçilmiş olan v değeri ile eğim mesafesi (L) nin teraslar arası uzunluk olarak kullanılması ile;

$$L = \frac{v^{5/2} \cdot n^{3/2}}{(R-i)\sin^{3/4}\theta\cos\theta}$$

Çıplak toprak için n = 0,20 tavsiye edilmektedir, buna göre dikey aralık (DA) aşağıdaki formülden sağlanabilir:

$$DA = L.\sin\theta$$

Örneğin 10 yılda bir tekerrüre sahip 1 saatlik yağışı 55 mm olan kumlu bir toprağın infiltrasyon kapasitesi 20 mm h^{-1}, **Çizelge 5.4** den bulunan maksimum akış hızı v= 0,75 m s^{-1} ve eğim derecesi 3° ise,

$$L = \frac{0{,}75^{5/2} \cdot 0{,}20^{3/2}}{(0{,}055-0{,}020)\text{x } 0{,}1094 \text{ x } 0{,}9886}$$

L= 11,45 m, DA= 0,6 m

DENEYSEL FORMÜLLER

Türkiye DA = aS+b

a katsayısı;

Akdeniz kıyı şeridi için	0,10
Ege-Karadeniz " "	0,15

Kıyı-İç geçiş bölgeleri	0,20
İç Anadolu	0,24

b katsayısı toprak özelliğine göre saptırıcı (1) ve tutucu (2) teraslar için aşağıda gösterilmiştir.

	(1)	(2)
Sızdırma ve geçirgenlik düşük	0,3	-
Sızdırma orta ve yüksek, yüzey örtülü	0,6	0,5
Sızdırma düşük, yüzey örtülü	0,4	-
Sızdırma orta ve yüksek, yüzey çıplak	0,5	0,4

A.B.D Toprak Koruma Servisi

1- $DA(m)=aS+b$ 2- $DA= (2+ \frac{S}{4}) . 0,3$

a, coğrafik bölgeye göre güney için 0,12 ile kuzey için 0,24 arasında değişmekte olup; b, toprak erozyon duyarlığına göre 0,3 veya 1,2 ve S arazi eğimi (%) dir.

Zimbabwe

$$DA(ft)= \frac{S+f}{2}$$

f değeri toprak erozyon duyarlığına göre 3 den 6 ya kadar değişir.

Güney Afrika

$$DA(ft)= \frac{S}{a}+b$$

a değeri düşük yağışlı bölgeler için 1,5 ve yüksek yağışlı bölgeler için 4 olmak üzere değişir. b değeri toprak erozyon duyarlılığına göre 1 ile 3 arasındadır.

Cezayir

$$DA(m)= \frac{S}{10} +2$$

İsrail

$$DA(m) = XS+Y$$

x, değeri yağışa göre 0,25 - 0,30 ve y, değeri toprak erodibilitesine göre 1,5 veya 2 dir.

Kenya

$$DA(m)= \frac{0,3(S+2)}{\quad}$$

4

New South Wales

$YA(m) = K.S^{-0,5}$

K değeri toprak erodibilitesine göre 1,0 - 1,4 arasında değişir.

Not: üç veya daha fazla formülün çözülüp tasarım boyutunun ona göre kararlaştırılması önerilir.

SEKİ TERASLAR İÇİN ÖZEL FORMÜLLER

Cezayir/Fas

%10-25 arazi eğimleri için $DA(m)=(260.S)^{-0,3}$

% 25'den fazla eğimler için $DA(m)= (64.S)^{-0,5}$

Taiwan/Jamaika

$$DA(m)= \frac{(S.Wb)}{100-(S.U)}$$

Wb teras üst genişliği (m), U sedde (sırt) eğimidir ve genellikle 0,75 veya 1 olarak alınır.

Hindistan

$DA(m)=2(D-0,15)$

D, verimli toprak derinliğidir (m).

Çin

$$DA(m)= \frac{Wb}{(\cos S-\cos \beta)}$$

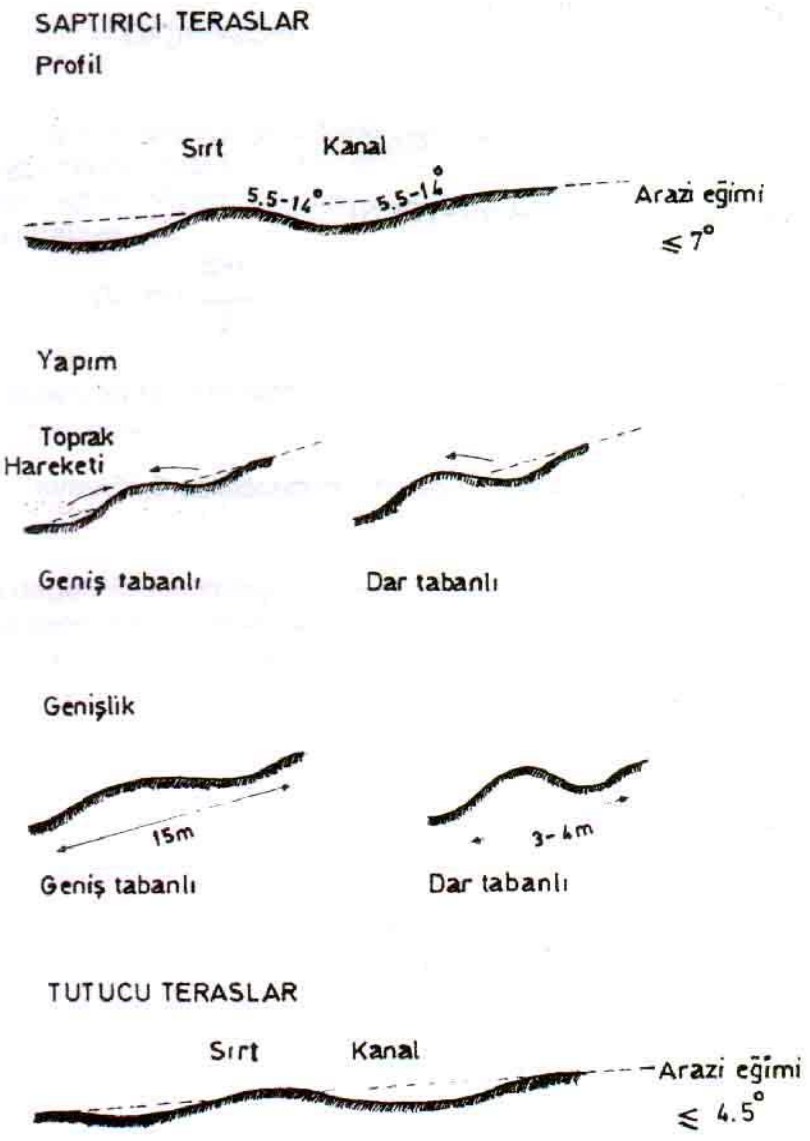
ß sedde sırt eğim açısıdır ve genellikle 70-75°dir.

Taiwan (içe doğru eğimli seki teraslar içindir)

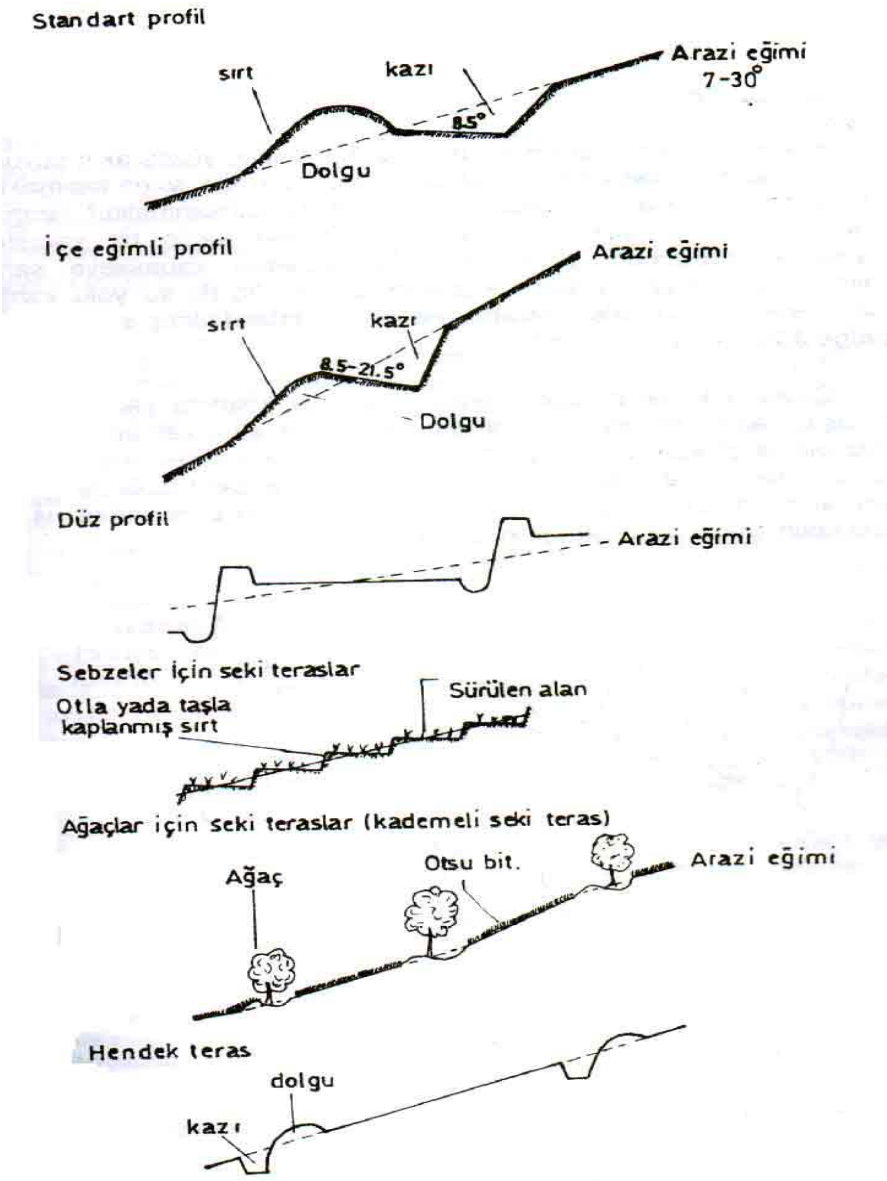
$$DA(m)= \frac{(Wb.S) + (0,1\ S - U)}{100 - (S.U)}$$

DA dikey aralık, YA Yatay aralık, S % arazi eğimidir.

Teraslar yüzey toprağının çok ince olduğu yerler için uygun değildirler. Aynı zamanda fazla miktarda suyun tutulduğu yerlerde heyelanlarda teşvik edilir. Bu bakımdan geçirimsiz profile sahip ve heyelan riski olan yerlerde suyun arazide fazla tutulmaması ve kısa sürede boşaltılması gereklidir.



Şekil 8.1 Saptırıcı ve tutucu teras kesitleri

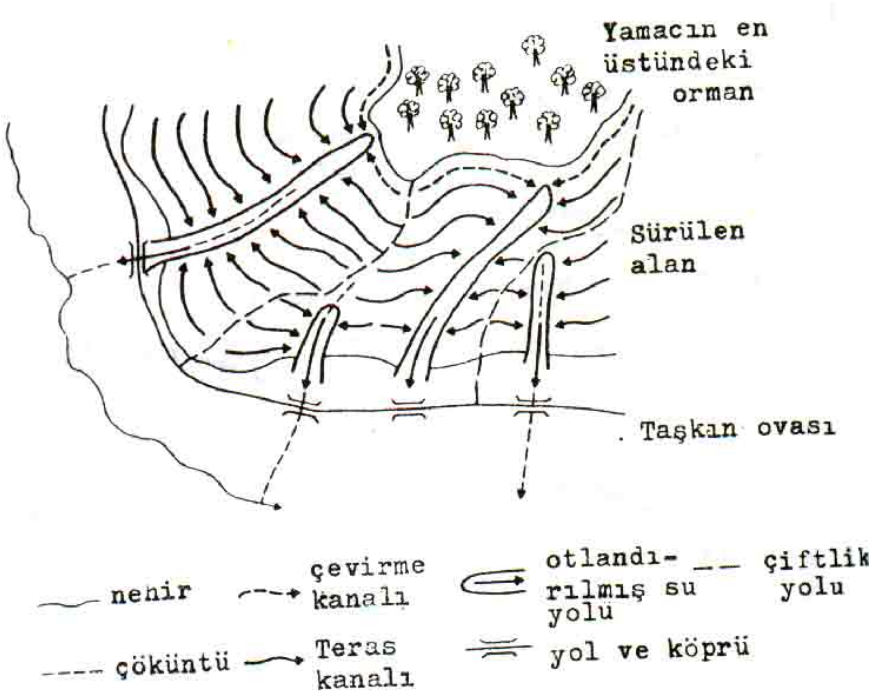


Şekil 5.2. Seki teras kesitleri

5.4. Su Yolları

Koruma sistemi içerisinde su yollarının amacı, yüzey akış suyunu erozyon doğurmayacak bir hızda uygun bir boşaltım noktasına taşımaktır. Bu bakımdan su yolları çok dikkatli bir şekilde tasarımlanmalıdır. Normal olarak boyutları 10 yıllık tekrarlanma dönemine sahip bir yağıştan oluşabilecek maksimum yüzey akışı taşıyabilecek kapasiteye sahip olmalıdır. Yüzey suları boşaltım düzenlemesinde üç tip su yolu vardır. Bunlar; çevirme hendekleri, teras kanalları ve otlandırılmış su yollarıdır **(Çizelge 5.2)**.

Çevirme kanalları eğimli arazinin en üst kısmına yerleştirilir ve eğim aşağı akışa geçen yüzey akışları kesmeye aynı zamanda eğime çapraz olarak yönünü değiştirip otlandırılmış su yoluna çevirmeye yarar. Teras kanalları da teraslar arası sahadan (teras havzası) toplanan yüzey akışın akış yönünün eğime çapraz olarak değiştirilip otlandırılmış su yoluna taşınmasını sağlarlar **(Şekil 5.3)**.



Şekil 5.3 Toprak koruma planlamasında su yollarının tipik yerleşimi

Otlandırılmış su yolları yüzey akışın eğim aşağı yönde taşınmasını sağlarlar ve çoğunlukla tabii çöküntüler bu amaçla kullanılırlar ancak bazen bu kanalların tekrar şekillendirilmesi gerekli olabilir. Otlandırılmış su yolları % 20 ye kadar eğimli alanlar için önerilirler. % 20 nin üzerinde eğime sahip yerlerde % 27

eğime kadar kanalın içinin taşla döşenmesi veya beton kullanılması gereklidir. Arazi üzerinde hafif ve dik eğimlerin birbirlerini takip ettiği yerlerde dik kısımlarda düşü yapılarının kullanılması gereklidir.

Dikim için bitki türü seçimi yöresel toprak ve iklim koşullarına göre yapılmalıdır. Çok kısa sürede yoğun örtü meydana getiren çeşitler seçilmelidir. Çoğunlukla kullanılan bitkiler *Cynodon dactylon* (köpek dişi ayrık otu), *Pao pretensis* (çayır salkım otu), *Bromus inermis* (kılçıksız brom), *Pennisetum purpureum* (mor gökdarı) dır. Ancak son seçimden önce yöresel tavsiyeler dikkate alınmalıdır.

Otlandırılmış su yolları su boşaltım düzenlemesi içerisinde yer altı çıkışları ile değiştirilebilmektedir. Çevirme ve teras kanalları bir yeraltı çıkışına sularını boşaltmak üzere künkten yapılmış drenaj sistemine bağlanabilir. Bu yeraltı giriş kısımlarına doğru kanallara hafif bir eğim verilir. Sistem arazideki suyun 48 saatte uzaklaştırılmasını temin edecek şekilde tasarımlanır. Bu şekilde künk çıkışlı teraslarda toprak kaybı daha fazla azaltılabilir. Künk çıkışı dört kısımdan oluşur. Bunlar, giriş borusu, orifis tepsisi, taşıyıcı boru ve çıkıştır. Giriş borusu genellikle plastikten yapılır ve taşıyıcı boruya bağlıdır. Bitişik teras seddesinin 7-10 cm üstünde, üzerinde düzenli aralıklarla delikler olan borulardır.

Orifis tepsisi giriş borusunun taşıyıcı boruya bağlandığı yere yerleştirilir ve suyun giriş borusundan taşıyıcı boruya geçişini düzenler.

Çizelge 5.2. Toprak koruma sistemlerinde kullanılan su yolları tipleri

Çevirme hendekleri: Yamaç arazinin en üst kısmına eğime çapraz olarak yüzey akış suyunu kesmek üzere yerleştirilirler; kesilmiş yüzey akışı uygun bir çıkış ağzına nakletmek üzere hafif bir eğim verilmiştir.
Teras kanalları: Teras havzalarından gelen yüzey akışı toplamak üzere teras seddesinin üst kısmına yerleştirilirler; eğime çapraz olarak yapılır ve yüzey akışı uygun bir çıkışa nakletmek amacıyla hafif bir eğim verilir.
Otlandırılmış su yolları: Teras ve çevirme kanalları için bir çıkış ağzı olarak su yolları kullanılır; yönü eğim aşağıya doğrudur; arazinin eğimine sahiptir. Bir akarsu sistemine veya diğer çıkışa suyu boşaltır; yamaçlardaki doğal çöküntülerde yapılırlar.

Taşıyıcı boru plastikten yapılır ve normal olarak doğal su yolları içerisinde olmak üzere bir veya birkaç giriş borusundan gelen suları çıkışa taşır. Teras seddesinin hemen girişin yanında olması suyun göllenip bir sonraki terasa taşmasını önlemesi bakımından gereklidir.

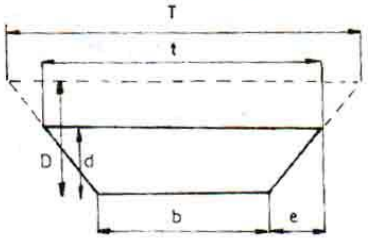
Künk çıkışlar daha pahalı olmasına rağmen özellikle ABD de çok geniş kullanım alanı bulmuştur. Çünkü yer altı çıkışları daha az alanın tarım dışı kalmasını sağlamaktadır. Dünya ölçeğinde incelendiğinde ise otlandırılmış su yolları en ucuz ve en etkili teras çıkışı olarak daha fazla kullanılmaktadır. Teras yer altı çıkış sistemlerinin tasarımı künk drenaj sisteminin tasarım prensiplerine benzer.

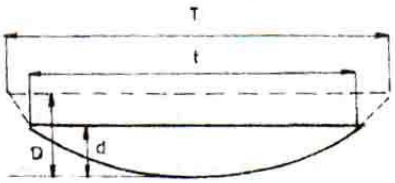
5.4.1. Su yolları tasarımı yöntemleri

Tasarım ölçütleri açık-kanal hidroliği prensiplerini temel almaktadır. Aşağıda açıklanan yöntemde akış hızı için Manning denkleminin uygulaması yapılmıştır. Su yolunun kesiti üçgen, trapezoidal veya parabolik olabilir. Üçgen kesitler en alçak noktalarındaki oyulmadan dolayı önerilmemektedir. Trapezoidal kesitte hazırlanan kanallar zamanla parabolik bir şekil alma eğiliminde olduklarından yöntem parabolik kesit için açıklanmıştır.

Çizelge 8.3. Trapezoidal ve parabolik kesitler

Trapezoidal kesit	
Alan	$bd + Zd^2$
Islak perimetre	$b + 2d\sqrt{1+Z^2}$
Hidrolik yarıçap	$\frac{bd + Zd^2}{b + 2d\sqrt{1+Z^2}}$
Üst genişlik	$t = b + 2dZ$ $T = b + 2DZ$
Parabolik kesit	
Alan	$2/3\ td$
Islak perimetre	$t + \frac{8d^2}{3t}$
Hidrolik yarıçap	$2d/3$ (yaklaşık)
Üst genişlik	$t = 3A/2d$ $T = t\,(D/d)^{1/2}$





Toprak korumada kullanılan su yolları l0 yılda bir tekerrüre sahip maksimum yağışların herhangi bir aşındırma veya biriktirme yapmayacak hızda nakledilmesi amacıyla yapılırlar. Maksimum yüzey akışın hesaplanmasında Rasyonel formül, Cook yöntemi ve SCS yöntemi gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Tasarım tesisin yapımından iki yıl sonraki koşullara göre yapılmaktadır. Gerçi bu süre içerisinde su yolu erozyona maruz kalır ama bu dönem için stabil bir yapının oluşturulması 2 yıldan sonraki zaman için boyutların daha büyük olmasını gerektirir. Bu bir miktar tarım arazisinin daha tarım dışı kalmasına neden olmaktadır.

Su yolu tasarımına ait bir örnek aşağıda açıklanmıştır.

% 1 eğime sahip, erozyona duyarlı, kumlu toprakta iyi gelişmiş köpek dişi ayrığı (6 cm yükseklikte biçilen) bitki örtüsü ve maksimum akış oranı 6 $m^3\ s^{-1}$ olan

bir arazide parabolik kesitli otlandırılmış su yolu tasarımını yapınız.

Boşaltım (Q) = 6 $m^3 s^{-1}$
Eğim (s) = 0,01
Hız (v) = 1,5 m s^{-1}

Hız, önerilen bitki örtüsü ve toprak özelliğine göre izin verilen maksimum değerdir (**Çizelge 5.4**).

Pürüzlülük katsayısı (n) nin bulunması;
Bitki boyu (h) = 0,06 m
Sap yoğunluğu (M) = 5380 sap m^2 **(Çizelge 5.5 den)**
Bitki geciktirme sınıfı (CI)= 2,5 $(h\sqrt{M})^{1/2}$
CI: 2,5 $(0,060 \times \sqrt{5380})^{1/2}$
CI: 6,75
Çizelge 5.6 dan CI 6,75 değeri için interpolasyonla n= 0,034 bulunur.

Hidrolik yarıçap (r)

$$r = \left(\frac{v.n}{s^{0,5}}\right)^{1,5}$$

$$r = \left(\frac{1,5 \times 0,034}{0,01^{0,5}}\right)^{1,5} \quad \textbf{r=0,364 m}$$

Kesit alanı (A)

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{6}{1,5} = 4\ m^2$$

Tasarım derinliği (d)
d= 1,5 r= 1,5 x 0,364 **d= 0,55 m**
Üst genişlik (t)

$$t = \frac{A}{0,67\ d} = \frac{4}{0,67 \times 0,55}$$

t= 10,86 m

Parabolik bir kesit için tasarım kriterleri ile verilen kapasitenin kontrolü:
Q = Av = 0,67 t dv
Q = 0,67 x 10,86 x 0,55 x 1,5
Q = 6 $m^3 s^{-1}$. Bu değer örnekteki akış oranı için uygundur.
Tasarım derinliğine % 20 hava payı ilave edildiğinde,
0,55 + 0,11 = 0,66 m
Sonuç tasarım kriterleri: Derinlik = 0,66 m, Üst genişlik = 10,86 m dir.

Bu yöntem bir su yolu ve teras sistemi içindeki bütün su yolları için kullanılabilir. Teras kanalları ve çevirme hendekleri için arazi eğimine göre eğim belirlenmez ancak **Çizelge 5.1** de verilen sınırlar kullanılmalıdır. Geniş kanallı teraslar dışındaki terasların kanalları genellikle bitkilendirilmezler. Çıplak topraklar için n=0,02 kullanılmalıdır. Yukarıdaki yöntem küçük boşaltımlar için uygulandığında tasarım derinliği bazen tasarım genişliğinden büyük olabilir. Bu şekil bir oyuntuya benzediğinden dolayı istenmez ve aynı zamanda boyutlar kanalın kolayca yapımı için uygun değildir. Bu bakımdan teras kanalları için minimum değer olan 2,0 m genişlik ve 0,5 m derinlik önerilmektedir.

Çizelge 5.4 Kanallardaki emniyetli maksimum hızlar (m/s). Örtü üzerindeki maksimum hızlar bitki ekiminden iki sezon sonrası içindir

Materyal	Çıplak	Orta çayır örtüsü	Çok iyi çayır örtüsü
Çok hafif siltli kum	0,3	0,75	1,5
Hafif gevşek kum	0,5	0,9	1,5
Kaba kum	0,75	1,25	1,7
Kumlu toprak	0,75	1,50	2,0
Sıkı killi tın	1,0	1,7	2,3
Kil veya çakıllı toprak	1,5	1,8	2,5
Kaba çakıl	1,5	1,8	Muhtemelen iyi bir örtü oluşmaz
Şeyl,hardpan,yumuşak kaya vb.	1,8	2,1	"
Sıkı çimentolanmış konglomera	2,5	-	-

Teras ve su yolu sistemlerinin erozyonu azaltmadaki etkinlikleri seki teraslarla yapılan bir çok çalışmayla saptanmıştır. Jamaika'da killi tınlı bünyeye sahip ve % 30 eğimli bir arazide tatlı patates yetiştirildiğinde teras yapılmayan parsellerdeki yıllık toprak kaybı 13,3 kg m^{-2} iken teraslı parsellerde 1,7 kg m^{-2} olmuştur. Aynı şekilde benzer toprak ve eğim özelliklerine sahip muz tarımı yapılan arazilerde terassız 18,3 kg m^{-2} olan yıllık toprak kaybı teraslama ile 1,7 kg m^{-2} ye düşmüştür.

Erozyonun azalmasındaki ana neden, sistemin yüzey akışını düzenlemesidir. Teraslar, araziyi teraslar arası aralara bölmekte ve bu alanlardan ancak az miktarda yüzey akışlar oluşabilmektedir. Otlandırılmış su yollarında suyun akış hızı bitkilerin etkisiyle azaltılmaktadır. Su yolları şebekesi yan kolların (çevirme ve teras kanalları), ana kanala (otlandırılmış su yolları) oranının yüksek olmasına ve bu da maksimum akışta azalmaya neden olmaktadır.

Çizelge 5.5 Kanallarda kullanılan bitkilerin özellikleri. Değerler iyi ve tekdüze

örtüler için uygulanmıştır.

Örtü grubu	Tahmin edilen örtü faktörü C_F	Denenmiş örtüler	Sap yoğunluğu sap/m^2
Sürünen otsu bitkiler	0,90	Köpek dişi ayrık otu Adi tespih otu	5380 5380
Çim kapağı oluşturan otsu bitkiler	0,87	Manda otu Çayır salkım otu Mavi sarkaç otu	4300 3770 3770
Küme oluşturan otsu bitkiler	0,50	Sarkık salkım yulaf Sarı sakal otu	3770 2690
Baklagiller	0,50	Yonca Japon üçgülü	5380 3230
Yıllık bitkiler	0,50	Adi üçgül Sudan otu	1610 538

Örtü durumunun zayıf, oldukça iyi, iyi, çok iyi ve fevkalede olması durumunda yukarıdaki sap yoğunluklarının sırasıyla 1/3, 2/3, 1, 4/3 ve 5/3 ile çarpılması gereklidir.

Çizelge 5.6 Otlandırılmış kanallar için Manning formülündeki n değerinin bulunması

CI	Açıklama	n
10,0	Çok uzun,yoğun baklagil (>60 cm) yem bitkileri	0,06-0,20
7,6	Uzun buğdaygil yem bitkisi (25-60 cm)	0,04-0,15
5,6	Orta " " " (15-20 cm)	0,03-0,08
4,4	Kısa " " " (5-15 cm)	0,03-0,06
2,9	Çok kısa " " " (<5 cm)	0,02-0,04

CI nın ara değerleri için interpolasyon yapılır.

Teras ve su yolu sistemleri, tarımsal faaliyetler için en etkili kullanımı sağlayacak bir yerleşimi sağlamak üzere tasarımlanmalıdırlar. Lokal topografyaya göre belirli tolerans sınırlarını (genellikle % 15) aşmamak koşuluyla düzenlemeler yapılmalıdır. Bir kez sistem kurulduktan sonra her türlü tahribe karşı düzenli bakım işlemlerinin yapılması gereklidir. Bakım işlemi, kanallardaki bitki yüksekliğinin tasarımdaki yüksekliği geçmemesi için kesim yapılmasını, bitki gelişiminin teşvik edilmesi için gübrelemeyi, özellikle toprağın ıslak olduğu zamanlarda su yollarının hayvanlar ve tarım araçlarına kapatılmasını, teras seddelerinde bozulan kısımların tamir ve kontrolünü kapsar. Her ne kadar bir teras ve su yolu sisteminin tasarımında tahmin edilenden daha fazla yağışların olması durumundaki başarısızlık söz konusu ise de çoğunlukla başarısızlık uygun olmayan bakımdan ileri gelmektedir.

5.4.2 Teras ve su yolları sistemlerinin araziye yerleştirilmesi

Bu işlem için aşağıdaki sıra takip edilir:

1. Arazi gözlemleri, hava fotoğrafları ve topografik haritalar kullanılmak suretiyle otlandırılmış su yollarının muhtemel pozisyonları belirlenir. Su yolları arazi yüzeyindeki drenaj hatları veya tabii çöküntülere yerleştirilir.

2. Eğimin ana kesinti yaptığı yerleri ve çok fazla erozyona uğramış veya oyuntulu sahalar belirlenir. Teras seddelerinin yeri mümkün olan yerlerde eğim değişimlerini birleştirmek ve erozyona uğramış arazinin eğim pozisyonunu değiştirecek şekilde ayarlanır.

3. Teras boyutları 8.3.1 e göre belirlenir. Erozyona uğramış kısımlardan kaçınmak ve teras pozisyonlarının ayarlanması için boyutlar % 25-30 a kadar değiştirilebilinir.

4. Teras uzunlukları belirlenir **(Çizelge 5.1).** Teraslar yüzey akışların tehlikeli bir şekilde birikmesine imkan sağlamayacak uzunlukta ve teras kanalları geniş kesit alanlı olmalıdır.

5. Eğer otlandırılmış su yollarının pozisyonundan dolayı teras uzunluklarının fazla olması gerekiyorsa, otlandırılmış su yolları tekrar ayarlanır.

6. **Şekil 5.3** de görüldüğü gibi çiftlik yolları farklı teras ve su yolu sistemleri arasına yerleştirilir.

7. Hava fotoğrafları ve topografik haritalar kullanılarak sistemin araziye yerleştirilmesi yapılır. Otlandırılmış su yolları ve çevirme hendeklerinin yerleri harita veya fotoğraf üzerinde belirlenir. En üst veya anahtar teras işaretlenir ve anahtar terastan itibaren yatay aralıklarına göre diğerleri belirlenir.

8. Yerleştirmenin, tarım yapılabilmesi bakımından uygun olup olmadığı kontrol edilir. En dar teras arası sahada makinalı tarımla çalışmanın uygun olup olmadığı ve traktörün dönüşü için yeterli alanın bulunup bulunmadığı dikkate alınır. Eğer boyutlar makinalı tarım için uygun değilse teras ağında bir düzenleme yapılır veya bu arazi işlemeli tarım dışı bırakılır. Esas tarımın yapılacağı teras aralarındaki saha genişliği aletlerin iş genişliğinin katları olarak ayarlanmalıdır.

9. Düzensiz topografyaya sahip arazilerde birçok kısım işlenemez yerler olarak kalmaktadır. Bu durum tesisin yapılmasındaki masrafların artırılmasına neden olan paralel teras sisteminin kurulmasına ile düzeltilebilinir. Yani daha fazla kazı ve dolgu yapmak gerekebilir. Paralel terasların kurulmasında teras boyutlandırması **0,67 DA** dır. En üst terasın yeri belirlendikten sonra (0,67 DA) ya göre bulunan yeni teras aralıklarına göre diğer teraslar işaretlenir. Eğer ilk terasa göre oluşturulan anahtar hattı bazı terasların yamaç aşağı eğimlerinin fazla olmasını gerektiriyorsa yeni bir anahtar hattı oluşturulur.

10. Çevirme hendekleri, teras kanalları ve otlandırılmış su yollarının tasarım boyutları hesaplanır. Otlandırılmış su yollarını gösteren bir kesit hazırlanır (milimetrik kağıt üstünde). Bu bize eğimin değiştiği yerlerde kanal genişliği ve derinliğinde ayarlama yapmaya imkan sağlar. Ayrıca eğimin % 20 yi geçtiği yerlerde düşü yapılarının kurulabileceğini ve yüzey akışın daha az olduğu üst kısımlarda su yollarının aşırı geniş yapılmasını önlemede yardımcı olur.

11. Arazide otlandırılmış su yolları kazıklarla işaretlenir ve su yolu hattının ortasından toprağın kazılarak her iki tarafa atılmasını ve böylece seddelerin oluşumu sağlanır. Öncelikle çöküntülerin tasarım derinlik ve genişliğini sağlayıp

sağlamadığı kontrol edilmelidir. Kanal kazıldıktan sonra kompost, gübre ve malç uygulaması ile örtü bitkisi ekimi yapılır.

12. Çevirme hendekleri ve teras kanalları otlandırılmış su yolu boyunca dikey aralığa göre kazıklarla işaretlenir. Bu işlemde önce çevirme hendeği ve sonra sırayla aşağıdaki teraslara geçilir. Teras kanallarının pozisyonunda dikey aralıktan ± 5 cm sapma yapacak şekilde ufak ayarlamalar yapılabilir. Kanal hattı bir pulluk karığı ile işaretlenir.

13. Önce çevirme hendeği ve sonra teraslar en üstten başlamak üzere inşa edilirler. Üstten başlamak özellikle yapım esnasında oluşabilecek yağışlara karşı gereklidir. Çünkü teras kanalları sadece teras aralarındaki alandan oluşacak yüzey akışları taşımak üzere boyutlandırılmaktadır. Eğer arazinin alt kısmından teras yapımına başlanırsa olası bir yağışta üst kısımda teras yapılmayıp alt kısımdan yapıma başlandığında, teras kanalına fazla miktarda yüzey akış geleceği için önemli bir zararlanma söz konusudur. Eğer üst toprak çok ince ise teras inşasından önce bu toprağın bir yerde toplanıp, teras yapımı bittikten sonra tekrar araziye yayılması gereklidir.

KAYNAKLAR

NEFF, E.L. 1973. Water storage capacity of contour furrows in Montana. Journal of Range Management 26: 298-301.

HUDSON, N.W. 1981. Non technical constraints on soil conservation in T. Tingsanchali and H. Eggers (eds.). Southeast Asian regional symposium on problems of soil erosion and sedimentation, Asian Ins. of Tech. 15-26.