

## ALPLERDE SEL KONTROLU <sup>1</sup>

Yazan :

Dr. Hans M. KELLER

İsviçre Orman Araştırma Enstitüsü

Çeviren :

Ertuğrul GÖRCELİOĞLU

Or. İşletme İnşaatı Kürsüsü Asistanı

### 1. GİRİŞ.

Sel kontrolü meteoroloji, hidroloji, jeoloji, mühendislik, hidrolik gibi konularla birlikte ormancılıkta, havza amenajmanında ve tarımda arazi kullanma uygulamalarını da kapsamına almaktadır. Bu yazımızda esas itibariyle ormancılığı ve bunun Alplerdeki dik arazide sel kontrolündeki önemini ele alacağız. Sellerin önlenmesi çalışmalarında hidrolik mühendisliğin önemli bir yer tutması nedeniyle, bu konu ile ilgili başlıca problem ve prensipler de tartışılacaktır. Bununla birlikte, meteoroloji, hidroloji ve jeoloji konularıyla ilgili hususları bütünüyle ve önemleri oranında ele almağa burada imkân yoktur.

Seller ve sellerin kontrolü ile ilgili problemler, sellerin meydana geliş nedenleri, önleme çareleri ve kontrol sınırlarıyla birlikte Alplerdeki tarihî gelişim konularında açıklamalar yapacağız.

Alplerin dik arazisi, Fransa, Almanya, Avusturya, İtalya, İsviçre ve Liechtenstein olmak üzere 6 ülkede yer almaktadır. Geçen yüzyılda seller o zamana kadar olanlardan daha büyük zararlara yol açınca, değişik ülkelerin tepkileri de birbirinden farklı olmuş ve bugün sel kontrolü bu ülkelerin her birinde farklı durumlara ulaşmıştır. Her ne kadar metodlar ve tedbirler birbirinden farklı iseler de amaç daima aynı olmuştur ve bu, yukarı havzalarda erozyonun, sonuç olarak da havzaların aşağısındaki vadi düzlüklerinde sedimentasyonun ve taşkınların azaltılmasıdır.

Yüzyılı aşan pratik çalışmalara rağmen, literatürde bu konuda yeterli bilgiyi bulmak mümkün olmamaktadır. Bir takım referanslar verilmiştir; fakat Alplerde yapılmış olan çalışmaların bugünkü durumu

1) Bu yazı, 17 Ağustos - 6 Eylül 1970 tarihleri arasında Moskova'da FAO tarafından düzenlenen Uluslararası Simpozyum'da sunulan tebliğin çevrisidir.

nu gösteren bir el kitabı maalesef mevcut değildir. Yaygın bir tecrübe ve buna dayanan çalışmalar olduğu halde, temel araştırmalar nasılsa ormanların sel kontrolündeki rolünü kantitatif bir şekilde kapsamaktadır.

## 2. SEL KONTROLU PROBLEMİ :

Alpine arazideki her dere bir sel deresi olmadığından, kontrol konusundaki problemlerin analizine girişmeden önce bir sel deresini tanımlamak ve karakterini belirlemek gereklidir. (Strele, 1950). Aşağıdaki özellikler bir sel deresini karakterize eder :

— Bir sel deresi, stabil olmayan ve dik jeolojik formasyonlardaki çok eğimli ve kısa bir deredir.

— Maksimum akışlar (feyezan pikleri) hem kısa süreli ve şiddetli sağanaklardan, hem de orta şiddette, fakat uzun süreli yağışlardan meydana gelebilir.

— Bir sel deresinin su toplama havzası, bir nehir ya da derenin yukarı havzasındaki küçük kollarını da ihata eder ve genellikle alanı 5 km<sup>2</sup>. yi geçmez.

— Kitle halinde yatak yükü (bed load) taşınması sık sık kritik seviyenin üstüne çıkar ve bu durum yılda iki defadan fazla meydana gelebilir. Sel dereleri (yatakları) stabil değildir; yukarı kısımlardaki dere yatağında ciddi bir erozyon görülür, aşağı kısımlarda ise dere yatağında meydana gelen sedimentasyon ve kademelenme (aggradation) sonucunda yerleşme alanlarını su basabilir.

Can ve mal kayıpları, sellerin tehlikeleri konusunda halkın bilinçlenmesine yol açmıştır. Sel dereleri insanın varlığından etkilenmeden meydana gelirler; fakat insanın varlığı, can ve mal güvenliğinin tehlikeye girmesi nedeniyle, bunların kontrol altına alınmasını gerektirmektedir. Avrupa Alplerinde korunması gereken nisbeten yoğun bir nüfusun yaşaması, ilgili hükümetlerin sel kontrolü amacıyla para harcamasını zorunlu kılmıştır.

Sel kontrolünde güdülen ilk amaç, derenin aşağı kısımlarındaki araziye taşkınlardan korumak, ikincisi ise erozyonu ve yatak yükü (kaba materyal) taşınmasını azaltmaktır. Eğer bu ikinci amaç sel deresi havzasının yukarı kısımlarında gerçekleştirilebilir ve başarıya ulaşılabılırsa, derenin aşağı kısımlarındaki taşkın tehlikesi ve zararları da azaltılmış olacaktır. Bu iki amacı birbirinden ayrı olarak düşünmemelidir. Fakat bu husus, günümüzdeki kontrol çalışmalarında sık sık gözden uzak tutulan ve ihmal edilen bir gerçektir.

Bu nedenle sel kontrolü, erozyonu ve kaba materyal taşınmasını azaltmayı kapsamına almaktadır. Sel kontrolü, ormancılığın ve mühendislerin birlikte çalışmalarını gerektirir. Ormancılar havzanın yukarı kısımlarını arazi kullanma ve vejetasyon koşulları bakımından en uygun (optimum) duruma getirmek, böylece arazide ve dere kıyılarında meydana gelen erozyonu azaltmak (yavaşlatmak) zorundadır; mühendislerin görevi ise suyu—dere yatağında erozyona, fazla miktarda kaba materyal taşınmasına ve taşkınlara yol açmayacak şekilde—emniyetle aşağıya getirmektir. Bu iki tedbirin aynı zamanda uygulanması ile Alplerde sel zararlarının çoğu zaman etkili bir şekilde azaltılması mümkün olmuştur.

Sel dereleri bir defa kontrol altına alındıktan sonra, bu işin nasıl başarılmış olduğu hususu birçoklarının nazarında artık önemini kaybetmektedir. Sel derelerinin koşulları birbirinden çok farklı ve değişik olduğundan kontrol tedbirlerinin ve metodlarının herhangi bir yerde uygulanması nadiren mümkün olabilmektedir. Bu nedenle sel derelerinin ve sellerin kontrol altına alınması konusundaki düşünceler, tecrübeler ve tecrübeye dayanan (ampirik) çalışmalar, yıldan yıla birçok değişik yönlerde ve şekillerde gelişmiştir.

Alplerde sel kontrolüyle meşgul olan değişik bölgeler ve ülkeler, bu nedenle sellerin kontrolünde tamamen kendi usullerini kendileri bulmak zorunda kalmışlar ve bazıları daha az, bazıları daha çok başarı sağlamışlardır.

Şimdi iki problem karşımıza çıkmaktadır. Bunların birincisi arazi amenajmanını ve mühendislik çalışmalarını koordine etmek, ikincisi ise lokal uygulamaların dışında da değer taşıyan sel kontrolü tedbirlerini ve metodlarını bölgeler ve uluslararası mübadeleye tâbi tutarak geliştirmektir. Hidrolik ve buna bağlı olarak yatak yükü (bed load) ile mecrâ erozyonu alanında yapılan birçok araştırmalar, bu konuda oldukça ileri bir bilgi sahibi olmamızı mümkün kılmıştır. Bugün sediment taşınmasını ve mecrâ erozyonunu etkileyen başlıca faktörler bilinmektedir ve dolayısıyla mühendislik yapılarının plânlanması (dizayn) da o derece sağlam esaslara dayanmaktadır. Mamaafih bu her yerde aynıdır ve uygulama yapılan bölgelere bağlı kalmaz.

Sellerin kontrolünde ormancılık çalışmaları alanında ise durum değişiktir. İklim ve toprak koşulları Alplerde büyük değişiklikler gösterir ve iki ayrı yerde aynı metodun bazı değişiklikler yapılmadan uygulama

nabilmesi nadiren mümkün olur. Bir yerde kullanılan mükemmel bir metod, başka bir yerde pratikliğini tamamen kaybedebilmektedir.

Sel olayları yalnız tamamen ya da kısmen stabil olmayan derelerde vuku bulmaktadır. Dere yatağının stabilitesini jeolojik ve iklimik koşullarla su toplama havzasının durumu tâyin etmektedir. Yağış karakteristikleri, jeolojik ve topoğrafik özellikler, toprak geçirgenliği ve havzanın vejetasyon örtüsü bunların en önemlileridir. Hemen hemen her dik jeolojik formasyonda şiddetli yağış koşulları, toprağa ve vejetasyon örtüsüne bağlı olmaksızın sellerin teşekkülüne sebep olmaktadır. Bununla beraber daha az ekstrem yağışlar altında, yalnız nisbeten stabil olmayan ve geçirgenliği düşük ya da bitki örtüsü zayıf topraklara sahip bulunan jeolojik formasyonlar sel bölgeleri olurlar. Bu durum sel kontrolunda başka bir problem ortaya koymaktadır ki o da tabii koşullar atında sellerin oluşmasındaki sebeplerin neler olduğudur.

Alplerin birçok kısımlarında insanın havza koşulları üzerine önemli bir etkisi olmuştur. Bu etki esas itibarıyla arazinin tarım yapmak amacıyla temizlenmesi şeklindedir. Dağlarda tarım alanlarının gelişmeye başlaması XI. yüzyılda olmuş ve bu durum XV. yüzyıl içlerine kadar sürmüştür. Bu gelişim önce yalnız zarurî tarım alanı ihtiyacını karşılamak amacıyla başlamış, daha sonra Alpine çayır alanları otlak olarak kullanılmıştır. Bu kullanma şekli Alplerin birçok kısımlarında zamanla orman sınırlarının 150 - 250 m. kadar gerilemesine yol açmıştır. Aynı zamanda bazı bölgelerde ormanlar tahrip edilirken, diğer bazı bölgelerde de korunmuştur. Daha XIV. yüzyılda bazı seçme ormanları çığlara ve sellere karşı koruma ormanı olarak ayrılmıştı.

Alplerin daha yağışlı bölgelerinde tarım alanlarının gelişmesi büyük ihtimalle çok ve ciddi erozyona sebep olmamıştır. Aşağı kısımlardaki endüstriler yakın çevrelerinde bulabildiklerinden daha fazla odu- na ihtiyaç hissedinceye kadar sellerin meydana getirdiği erozyon ve taşkın zararları pek sık görülmemiştir. Yüksek kısımlarda devamlı olarak artan nüfus, gelişen cam ve demir endüstrisinin ihtiyacını karşılamak üzere ormanları traşlama kesmeğe başlamış ve böylece, mutlaka olduğu gibi bırakılması gereken dik arazideki birçok ormanlar kesilmiştir. Birçok dağ yamaçlarının stabilitesi azalmış ve sellerin meydana gelmesi için şiddetli yağışların vuku bulunduğu birkaç yılın geçmesi yetmiş, bu orman tahribinin sonucunda erozyon ve su baskınları ortaya çıkmıştır. XIX. yüzyılın ilk yarısında şiddetli su baskınları kaydedilmiş, fakat Avrupa'nın politik kararsızlığı 1848 deki Viyana Kongresi'nden sonraya kadar hiçbir tedbir ve gelişmeye öncülük edememiştir. Bu tarihten sonra Alplerdeki sel âfetine maruz ülkeler tehlikeyi anlamışlar

ve 20 yıl sonra da Avusturya, Fransa ve İsviçre, kontrol çalışmalarına başlamışlardır. 1870 lerde ve 1880 lerde sel zararlarının daha da çok olması, hükümetlerin kontrol çalışmalarının gereğine iyice inanmalarına vesile olmuştur.

Birçok dik yamaçlarda ormancılar orman örtüsünün iyi bir şekilde restore edilmesinde başarı sağlayamadılar. Birçok yerlerde orman yetiştirme çabaları 50 yıldan fazla zaman almaktadır. Entansif bir şekilde kullanılmış bulunan ve çoğunlukla özel mülkiyete konu olan dağlık arazide, erozyon ve sel faaliyetinin azaltılmasına yalnız orman örtüsünün yardımcı olabileceği hususunda halkı inandırmadan ağaçlandırma çalışmalarına başlamak zordur. Eğer bu konuda açık ve kesin deliller de yoksa, bu zorluk daha da artacaktır. Burada başka bir problem daha karşımıza çıkmaktadır: İnsanın, sellerin teşekkülüne yol açan havza koşulları üzerindeki etkisinin derecesi nedir? Sel durumunu ıslah etmek amacıyla ne gibi ekonomik tedbirler ve arazi kullanma tedbirleri alınabilir?

Buradan, sel kontrolu probleminin üç safhada gerçekleştirilebileceği ortaya çıkıyor :

1. Dere yatağındaki mühendislik yapılarının, arazideki erozyon kontroluyla koordine edilmesi.
2. Vejetasyona uygulanacak muamelelerin etkileri için bilimsel bir esasın geliştirilmesi.
3. Sel kontrolu konusunda sağlayacağı faydalarla bağlantılı olarak arazi kullanmanın optimal duruma getirilmesi.

Bu problemler kısmen yalnız teknik, kısmen de çok karışık (kompleks) bir tabiattadırlar. Tarihsel gelişim konunun mühendislik yönüne çok ileri teknik bilgiler sağlamıştır. Bununla birlikte sel kontrolunda vejetasyon örtüsünün ve arazi kullanmanın daha kompleks olan rolü hâlâ ana hatlarıyla kalitatif bir bilgi durumundadır. Yalnız lokal tecrübe ve bu tecrübeye dayanan çalışmalar, Alplerdeki ormanların rehabilitasyonunda yabana atılamayacak bir başarıyı mümkün kılmıştır.

### 3. SELLERİN TEŞEKKÜLÜ :

Sellerin teşekkülü için başlıca sebepler nelerdir? Bu soru birçok defalar sorulmuş, fakat ancak birkaç kesin ve belirli cevap bulunabilmiştir.

Alplerde daima sellere yol açan karakterde dereler mevcut olagelmıştır. Koşullar tabii olarak aşırı yağmurların dik ve stabiliteden mah-

rum yamaçlarda sık sık aşırı yüzeysel akışlara yol açmasına fırsat verecek şekildedir; kitle halinde toprak erozyonu başlar, yatak yükü materyali (kaba taşıntı materyali) dere yatağı boyunca aşağılara doğru harekete geçer ve sel deresinin aşağı kısmında depolanarak suyun dere yatağını terketmesine, sonuçta da vadi düzlüklerini su basmasına yol açar. Aynı oluşum (process), sellerin teşekkülüne yol açacak şekilde müdahale gören dere havzalarında da görülmektedir. Birçok hallerde bir derenin tabii olarak bir sel deresi karakterinde mi olduğunu, yoksa müdahaleler sonunda mı bu duruma geldiğini anlamak güçtür.

Jeolojik yapısı itibariyle stabil olmayan formasyonlarda, aşırı yağış koşulları toprağın gözeneklilik ya da infiltrasyon karakteristikleriyle dengede bulunmadığı takdirde, aşırı yüzeysel akış, erozyon, kaba materyal taşınması ve bunların sonucu olarak da sel zararları ortaya çıkar. Bu olayların meydana geliş sıklığı (frekansı), tehlikenin derecesini ve dolayısıyla de kontrol çalışmalarının önem ve zorunluluğunu (müstaceliyetini) tâyin eder. Eğer sel şeklindeki akışlar yaklaşık olarak 20 yılda —ya da daha uzun sürede— bir defa vuku buluyorsa, Alp-lerin yağışlı (hümid) bölgelerinde çoğunlukla arazinin zamanla kendi kendine iyileşmesi, sel havzasında erozyonun hızlanmasını önlemeğe yetmektedir. Sellerin daha sık vuku bulması halinde ise, arazinin kendi kendine (tabii olarak) iyileşmesi ve kendine gelmesi imkânsızdır. Bunun sonucunda erozyon ve taşkınlar daha sıklaşacak ve böylece erozyon da hızlanacaktır. Hızlı erozyonun söz konusu olduğu birçok durumlarda insanın havzanın yukarı kesimindeki koşulları etkilediği ve havzanın artık dengesini kaybettiği görülür. Alplerin yağışlı (hümid) kı-sımlarının çoğunda şimdiki durumun bu olduğu görülmektedir.

Alplerin dik arazisinde sellere sebep olan başlıca iki faktör vardır ve bunlardan birisi entansif yağış karakteristikleri, diğeri de yüzey toprağının düşük infiltrasyon kapasitesidir. Bunlardan birisinin ya da her ikisinin dengesini bozabilen birçok sebepler vardır ki bunlar da yağış süresi ve entansitesinin artması ve mevcut yağış şeklinin daha sık vuku bulmasıdır. Bunların her ikisi de iklimde meydana gelen bir değişiklik olup, kontrol edilemez. Oysa bir havzanın topoğrafik ve jeolojik durum ve özellikleri kolay kolay değişmez. Dere yatağının topoğrafyası ise, jeolojik formasyonuna göre devamlı olarak sapmalar ve değişiklikler göstermektedir. Mamaafih arazi kullanma şeklinin değişmesi infiltrasyon koşullarını ve aynı zamanda erozyon ve taşkın zararlarını etkileyebilmektedir. Dere yatağının topoğrafyası ve arazi kullanma uygulamaları, sel kontrolünde, kontrol tedbirlerinden faydalanmak suretiyle değiştirilebilen en önemli faktörler olmuşlardır.

Sellerin teşekkülüne büyük ölçüde engel olmakta ormanların oy-

nadığı rol daima bilinegelmiş, fakat kontrol çalışmalarında biyolojik tedbirlerin uygulanması uzun süre tartışmalara konu olmuştur. 1915 yılında Paris'te yapılan uluslararası bir kongrede ciddi tartışmalar yapılmıştır (Strele, 1935). Üzerinde tartışılan hayati sorun, biyolojik tedbirlerin (revejetasyon ve bunun doğrudan doğruya uygulanması) mühendislik yapılarının yerini alıp alamıyacağı ve aksine mühendislik yapılarının biyolojik tedbirlerin yerini tutup tutamıyacağı konusu idi. Her iki görüşü savunan kuvvetli avukatlar vardı. Bu konuda araştırma sonuçlarına dayanan kesin deliller olmadığı halde, ağaçlandırmanın ve yeterli bir orman örtüsünün bütün sel kontrolü problemlerine çözüm getirmeyeceği genellikle anlaşılmış (Demontzey, 1878), mühendislik yapılarının da korunmayı tam anlamıyla garanti edemeyeceği kavranmış bulunuyordu.

Birinci Dünya Savaşı sonlarına kadar mühendislik yapılarıyla biyolojik tedbirlerin kombinasyonu geniş bir uygulamaya konu olamamıştır. Bu nedenle sel âfetlerine maruz bulunan Alp ülkelerinin çoğunda yürürlüğe konacak kanunlarla yalnız bu iki tedbirin, kesin araştırma sonuçları beklenmeden desteklenmesi kararlaştırıldı. Bu prensip günümüzde de aynen geçerlidir: *Biyolojik tedbirler alınmadan ve top-rak erozyonu önlenmeden mühendislik yapıları yapılamaz.*

XIX. yüzyıl sonlarında yukarıda adı geçen değişik ülkelerde sel kontrolü çalışmalarının durumu tamamen başkaydı (Fankhauser, 1898). Fransa'da bir kanunla, hükümetin satın aldığı çıplaklaşmış arazide entansif bir ağaçlandırma faaliyetine girişildi. 1897 yılına kadar 884 km<sup>2</sup>. kadar tutan alanların ağaçlandırılması tamamlandı. P. Demontzey (1878) sorumluluğundaki sel kontrolü çalışmaları tamamen başarı sağladı. İtalya'da ise, çok büyük taşkınlar 1880'lerde kuzey İtalya'da korkunç zararlara yol açtığı halde, kanunun pek sıkı olmaması nedeniyle ancak 182 km<sup>2</sup>. tutarında ağaçlandırma yapılabildi. Avusturya'da sel kontrolü çalışmalarını yürütecek resmî bir teşkilât 1884 yılında kurulmuştur (Strele, 1935). Çok sayıda mühendislik yapıları inşa edilmiş ve aynı zamanda kuruluşu izleyen 13 yıl içinde 18 km<sup>2</sup>. tutarında ağaçlandırma yapılmıştır. İsviçre'de 1871 yılından 1879 yılına kadar ağaçlandırılan alan 35 km<sup>2</sup>. dir (Frankhauser, 1898).

Düşüncelerin çatıştığı ve tartışmaların sürüp gittiği bu dönemde, İsviçre'nin Emmental havzasında araştırma çalışmaları başlatılmıştır (1902). Bu araştırma, sel havzalarının su rejimi üzerinde ormanın rolünü anlamak üzere hazırlanmıştı (Engler, 1919). Ormanın yalnız sel kontrolü hususunda değil, aynı zamanda hidrolojik devirin diğer saf-halarındaki etkileri konusunda da öneminin artması, hemen hemen 50

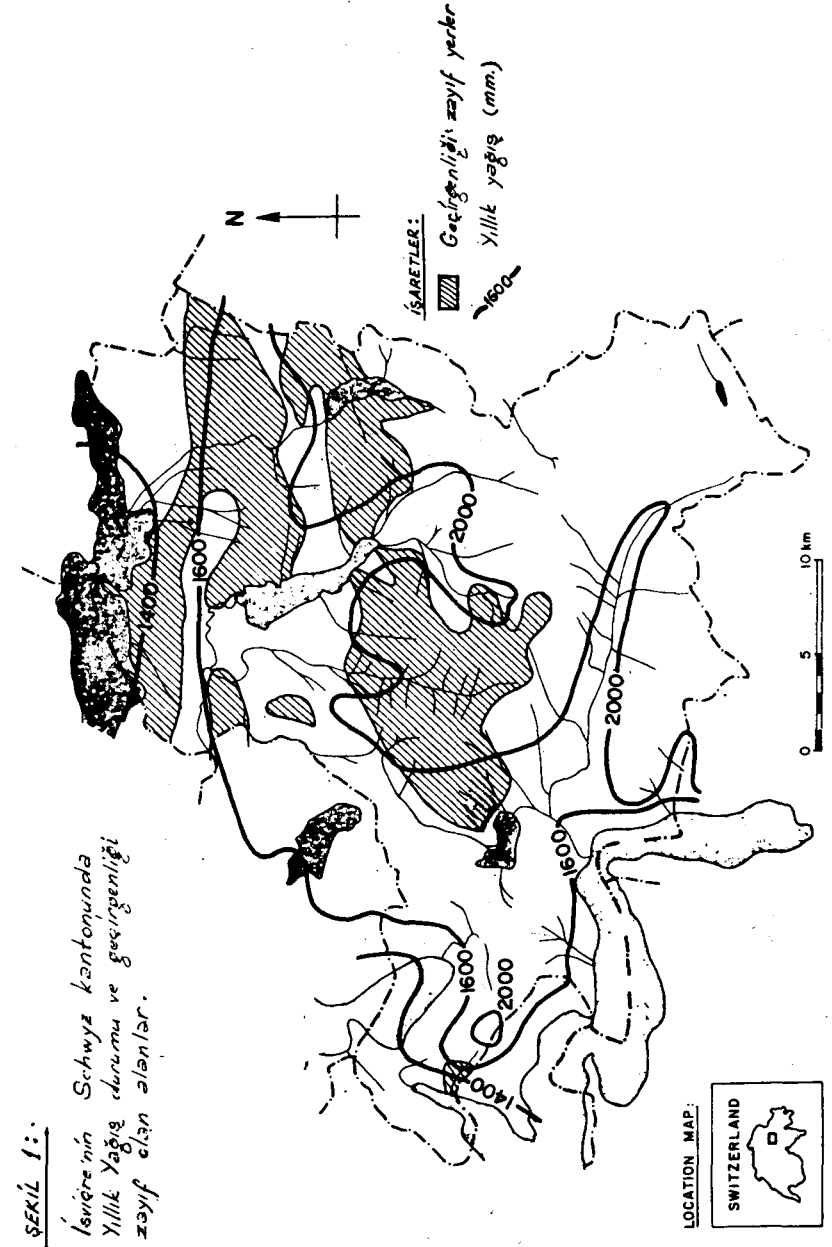
yıldan beri süregelen bu araştırmaların başlatılmasında ayrı bir etken olmuştur. Bu araştırmalardan küçük havzaların su rejimi üzerine ormanların faydalı rolü konusunda varılan bazı sonuçların (Engler, 1919) iyimserlik yönü ağır basmasına rağmen, söz konusu araştırmalar bütün dünyada ormanların hidrolojik devirdeki rolünün daha iyi anlaşılması amacını güden birçok araştırmalara öncülük etmiştir. Aynı zamanda bu araştırmalar, daha önceki bazı hipotezlerin doğruluğunu da teyit etmiştir. Mamaafih sel kontrolü ile ilgili problemlerin tamamına ne orman örtüsü, ne de mühendislik yapıları çözüm getiremez. Hâlâ daha en önemli faktörler, hidrojeolojik koşullar ve yağış durumudur.

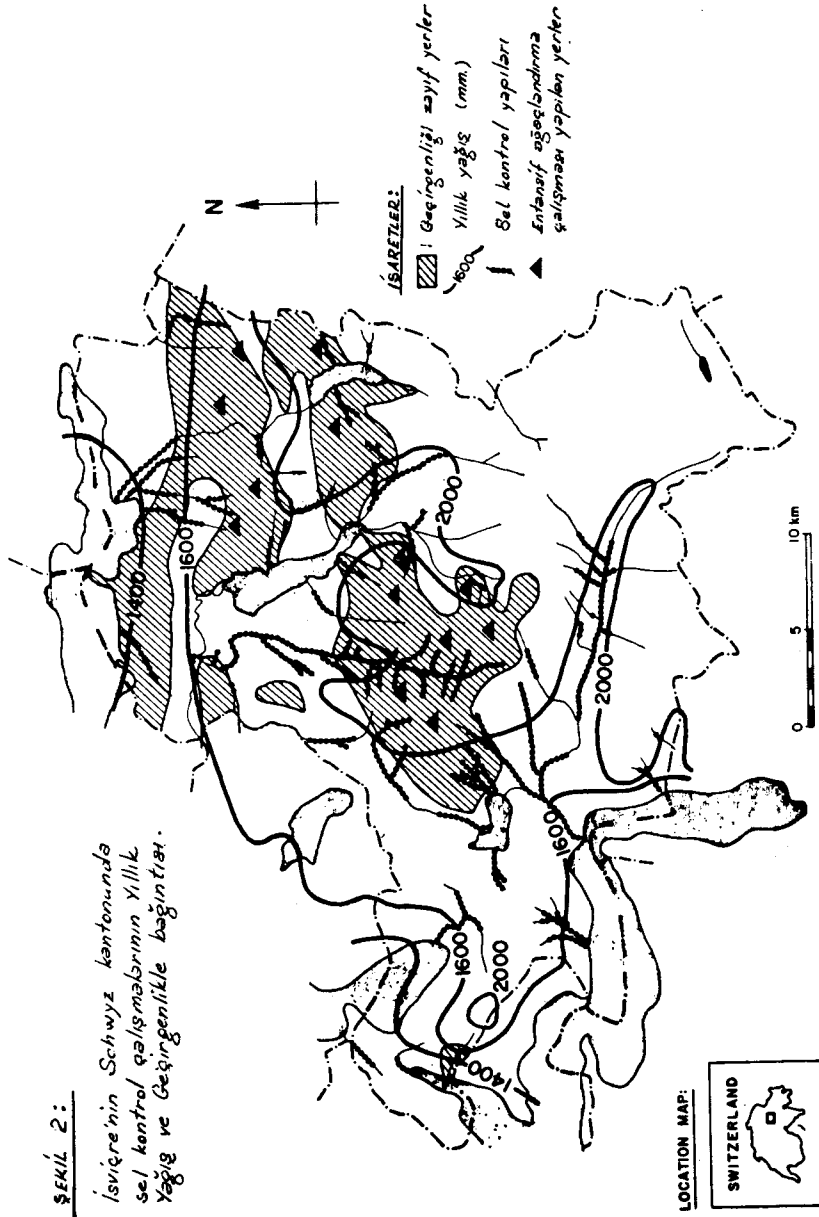
Sel faaliyetine en ciddi şekilde konu olan arazi ve bölgelerin tespit edilebilmesi için, en önemli sahaların bulunmasında yağış karakteristikleri ve jeolojik koşullara ağırlık verilmeli ve bu hususlar öncelikle incelenmelidir. Bu düşünce İsviçre'de 900 km<sup>2</sup>. lik bir bölge örnek alınarak uygulanmıştır. Ana materyalin hidrojeolojik özellikleri ve düşük geçirgenliği, Jäckli tarafından yapılan İsviçre'nin hidrojeolojik haritasından (1967) alınmıştır. Düşük geçirgenliğe sahip yerler ve aynı zamanda 1400, 1600 ve 1800 mm. lik yıllık yağışlar (Şekil 1) de gösterilmiştir. Sel kontrolü çalışmalarının yapılacağı yerler gösterildiği takdirde (Şekil 2), kontrol çalışmalarının, tabii olarak düşük geçirgenliğe ve bol yağışa sahip olan kısımlarda konsantre olduğunu görürüz. Ağaçlandırma sahaları bakımından da durum aynıdır : Ağaçlandırma çalışmaları en çok, yüksek yağış alan ve ana materyalin geçirgenliği düşük olan, sellerin teşekkül bölgelerinde yapılmıştır.

Normal olarak, Alplerde sel teşekkülü ile ilgili bütün olayların entansif araştırmalara konu edilmiş olması beklenir. Bu, entansif bir şekilde incelenmiş bulunan hidrolik ve sediment taşınması problemleri için doğrudur. Arazi kullanmadaki değişiklikler ve bunların seller üzerine etkileri konularında nisbeten daha az çalışma yapılmıştır (Burger, 1934, 1943, 1945, 1954). Vejetasyonun sel kontrolünde başarıyla kullanılabilmesi için çok sayıda tecrübeye dayanan (ampirik) çalışmalara ihtiyaç duyulmuştur.

#### 4. SELLERİN KONTROLU ÇARELERİ :

İster «tabii» bir selle, ister insan müdahaleleri sonucunda meydana gelen sellerle meşgul olalım, sellerin kontrolü çareleri, sel teşekkülü konusundaki bilgilere dayanmaktadır. Şimdiki durumda yağış entansitelerini ve miktarlarını azaltmak suretiyle iklimik koşulları etkilemek imkânı yoktur. Dolu şeklinde yağışın önlenmesi hususundaki araştırmaların amacı değişiktir ve Alplerde buna benzer yollardan selleri kontrol altına almakta başarı sağlayabileceğimizi söylemek zordur.





Bu nedenle, geriye kalan tek sistem, yüzey toprağının ve dere yatağının en şiddetli ve bol yağışlarda bile dere yatağındaki erozyonu ve kaba materyal taşınmasını kritik bir seviyenin altında tutabilecek şekilde hazırlanmasıdır. Arazideki erozyonun önlenmesi hemen daima, tehlikeye maruz arazi kısımlarında vejetasyonun amenajmanı (biyolojik tedbirler) suretiyle yapılmıştır ve bu biyolojik tedbirler bazen de mühendislik yapılarıyla birlikte uygulanmıştır. Erozyona maruz ya da mütemayil arazide derin köklü ve dayanıklı bir bitki örtüsünün tesisi her zaman kolay olmamaktadır. Dik alanlarda bazı teraslamalar ya da toprak suyu seviyesi yüzeye çok yakın olan ıslak alanlarda bazı drenaj çalışmaları gerekebilir. Uygun ve yeterli bir vejetasyon örtüsünün tesisi için, birçok araştırmalar yapılmış ve çok aşırı erozyon koşulları altında vejetasyonun kendine gelmesi ve iyiye doğru bir gelişme göstermesi (rehabilitasyonu) metodları bulunmağa çalışılmıştır. Kfirwald (1944), Hörstel (1950), Hoffman (1954), Schiechl (1958) ve Prückner (1965), sel havzalarının ağaçlandırılması çalışmalarında kullanılacak teknikler konusunda birçok fikirler vermektedirler. Bu yol gösterici fikirlerin çoğu, bitki topluluklarının tamamen ya da kısmen çıplak arazide tabii yolla yerleşme ve gelişmelerine ait bilgilere dayanmaktadır. Öncü ağaçlar (örneğin söğüt, kızılbaş) çoğunlukla ağaçlandırma çalışmalarının başlangıcında ya köklü fidanlar, ya da çelikler halinde kullanılırlar. Bunların kökleri hızla gelişmekte ve yaprakları, döküldükten sonra kısa sürede çürüyüp ayrılarak toprak teşekkülünü kolaylaştırmaktadır. Birkaç yıl sonra sahaya ikinci kademe cins ve türleri (lâdin, göknar, çam, melez) getirilir. Bunlar üst toprağın harekette olmasına karşı tolerans göstermezler ve kendilerinden önce sahaya öncü ağaç türleri dikilmemişse, ölüm oranı yüksek olur.

Ağaçlandırma, erozyona maruz bulunan ve toprağı hareket halinde olan yamaçları stabil duruma getirmeğe çoğu zaman yetmez. Bu nedenle yamaç arazisinin stabilizasyonu, sel kontrolünde en önemli konu olarak göz önünde bulundurulmalıdır. Yamaç stabilizasyonu konusundaki başarılı bir çalışma, bir sel deresi havzasındaki problemlerin çoğunu ortadan kaldıracaktır; toprak erozyonu hafifleyecek, dereye toprak ve kaba materyal veren, stabiliteden mahrum yamaçlar azalacaktır. Yamaç topraklarının mekanik özelliklerinin dikkate alınmaması, çoğunlukla kontrol çalışmalarını başarısızlığa götürür. Dolayısıyla toprağın mekanik özelliklerinin çok dikkatli bir şekilde araştırılması ve uygulanacak işlemin plânlanması gereklidir (Terzaghi ve Peck, 1948). Yağışlı (humid) muntakalarda, toprağın su muhtevası ve hatta bazen devamlı şekilde yüzeye yakın bulunan taban suyu seviyesi büyük önem taşır. Bu takdirde drenaj tesisleri yapılması ve belirli koşullar altında

mekanik stabilizasyonun gerçekleştirilmesi gerekir. Mekanik stabilizasyon, yeşerme kabiliyetindeki veya kuru bitki kısımlarını kullanarak biyolojik tedbirlerle, ya da taş ve beton yapılarla sağlanabilir. Toprağı harekette olan bir yamaç üzerinde, bu hareketi önemli ölçüde azaltmadan ağaçlandırma faaliyetine başlamak çoğu zaman faydasızdır.

Azçok stabil yamaçlar üzerinde bile yapılan ağaçlandırmalara daha iyi gelişme koşulları sağlanması çoğunlukla gereklidir. Bunu, yamacı boydan boya teraslamak, fidanları tek tek ya da gruplar halinde çukurlar içine almak, ıslak arazide drenaj kanalları açmak ve hattâ gübrelemek suretiyle çeşitli şekillerde yapmak mümkündür. Normal koşullarda bile sel teşekkülüne imkân veren arazi kesimlerinde drenaj çalışmalarına sık sık ihtiyaç duyulmaktadır (Richard, 1963). Böyle muntakaların kenar kısımlarında otlak alanları varsa, toprağın sıkışması (çiğnenmesi) çoğu zaman bir orman örtüsünün yeniden tesisinde sınırlayıcı bir faktör olmaktadır. Drenaj çalışmaları yapılmadığı takdirde bu gibi yerlerin yeniden orman haline gelmesi ancak çok uzun bir zaman geçtikten sonra mümkün olabilir. Buralarda alınacak teknik tedbirler, yeni bir orman örtüsünün daha kısa sürede tesisine yardım edebilir. Bunlardan başka bir de hiçbir zaman bir orman örtüsüne sahip olmamış ve daima bataklık olarak kalmış ıslak yerler vardır. Buralardaki toprakların muhtemelen çok düşük bir geçirgenliğe sahip olması nedeniyle, drenaj hendekleri bile taban suyu seviyesinin bir orman tesisine yetecek kadar düşmesini sağlayamaz.

Sellerin kontrolü amacıyla biyolojik tedbirlerin uygulanmasında güdülecek başka bir yol, mevcut bitki örtüsünün amenajmanı ve kullanılmasıdır. Arazinin her metrekaresini orman yapmağa çalışmadan, uygun bir otlak ve orman amenajmanı yüzey toprağı koşullarını önemli ölçüde geliştirilebilir ve dolayısıyla sel kontrolüne yardımcı olabilir. İyi bir otlak amenajmanı, otlak ve orman alanlarını ayırmalı ve otlakları, iyi drene olan ve toprak sıkışmasının bir problem teşkil etmediği alanlara inhisar ettirmelidir. Aynı zamanda böyle bir otlak amenajmanın, otlayacak hayvan sayısını ve otlagın kullanılma süresini de sınırlandırması gerekir.

Orman amenajmanı tedbirleri, emniyetli ve dikkatli bir istihsal çalışması, traşlama kesim yapılmaması gibi hususları ve değişik yaşlı meşcere kuruluşunun muhafaza ve kuvvetlendirilmesi ile ilgili amenajman esaslarını kapsar. Aynı zamanda ormanlar, özellikle Alpine otlatların orman sınırını önemli ölçüde gerilettiği yerlerde, iklimik orman sınırına kadar yeniden çıkarılmalıdır. Bir sel havzasında orman koşulları ne kadar iyi olursa, suyun toprakta depolanması da o kadar

iyi olacak ve şiddetli yağışlardan doğacak yüzeysel akış o ölçüde yavaşlayacaktır.

Dere yatağının biyolojik tedbirlerle stabilizasyonuna çok ender teşebbüs edilmiştir. Bunun denendiği yerlerde ya çok az başarı sağlanmış, ya da hiç sağlanamamıştır. Dere yatağının stabilizasyonu, bunlarla ilgili hidrolik, mühendislik ve sediment taşınması konularında yapılmış araştırmalarla elde edilmiş gelişmelere göre şekillendirilen mühendislik yapılarına ihtiyaç gösterir. Du Boys (1879), Strickler (1924), Müller (1943), Schmidt (1957), Strele (1950), Ven te Chow (1959), Zeller (1963), Mayer - Peter ve Lichtenhahn (1963)'ın araştırma ve metodlarından bu konuda Alplerde yapılan başlıca çalışmalarda faydalanılmış ve faydalanılmaktadır.

Dere yatağının kontrolü çalışmaları maksimum akış hesaplarına ve buna bağlı olarak toplam materyal taşıma kapasitesine dayandırılır. Burada yatak yükü, süspansiyon halinde taşınan sedimentlerden daha önemlidir. Bir sel deresinin aşağı kısımlarında yapılan işler, sedimentasyon ve erozyonu önlemek üzere baraj inşası ve mecra stabilizasyonudur. Yukarı kısımlarda yapılan işler ise esas itibariyle mecra (dere yatağı) eğimini ve iki yandaki yamaçların eğimini azaltmak amacıyla taşıntı barajı ve aynı zamanda teras inşasından ibarettir. Yatak yükü (kaba materyal) taşınması yine de —yer yer erozyona eşit şekilde— tane çapına uygun olarak kademelenmeyle devam edebilir. 100 yıldan bu yana birçok değişik yapı şekilleri kullanılmıştır; taş, ahşap, demir, beton, takviyeli beton ve bunların çeşitli kombinasyonları, şeklin tespiti ve uygulanması doğru yapıldığı takdirde başarılı olmaktadır. Yalnız, ilk zamanlarda fazla insan emeğine ihtiyaç gösteren taş duvar şekli kullanılırken, günümüzde takviyeli beton kullanmak suretiyle modern inşaat metodlarına doğru yönelinmektedir.

Mühendislik yapılarının şekli, hepsi de geniş lokal varyasyonlar gösteren katsayılara sahip bulunan ampirik formüllere dayandırılmıştır. Şeklin tespitinde faydalanılan hidrolik parametreler (değişkenler), en az bunlar kadar önem taşıyan iklim, jeoloji, toprak, vejetasyon ve arazi kullanmanın hidrolojik etkilerinden çok daha iyi bilinmektedir.

##### 5. ARAŞTIRMA VE DENEYSEL SONUÇLARA DAYANMA (Ampirisizm)

Alplerde sel zararlarını azaltma amacıyla 100 yıldan, hattâ daha uzun süreden beri çok büyük harcamalar yapılmış olmasına rağmen, uygulamalar geniş ölçüde ampirik sonuçlara dayandırılmıştır. Sel havzalarında hidrolojik devirin ayrı ayrı safhaları konusunda bazı araştırmalara girişilmiş, fakat bunların hiçbiri doğrudan doğruya başarılı bir

kantitatif uygulamaya ulaşmamıştır. Ekstrem sel olayları nisbeten ender vuku bulmaktadır ve bunların kompleks oluşumunun incelenmesi, ilk yıllarda çok az kazanç sağlayacak büyük yatırımları gerektiren uzun süreli bir projedir. Bugün bile Alp ülkelerinin çoğunda sel kontrolüne özgü problemler üzerine çok az araştırma yapılmaktadır. Sel kontrolüne uygulanabilecek araştırmalar orman hidrolojisi, hidrolik ve sediment taşınması alanlarında yapılmıştır. Kronfellner - Kraus (1969) Avusturya'daki faaliyetler konusunda doğrudan doğruya sel ve çığ kontrolü ile ilgili bilgi ve değerler vermektedir.

Ampirik sonuçlardan faydalanma, eskiden olduğu gibi şimdi de sel kontrolünde önemli yer tutmaktadır. Fakat başarılı bir kontrol hiçbir zaman hemen mümkün olmamış, daima bir takım başarısızlıklardan sonra elde edilebilmiştir. Ampirik sonuçlara dayanan ve uzun süren bir örnek, Renggbach'taki kontrol çalışmasıdır. Orta İsviçre'de Luzern yakınlarındaki tersier fliş formasyonlarında yer alan ve deniz seviyesinden itibaren 500 - 1600 m. ler arasında bulunan 11,5 km<sup>2</sup>. genişliğindeki bu sel havzası, 400 yılı aşan bir sel tarihine sahiptir. 1544 yılında ilk ahşap kontrol yapıları inşa edildiği zaman, 1960 yapının daha inşa edileceği ve yine de daha fazlasına ihtiyaç duyulacağı herhalde tahmin edilmemişti. Tarihi kayıtlar 1333 yılına kadar gerilere gitmektedir. 1333 - 1737 yılları arasında 27, 1738 - 1913 yılları arasında da 8 büyük sel felâketi kaydedilmiştir (Bundesarchiv, 1913). 1544 yılından sonra, esas itibarıyla derelerin aşağı kısımlarında olmak üzere birbirinden ayrı yerlerde birçok yapılar tesis edilmiş, 1876 tarihli yeni orman kanunu uyarınca şümüllü bir rehabilitasyon projesi 1886 yılında uygulamaya başlanmıştır. Bu proje başlangıçta 52 kontrol barajını öngörüordu. 1896 yılındaki seller nedeniyle aksayan proje çalışmaları 1901 yılında tamamlandığı zaman ise 123 kontrol barajı yapılmış bulunuyordu. Fakat 1911 ve 1912 yıllarında gelen şiddetli seller, dikkatle inşa edilmiş olan bu yapıların hemen hemen hepsini de tahrip etmiştir. Bunun üzerine 1913'te 226 kontrol barajı yapımını öngören yeni bir proje hazırlanıp uygulamaya geçildi. 1934 ve 1935 yıllarındaki şiddetli yağışlar yeniden birçok barajlarda hasar yapmış ve bunlar sonradan onarılmak zorunda kalınmıştır. 1935'te başlatılan tamamlayıcı bir projeye 28, 1943'te de başka bir projeye 44 baraj daha yapıldı. 1948 yılı Ağustos ayında yağın km<sup>2</sup>. ye 11 m<sup>3</sup>/san. şiddetindeki yağmurlar sonunda meydana gelen taşkınlar yeniden bazı yapılara ihtiyaç gösterdi ve 1950 de hazırlanan bir projeye 36 kontrol barajı daha yapıldı ve gerekli onarımlar tamamlandı. 1960 da yapılan 3 yeni barajın da ilâvesiyle bütün havzadaki kontrol (taşını) barajı sayısı 337'ye ulaşmış bulunuyor. Havzadaki 80 ha. ağaçlandırmanın büyük kısmı 1914'ten sonra yapılmıştır.

Böyle bir kontrol çalışması muhtemelen hiçbir zaman tamamlanamayacaktır; buna rağmen, çok ender vuku bulan olaylar yapılar ve derelerin aşağı kısmındaki arazi için yine de tehlikeli olabilir ama, daha sık vuku bulan yağışlar artık ciddi taşkınlara ve sedimentasyona yol açmazlar. Bu nedenle kontrol çalışmalarının iyi bir durumda ve korumaya görevini yapacak şekilde muhafazası için iyi bir bakım gereklidir.

Sel kontrol yapılarıyla ilgili hususların değerlendirilmesi, bunların geliştirilmesi bakımından büyük önem taşımaktadır. Kronfellner - Kraus (1967) ve Aulitzky (1968 a, 1968 b), taşıntı barajlarının şekillerini, aynı zamanda klimatik, jeolojik etkenlerle birlikte vejetasyonun, toprağın ve arazi kullanmanın sel teşekkülü üzerine etkilerini kapsayan değerlendirme analizlerini yayınlamışlardır. Alplerin her tarafında geçerli olabilecek bir çözüm yolu bulmak imkânsızdır; fakat lokal seller için aydınlatıcı açıklamalar çoğu zaman mümkündür.

Sel kontrolü faaliyetlerinin değerlendirilmesinde sözü geçen bir kısım da, kontrol çalışmaları maksadıyla alınan tedbirlerin ve harcanan paraların kronolojik olarak gözden geçirilmesidir. Alplerdeki kontrol yapılarının bugünkü durumu ile gelecek için genel temayülü (Tablo 1) de görülebilir. Bu tabloda, İsviçre'de 1876 dan bu yana tamamlanmış yapıların ve yapılan harcamaların miktarları verilmiştir.

Bu rakamlar yalnız federal orman kanunu çerçevesinde sağlanan paralarla tamamlanan işleri kapsamaktadır. Bunlar çoğunlukla sel dereleri havzalarının yukarı kısımlarında yapılan işlerdir. Birçok derelerin aşağı kısımlarında da orman kanununun kaynakları dışında sağlanan paralarla daha çok işler yapılmıştır. Bunlar (Tablo 1) e dahil değildir. Kontrol yapılarının toplam uzunluğu, tamamlanmış bulunan yapıların miktarını indeks halinde göstermek amacıyla tabloya konulmuştur. Bu sütundaki ve masraf sütunundaki miktarlar, 5 yıllık ortalamalar şeklinde tesbit edilmiştir. Yapılan tesislerin herbir metresine isabet eden masraflar yalnız I. ve II. Dünya Savaşlarını izleyen enflasyon peryotlarını göstermekle kalmayıp, aynı zamanda son 20 yılda meydana gelen şiddetli sellerin daha masraflı yapılara ihtiyaç gösterdiğini de ortaya koymaktadır. İsviçre'deki durum diğer Alp ülkelerindekine aynen benzemiyebilir. Fakat buna rağmen, sel kontrolünde en aktif devrenin yüzyıl başlarına rastladığını ve o devrede İsviçre'deki sel derelerinin çoğunda kontrol tedbirlerinin alındığını kaydetmek yerinde olacaktır. Bunun da Culmann (1864), Landolt (1886, 1889, 1891), Fankhauser (1897, 1898) ve diğerlerinin, dağlık arazinin ıslahı ve sellerin kontrolü konusundaki devamlı çalışmalarının sonucu olduğuna şüphe yoktur. Projelerin çoğu liste halinde verilmiş ve yayınlanan raporlarda

TABLO : 1

İsviçre'de Sel Kontrolü Yapıları 1878 - 1968

Peryot Yıl	Kontrol yapıları- nın toplam uzun- luğu, yıllık orta- lama uzunluk * metre	Masraf (İsviçre Frangı SFr.)		Notlar
		Yıllık 1000 SFr.	Yılda metre uzunluk başına SFr.	
1878-85	1080	11	10	
86-90	1400	21	15	
91-95	3960	30	8	
96-1900	6780	62	9	
1901-05	11400	103	9	
06-10	6500	61	9	
11-15	4300	47	11	
16-20	2120	47	22	I. Dünya Savaşı
21-25	2220	69	31	
26-30	4820	131	27	
31-35	4980	162	32	Buhran Yılları
36-40	3380	117	35	
41-45	2280	71	31	II. Dünya Savaşı
46-50	2540	228	50	
51-55	1840	209	114	
56-60	2260	183	81	
61-68	1260	209	165	

\*) Yıllık rakamlar Bern'deki Federal Ormanlar Müfettişliği'nden alınmıştır.

(Eidg. Dept. des Innern, 1890, 1892, 1914, 1916) detaylarıyla açıklanmıştır. Başka bir aktif devre 1930 larda, hükûmetin genel bir arazi ıslah çalışması yoluyla işsizliğe karşı mücadele ettiği buhran yıllarına rastlıyor. O zamandan bu yana yapılan işlerde bir azalma, masraflarda ise aksine hızlı bir artma görülmektedir. Son peryotta (1961 - 68) yapılan tesislerin toplam uzunluğu, 80 yılın en düşük seviyesindedir. Bu durum, yalnız, sel deresi havzalarında doğan erozyon ve taşkınların acil bir müdahaleyle azaltılması ihtiyacının önemini kaybetmesinin değil, aynı zamanda bazı durumlarda işi imkânsızlaştıran yüksek ücret ve maliyetlerin sonucudur. İsviçre'de ve muhtemelen Alp ülkelerinin çoğunda sellerin kontrolü, yalnız bir takım bilimsel müdahalelerin vakit geçirmeden yapılmasına ihtiyaç gösteren birçok teknik problemler yaratmakla kalmamakta, aynı zamanda — ve hattâ teknik problemlerden daha da önemli — ekonomik problemler ortaya çıkarmaktadır.

## 6. ÖZET VE GENEL GÖRÜNÜŞ :

Alplerde sel kontrolünün geniş ölçüde uygulanmaya başlaması, XIX. yüzyılın ikinci yarısında, çok sayıda can ve mal kaybına yol açan bir seri taşkınlardan sonra olmuştur. O zamandan bu yana dağlık arazideki birçok tehlikeli sel derelerinde sel faaliyeti azalmıştır. Buralarda başlıca üç tedbir — tercihan koordineli olarak — uygulanmıştır; derre yatağında mühendislik yapıları, yüzey toprağının ve vejetasyon durumunun ıslahı ve arazi kullanmanın yalnız uygun muhitlere inhisar ettirilmesi.

Sel kontrolü çalışmaları çoğunlukla ampirik bilgilere dayandırılmıştır. Sel kontrolü kapsamına giren bütün konularda bu nedenle lokal olarak iyi bir iş bilgisi ve tecrübesi vardır. Fakat bu bilgi ve tecrübeden bölgesel anlamda faydalanılması konusu hâlen şüphelidir. Şimdilik yalnız küçük ve esas itibariyle kanal hidrolöji ve sediment taşınması konularını ilgilendiren problemler doğrudan doğruya araştırılmış ve çözüme ulaştırılabilmektedir. Doğrudan doğruya sellerle ilgili bulunan orman etkileri problemleri konusunda çok az araştırma ve değerlendirme yapılmıştır.

Gelecekte çözülmesi gereken esas problem, sel deresi havzalarının çeşitli konulardaki temel verilerine dayanan yapı şekilleri ve arazi kullanma ve ıslah metodlarıdır. Diğer taraftan bu da, mevcut kontrol yapılarının çok daha fazla bir değerlendirmeye tabi tutulmasına ve sel faaliyetini azaltıcı en etkili ve en ekonomik kombine tedbirlerin bulunması için yoğun bir araştırmaya ihtiyaç göstermektedir.

## L İ T E R A T Ü R

- Aulitzky H. 1968 a. Ueber die Ursachen von Unwetterkatastrophen und ihrer Beeinflussbarkeit. Centralblatt für das ges. Forstwesen 85 : 2-32.
- Aulitzky H. 1968 b. Analyse der Schadenursachen von Unwetterkatastrophen zum Zweck der Vorbeugung. Oesterreichische Wasserwirtschaft 20 : 90-97/144-154.
- Bundesarchiv, 1913. Die Verbauung des Renggbaches und seiner Zuflüsse. Technischer Bericht, Luzern. 11 Seiten.
- Burger H. 1934. Der Wasserhaushalt im Sperbel - und Rappengraben von 1915/16 bis 1926/27. Mitt. Eidg. Anstalt f.d. forstl. Versuchswesen 18 (2) : 311-416.
- Burger H. 1943. Der Wasserhaushalt im Sperbel - und Rappengraben von 1927/28 bis 1941/42. Mitt. Eidg. Anstalt f.d. forstl. Versuchswesen 23 (1) : 167-222.

- Burger H.* 1945. Der Wasserhaushalt im Valle di Melera von 1934/35 bis 1943/44. Mitt. Eidg. Anstalt f.d. forstl. Versuchswesen 24 (1) : 133-218.
- Burger H.* 1954. Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer. Der Wasserhaushalt im Sperbel - und Rappengraben von 1942/43 bis 1951/52. Mit. der Schweiz. Anstalt f.d. forstl. Versuchswesen 31 (1) : 9-58.
- Culmann Karl.* 1864. Untersuchung der schweizerischen Wildbäche im Auftrag des Schweizerischen Bundesrates, 1858-1863.
- Demontzey P.* 1878. Traité pratique du Reboisement et du Gazonnement des Montagnes. Paris, 528 p. (1ère Edition).
- Du Boys P.* 1879. Le Rhône et les Rivières à lit affouillable. Annales Pont et Chaussées, Ser 5 : 141-195.
- Eidg. Dept. des Innern,* 1890. Die Wildbachverbauungen in der Schweiz. Schweiz. Oberbauinspektorat 1. Heft, 57 S.
- Eidg. Dept. des Innern,* 1892. Die Wildbachverbauungen in der Schweiz. Schweiz. Oberbauinspektorat, 2. Heft, 33 S.
- Eidg. Dept. des Innern,* 1914. Wildbachverbauungen und Flusskorrekturen in der Schweiz. Schweiz. Oberbauinspektion, 3. Heft, 117 S.
- Eidg. Dept. des Innern,* 1916. Korrekturen der Gebirgsflüsse in der Schweiz. Oberbauinspektorat, 4. Heft, 48 S.
- Engler A.* 1919. Untersuchungen über den Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer. Mitt. Eidg. Anstalt f.d. forstl. Versuchswesen 12 : 1-626.
- Fankhauser F.* 1897. Die Bedeutung der Aufforstung für die Verbauung und Korrektur der Wildwasser. Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen 48 : 281-293.
- Fankhauser F.* 1898. Die internationale Aktion in Sachen der Bändigung von Wildwasser. Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen 49 : 337-342/387-394.
- Härtel O.* 1950. Die Lebendverbauung im Wasser - und Wildbachwesen. Zeitschrift deösterreichischen Ingenieur und Architekten-Vereins 95 (11/12) : 89-92.
- Hoffmann L.* 1954. Aus dem Baumformenschatz der österreichischen Wildbachverbauung. Allgemeine Forstzeitung 65 : 305311.
- Jäckli H.* 1967. Hydrogeologische Karte der Schweiz 1 : 500'000. Atlas der Schweiz, Tafel 16. Eidg. Landestopographie, Bern.
- Kirwald E.* 1944. Grundzüge der forstlichen Wasserhaushaltstechnik. Neudamm, Neumann 362 S.
- Kronfellner Kraus G.* 1967. Breaks in checkdams for torrent control and their causes. FAO working party on torrent control, Rumania 1967, 22 p.
- Kronfellner Kraus G.* 1969. Versuchs - und Forschungstätigkeit auf dem Gebiete der Wildbach - und Lawinenverbauung. Allgem. Forstzeitung 80 : 69-72.

- Landolt E.* 1886. Die Bäche, Schneelawinen und Steinschläge und die Mittel zur Verminderung der Schädigungen durch dieselben. Orell Füssli, Zürich 140 S.
- Landolt E.* 1889. Neue Ansichten über die Verbauung der Wildbäche. Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen 40 : 5-17.
- Landolt E.* 1891. Welche Erfahrungen liegen über Wildbach - und Lawinenverbauungen vor? (Referat gehalten am Intern. Land - und forstwirtschaftlichen Kongress in Wien) Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen 42 : 89-98.
- Meyer-Peter E. ve C. Lichtenhahn* 1963. Altes und Neueres über den Flussbau unter besonderer Berücksichtigung des sanktgallischen Rheintales. Eidg. Amt für Strassen - und Flussbau, 56 S.
- Müller R.* 1943. Theoretische Grundlagen der Fluss - und Wildbachverbauung. Mitt. der Versuchsanstalt für Wasser - und Erdbau an der Eth, Nr. 4, 110 S.
- Prückner R.* 1965. Die Technik der Lebendverbauung. Wien, österreichischer Agrarverlag, 200 S.
- Schiechtl H.* 1958. Die Grundlagen der Grünverbauung. Mitt. der forstl. Versuchsanstalt Mariabrunn, Nr. 55, 273 S.
- Schmidt M.* 1957. Gerinnehydraulik. Wiesbaden, 241 S.
- Strele G.* 1935. Geschichte des Wildbachverbauungsdienstes in Oesterreich. Vielfältigung, 118 S.
- Strele G.* 1950. Grundriss der Lawinen - und Wildbachverbauung. Springer-Verlag Wien, 2. Auflage, 340. S.
- Strickler A.* 1924. Beiträge zur Frage der Geschwindigkeitsformel und der Rauheitszahlen für Ströme, Kanäle und geschlossene Deitungen, Schweiz. Bauzeitung 83 : 265-268.
- Richard F.* 1963. Wasserhaushalt und Entwässerung von Wiedeböden. Mitt. der Eidg. Anstalt f.d. forstl. Versuchswesen 39 (5) : 247-269.
- Terzaghi K. ve Peck R.* 1948. Soil Mechanics in Engineering Practice. John Wiley, 566 p.
- Ven te Chow* 1959. Open Channel Hydraulics. Mc Graw Hill, 680 p.
- Zeller J.* 1963. Einführung in den Sedimenttransport offener Gerinne. Schweiz. Bauzeitung 81, 19 S.