



**SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET**

EROSION

Tropiskt lantbruk

**Ingrid Karlsson
Janne Eriksson**

**INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP
AVDELNINGEN FÖR HYDROTEKNIK
STENCILTRYCK 50**

UPPSALA 1971 1:a upplagan

UPPSALA 1978 2:a omarbetade upplagan

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sid.
INLEDNING	1
VAD ÄR EROSION?	1
EXEMPEL PÅ EROSION	2
OLIKA TYPER AV EROSION	4
Vattenerosion	4
1. Regndroppserosion	4
2. Fåreerosion	6
3. Ravinerosion	7
4. Jordglidning	9
5. Jordras	10
6. Sedimentation	11
Vinderosion	11
EROSION - ETT RELATIVT BEGREPP	13
EROSIONSSKYDDANDE ÅTGÄRDER	13
Tillåten erosion	14
Bedömning av erosionsriskerna	14
Den praktiska utformningen av erosionsskyddande åtgärder	18
Odlingsmetoder	18
Tekniska metoder	21
EROSION I ETT STÖRRE PERSPEKTIV	25
LITTERATURFÖRTECKNING	26

Teckningar ur Wenner: "Soil Conservation in Kenya" (1977) har med författarens tillstånd använts som förebilder till illustrationerna på sid. 5, 7, 8 (överst), 9, 10, 17 och 20.

INLEDNING

Människan har byggt terrasser och bevattningskanaler i tusentals år, men verklig insikt om erosion, erosionsförlopp och erosionskontroll har utvecklats först under de senaste 30-40 åren. Under industrisamhällets framväxt i västerlandet insåg man inte betydelsen av markbevarande odlingsmetoder; inte förrän på 1930-talet, då mer än hälften av USA:s jordbruksmark visade tydliga tendenser till allvarlig erosion. Större delen av denna mark hade då legat under plog bara ett halvt århundrade.

Idag är det viktigare än någonsin att bevara jordens produktionsförmåga. Det är en resurs som är nästan omöjligt att återställa när den en gång förstörts. I en värld där så många människor svälter får det inte finnas någon misshushållning med naturresurserna, av vilka jorden är en av de viktigaste.

I ett traditionellt jordbruk finns samlad generationers erfarenhet av odlingsformer som möjliggör en säker och bördighetsbevarande produktion. När gamla odlingsmönster av skilda skäl brutits har i de nya odlingsformerna erosionsrisken ofta förbisetts.

Sambandet mellan odling och erosionsförlopp har heller inte förrän under de senaste årtiondena varit så klarlagt att man kunnat ange erosionskontrollerande odlingsformer och markanvändning. En riktig markanvändning och förbättrade odlingsmetoder är minst lika betydelsefulla som de rent tekniska utformningarna av erosionskontrollen. Åtgärder måste kunna anpassas till det jordbruk som bedrivs med mycket arbetskraft och lite maskiner. Detta är helt nödvändigt, eftersom det är bönderna och lantarbetarna som skall vara "erosionskontrollanterna". En överföring av enkla baskunskaper om erosionskontroll - av människor som själva kan hantera hacka och skära - plus de ekonomiska medlen för att garantera överlevnaden den närmaste framtiden, räcker för att motivera odlarna till bättre skötsel av marken.

VAD ÄR EROSION?

Man skiljer på två huvudtyper av erosion, den geologiska och den av människan accelererade erosionen.

Geologisk erosion (kallas också naturlig eller normal erosion). Denna erosion har bildat jordtäcket och fördelat det på landytan. Det är en process som har pågått i miljoner år och som skapar naturen omkring oss: Raviner,

floddalar och sedimentslätter. Den äger rum som ett resultat av vatten-, vind- och isrörelser; temperaturförändringar, biologisk aktivitet, samt av tyngdkraften.

Accelererad erosion. När den naturliga vegetationen störs av t.ex. odling, betesdjur eller svedjning blir jorden mer utsatt än normalt för de två viktigaste orsakerna till erosion, nämligen vatten och vind. Jordförlusterna blir större än tillskotten. Den jord som förloras transporteras med vind eller bäckar och floder till andra områden och orsakar ofta problem där. Kraftig erosion ger dramatiska, synbara effekter som raviner, avspolade berghällar och igenslamning av floder och dammar. Andra, mindre synbara tecken på erosion inom jordbruk och skogsbruk visar sig i minskande avkastning och avtagande vattentillgång.

Orsakerna till den accelererade erosionen är många och sammanflätade med varandra. Vi har dels fysiska faktorer som jordegenskaper, lutningsgrad, odlingsmetoder och klimat; dels sociala och politiska faktorer.

EXEMPEL PÅ EROSION

Nästan varje dag kan man läsa nya larmrapporter i tidningar och tidskrifter om den våldsamma globala jordförstörelsen. Tyvärr är det sällan överdrifter, även om orsakerna till erosionen ofta beskrivs förvirrande och motsägande.

Exempel: Regnskogarna

I Afrika utgör dagens regnskogar endast 60 % av den ursprungliga storleken.

I Sydostasien förloras årligen över 15 milj. ha.

Dessutom förstördes enbart i Vietnam 2 milj. ha regnskog genom krigshandlingar från Förenta Staternas sida (användning av herbicider) (Manshard 1974).

I Latinamerika uppskattas den årliga skogsförlusten till omkring 10 milj. ha. 30 % av regnskogarna i Amazonas har förstörts. Orsaken till detta är till viss del alla de nybyggare som skickas ut i skogen från de "överbefolkade" områdena i Brasilien. Dessa fattiga människor har inte den gedigna kunskap om naturens alla sammanhang som de indianska jägarfolken besitter.

Men detta utgör inte det största hotet mot regnskogarna i Brasiliens inre.

De stora bolagen, många av dem multinationella, tar del i nästan alla delar av landets utveckling: Jordbruk, skogsbruk, boskapsuppfödning och industri. I stor skala och med liten förståelse för ekologi gör de mer skada på ett år än alla nybyggarna kan göra på en hel generation. Skogen huggs ner och jorden sköljs bort (Johnson, CERES nr 64, 1978).

När skogstäcket försvinner inträder en kedjereaktion. Grundvattennivån sjunker inom stora områden. Regnskogar övergår till våt savann; våt savann övergår till torr savann, och denna i sin tur blir halvöken eller öken.

Sist men inte minst: Ingen vet säkert vilka långsiktiga klimatiska förändringar som skogsskövlingarna kan åstadkomma. Förmodligen rubbas den globala vattenbalansen kraftigt.

Exempel: Nordafrika

Sahel-området i Nordafrika är utsatt för en omfattande vinderosion. Ca 100.000 ha/år av den odlingsbara marken förvandlas till öken.

En av de avgörande orsakerna enligt kända ekologer är att odlingen av exportgrödor (jordnötter, bomull etc.) tränger ut boskapsuppfödningen och odlingen av baslivsmedel till marginella jordar. Här tar på så vis erosionen fart genom överbetning, alltför intensiv odling och vedinsamling (Rapp 1974).

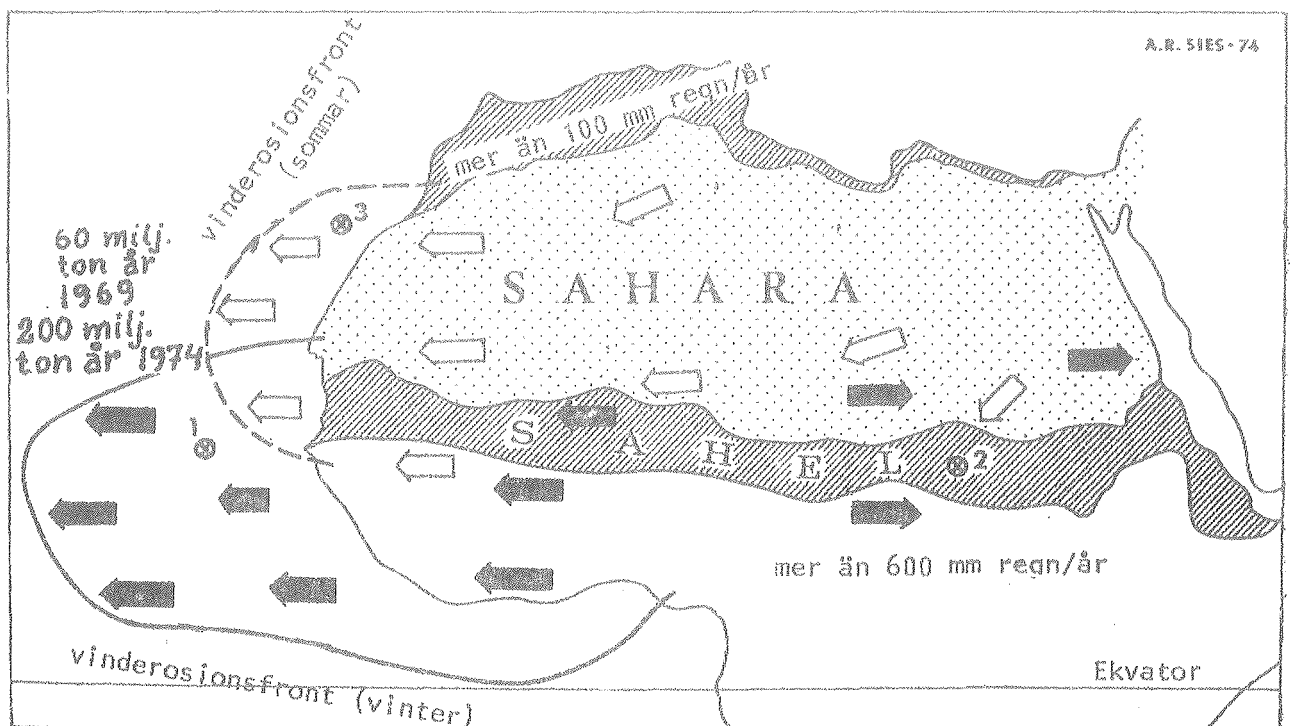


Fig. 1. Vindtransporterad jord från Afrika ut i Atlanten. Pilarna visar vindriktningen på 3000 m höjd: juli (vita pilar) och januari (svarta pilar). x visar föreslagna mätstationer.

Efter Rapp (1974).

Exempel: Indien

I Indien eroderas årligen omkring 6000 milj. ton jord bort från 80 milj. ha odlad mark. Detta innebär en förlust av växtnäring på 6,2 milj. ton (2,5 milj. ton N, 1,5 milj. ton P och 2,2 milj. ton K). Denna förlust är mycket större än tillförseln genom gödselmedel av olika slag (FAO Soils Bulletin nr 33, s. 21).

OLIKA TYPER AV EROSION

Vattenerosion

Jorderosionen är vanligen större i områden med hög nederbörd än i områden med låg nederbörd. Men det är naturligtvis också många andra faktorer som spelar in. Regnets fördelning under året, dess intensitet och varaktighet har stor betydelse. En kort period med kraftig nederbörd orsakar större erosion än samma nederbördsmängd utspridd under en längre tid.

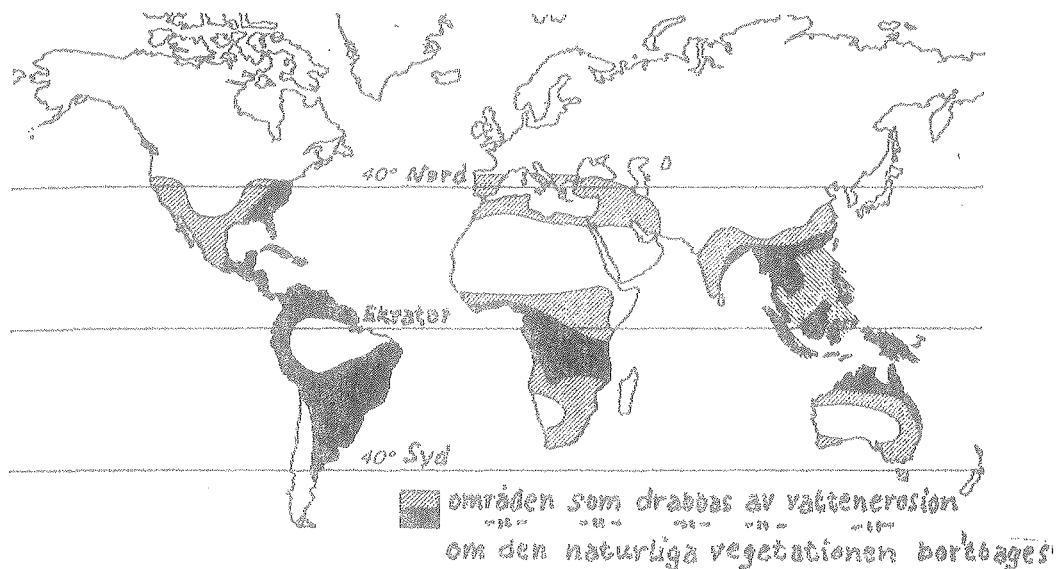
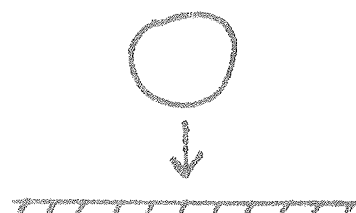


Fig. 2. Vattenerosion.

Efter Hudson (1971).

1. Regndroppserosion förekommer på sluttningar där jorden innehåller fina partiklar och/eller där regndropparnas storlek och hastigheter är större än vid en nederbörd på 2 mm/min.

En regndroppe faller mot marken



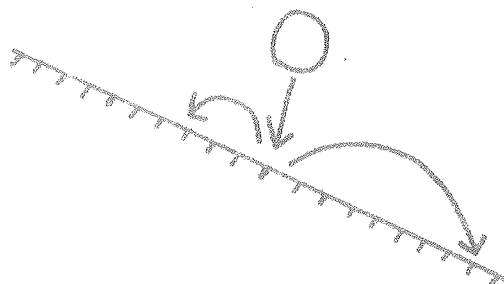
Åstadkommer en liten grop i denna och



kastar upp de finare partiklarna tillsammans med vattnet (upp till en sträcka av 0,5-1 m från nedslaget).



På en sluttning kastas fler partiklar nedåt än uppåt, vilket ger erosion även på korta sluttningar (t.ex. mellan terrasser).



Till slut är allt grövre material i dagen. Erosionen har gett en stenig och hård jord som är mycket besvärlig att odla.

Lerjordar, som inte så lätt eroderas av strömmande vatten, kan mycket lätt eroderas av regndroppar på detta vis. Strukturen bryts ner genom att aggregaten slås sönder. Ett ytskikt med låg genomsläpplighet bildas och vattnet börjar rinna i ett tunt lager på ytan. Detta kallas ofta ytererosion.

När vattnet rinner längs markytan är dock hastigheten bara en tiondel av regnets. Vattnet skulle ha låg transportkapacitet om inte regndropparna som faller orsakade virvelbildning i det. Vattenskiktet koncentrerar sig dessutom i små fåror där hastigheten och därmed erosionseffekten ökar. Partiklar som följer med förstärker effekten. Vattenströmmen verkar som ett sandpapper.

Förebyggande åtgärder mot regndroppserosion

1. Skydda jorden från de stora regndropparna.

- a) Odlingmetoder: Tillräckliga gödselgivor vilka ger relativt höga skördar reducerar jordförstörelsen, eftersom stora plantor med stor

bladmassa skyddar jorden från att bli direkt utsatt för dropparna.

b) Växtrester lämnas på marken så att den inte ligger bar (mulching).

2. Minskad lutning på fältet.

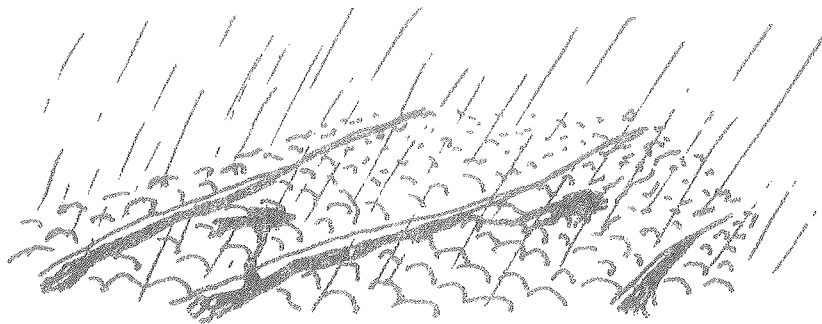
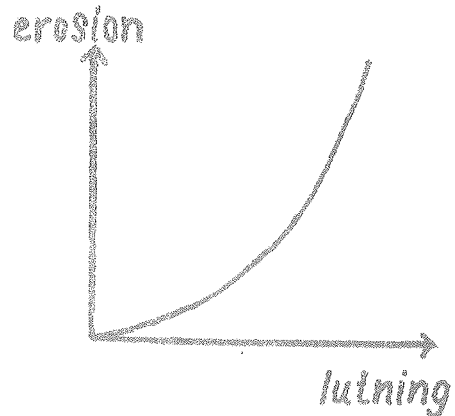
a) Konturplöjda diken som stoppar nersköljningen.

b) Bänkterrasser för att ge en relativt plan mark.

2. Fåreerosion

När nederbördsmängderna blir större än vad jorden kan ta emot (genom infiltration) börjar vattnet rinna på markytan. Det ansamlas i små rännilar som snart gräver sig ner till fåror i marken. Fårorna kan omfatta hela matjorden eller enbart såbädden. Fältet kan i allmänhet återställas med normal bearbetning, men det är i denna erosionsform som den största jordförlusten sker. Fram till detta stadium kan förlusterna från ett fält uppgå till 100-200 ton jord/ha bara från ett enda kraftigt regn!

Erosionen ökar kvadratisk med starkare lutning, dvs. lutningsgraden har en mycket stor betydelse för hur kraftig erosionen kommer att bli.



Åtgärder mot fåreerosion

1. Konturbearbetning. Sådd, plantering, jordbearbetning och andra arbeten utförs längs konturlinjerna på sluttningen.

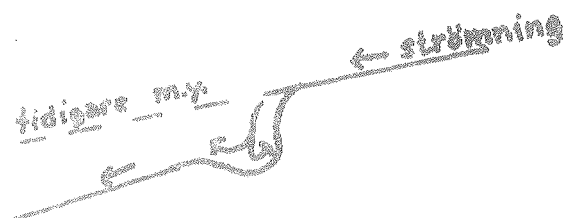
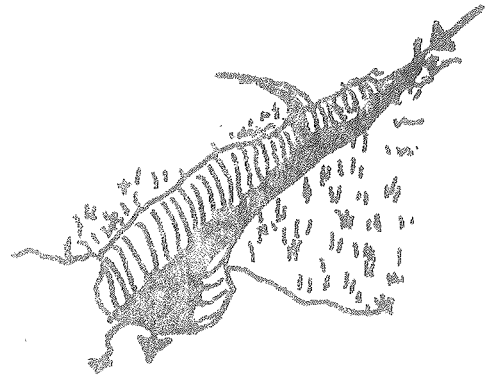
2. Bandodling (strip cropping) längs konturen. Särskilt spannmålsodling kombinerat med vallodling är effektivt mot denna typ av erosion.

3. Terrassering. Kanaler, vallar eller gräsremsor hejdar vattenflödet längs

sluttningen genom att bryta av en lång sluttning till flera kortare.

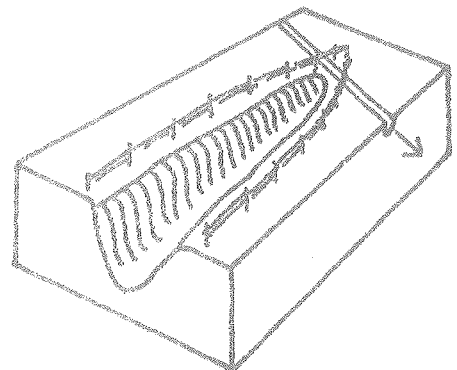
3. Ravinerosion (gully erosion)

När erosionen gått så långt att den fåra som bildats inte längre kan plöjas eller på annat sätt bearbetas bort, kan man säga att ett mera allvarligt stadium av erosion inträder; ravinerosion. Ravinerosion uppkommer särskilt i jordar av silttyp, dvs. mo- och mjälajordar. Ett högt lerinslag ger jordar som är tämligen motståndskraftiga mot erosion. I sand infiltrerar ofta vattnet så snabbt att det inte hinner skölja bort de relativt stora partiklarna. Ravinbildningen börjar ofta i hjulspår eller i kreatursstigar där vattnet ansamlas. Vattnets strömningar "äter" sig snabbt ner och bortsköljningen av jord pågår tills berggrunden kommer i dagen.

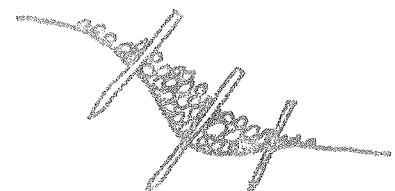


Åtgärder mot ravinerosion

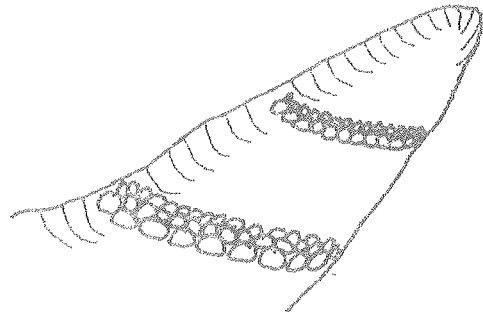
1. Avledning av vattnet genom öppna diken. Det räcker ofta med att plöja en mindre fåra och sätta stängsel runt ravinen.



2. a) I korta och breda raviner är det viktigt att vid ravinens övre del förhindra "vattenfallseffekten", dvs. vattnets urgröpning av branten (se föregående fig.). Det kan man göra genom att slå ner pålar i ravinen och bygga på med sten eller buskar och styva gräs.



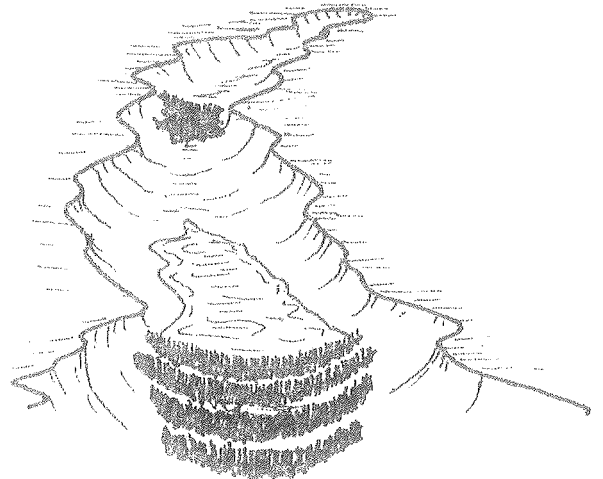
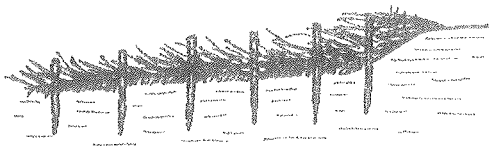
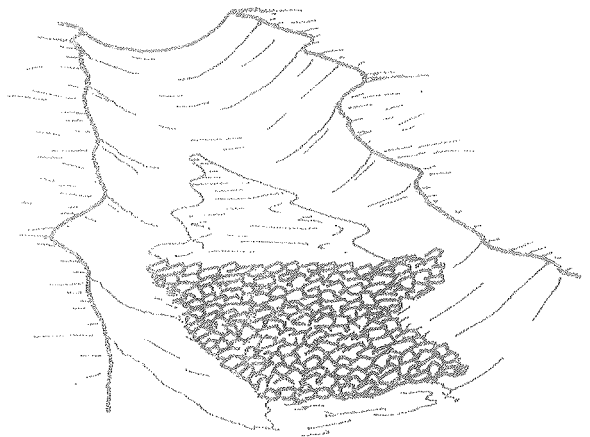
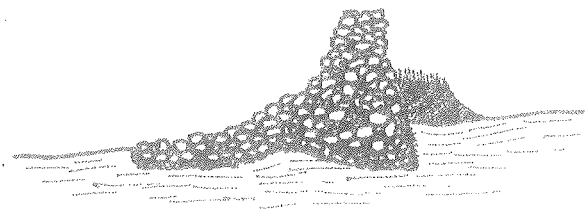
b) I botten av ravinen kan man bygga upp vallar av sten eller man kan så gräsbarriärer.



c) Ravinens sidor kan planteras med träd för att förhindra ras.



3. Djupa och smala raviner kräver mer stabila åtgärder. Det är bättre att bygga flera låga dammar än några få högre. Bilderna nedan visar några sätt att bygga dessa dammar; antingen med sten eller med buskar som material.



4. Jordglidning

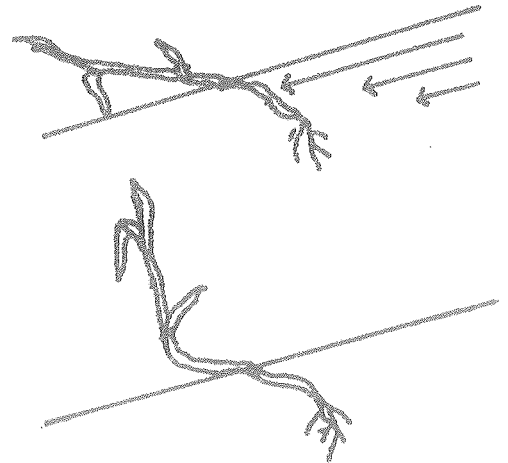
Jord på sluttningar som består av silt (mo och mjäla) och som ständigt har en hög vattenmättnadsgrad kan börja att sakta glida ner mot botten av dalsänkan. Detta beror på att friktionen mellan jordpartiklarna minskar betydligt vid en hög vattenmättnad.

Jordens rörelser nerför en sluttning kan ske på tre olika sätt:

a) Grund jordglidning på åkermark

De översta partiklarna rör sig fortast nedåt. Växtstjälkarna böjs i sluttningens riktning när jorden trycker på längs rötterna, men rätar upp sig igen i sin strävan mot ljuset.

Detta typiska utseende av växterna är ett bevis på att det översta jordtäcket sakta förskjuts nedåt.

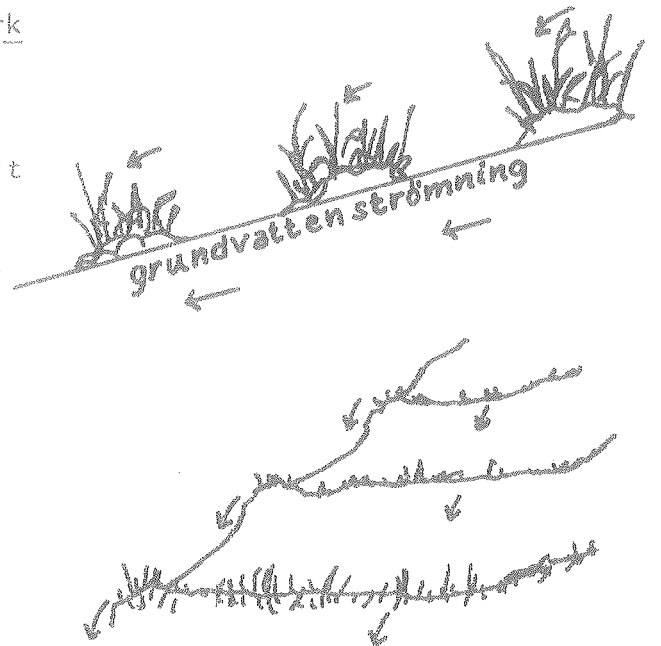


Åtgärder: Terrassläggning

Dränering av grundvattenströmningen

b) Grund jordglidning på betesmark

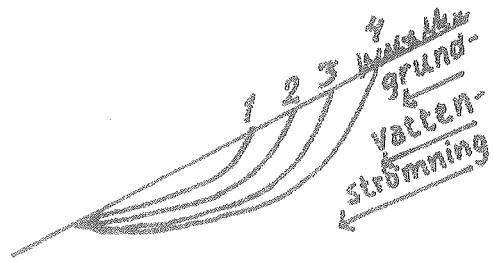
De små upphöjningar av grästuvor som bildas tvärs över sluttningarna rör sig sakta nedåt, särskilt på branta sluttningar och i områden med höga nederbörds mängder. När djuren använder tuvorna som stigar kan jordglidningen synas ännu tydligare.



c) Djup jordglidning

Denna orsakas främst av kalhuggningen av skog på branta

sluttningar. Därmed kan rötterna inte ta upp vatten längre och grundvattnet börja pressa på uppifrån. Sluttningar med siltjordar (mo och mjåla) blir därmed instabila. Vattnets tryck orsakar en erosion som "äter" sig uppåt.

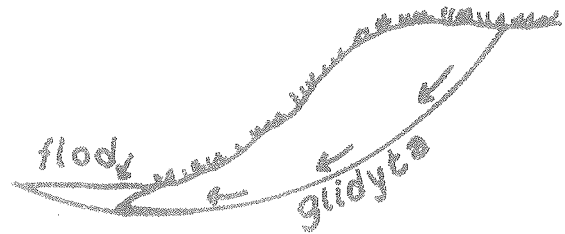


Åtgärder mot typ b) och c) är

1. Om erosionen inte är så långt gången : dränering av sluttningen
2. Återplantering av skog.

5. Jordras

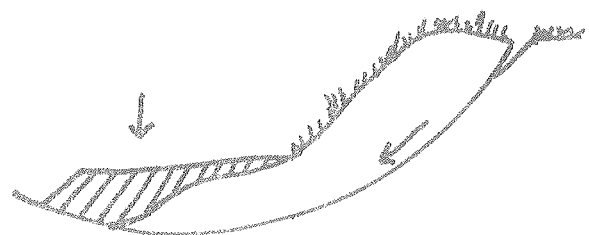
Ett ras är i princip en rörelse utmed en cirkulär glidyta. Stabiliteten av sluttningen beror helt och hållet på jordens egenskaper. Vanligtvis sker rasen på speciellt känsliga lerjordar, och det sker snabbt i motsats till jordglidningserosionen. Raset kan sättas igång när flodbanken eroderats en längre tid. Då förskjuts nämligen tyngdpunkten i den balans som upprätthålls längs den cirkulära glidytan.



Åtgärder mot jordras

Förebyggande:

- a) Skogsplantering (rötterna tar upp mycket av det vatten som ger ett nedåtriktat tryck).
- b) Enstaka områden kan förses med en motvikt i form av en jordbank i flodloppet.



6. Sedimentation

Den jord som rycks med i erosionsförloppet avsätter sig igen. Det kan ske redan på fältet i vattendrag eller i extrema fall först i havet. Avsättningar innebär ofta olägenheter i form av skador på gröda eller uppgrävning av vattenmagasin, bevattningskanaler, dräneringssystem etc.

Vinderosion

Vinderosion drabbar främst de ökenartade områdena i tropikerna (se fig. 3). Vinden kan orsaka en mycket allvarlig jorderosion men den är vanligen mindre betydelsefull än vattenerosion. I torra områden där det inte finns något vegetationstäckes som skyddar jorden, kommer vinden snart åt att sopa bort det översta jordlagret. Sandiga jordar och jordar med låg lerhalt drabbas lättast av vinderosion.

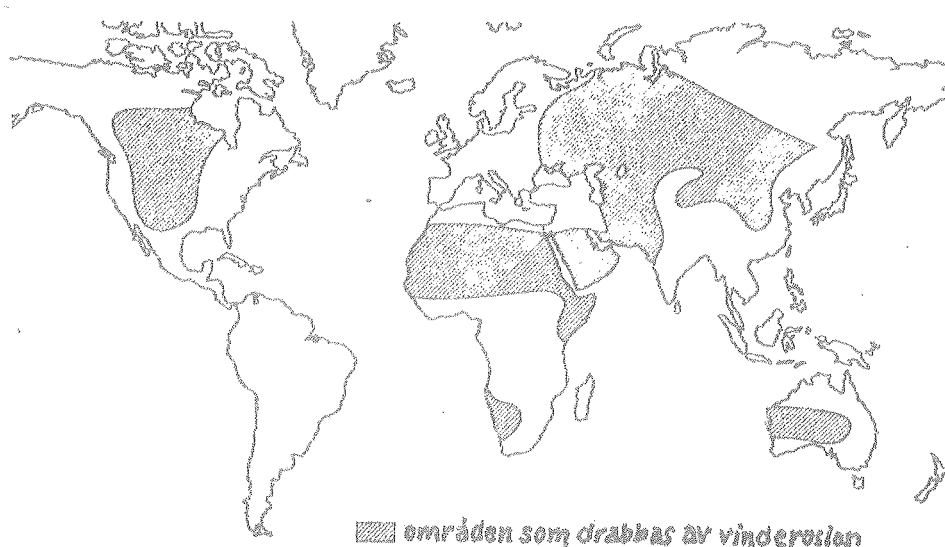
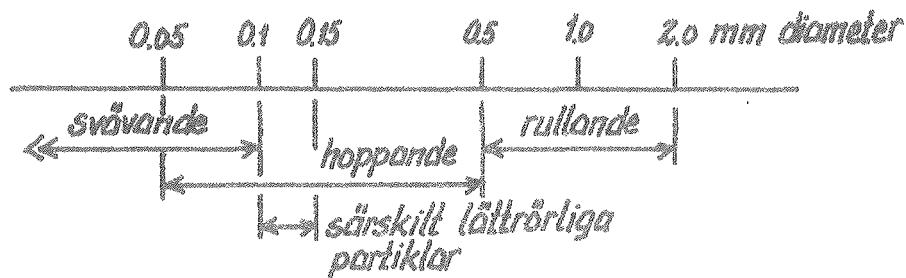


Fig. 3. Vinderosion.

Efter Hudson (1971).

Större partiklar hoppar längs marken och rycker loss fina partiklar, så att dessa transporteras iväg av vinden. Jämför med regndroppserosionen, som går till på ett liknande sätt! Beroende på partikelstorleken transporteras partiklarna olika långt innan de faller tillbaka mot marken igen. Den känsligaste partikelstorleken ligger på ca 0,1 mm diameter (dvs. "silt" eller grovmo).



Samband partikelstorlek och rörelseform.

Det finns två huvudtyper av vinderosion:

1. Sandpartiklar som driver längs markytan

Denna sanddrift uppträder mest i det arida klimatområdet och på sandstränder. Den kan förebyggas genom plantering av speciella växter eller genom uppbyggnad av vallar.

2. Vanlig vinderosion

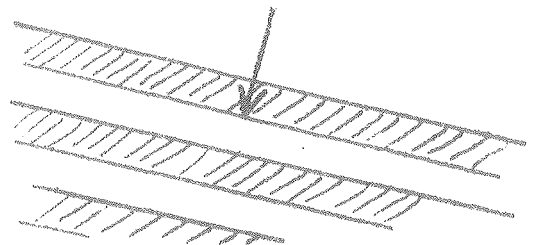
Jordpartiklarna rycks loss från markytan när:

- Jorden ligger oskyddad (utan vegetation) och torr,
- Jordpartiklarna tillhör fraktionerna finsand eller silt (mo och mjöla),
- Vindstyrkan är tillräckligt hög (gränsen för erosion ligger vid ungefär 6 m/s). Ju högre vindstyrka, desto större erosionskraft.

Förebyggande åtgärder

1. Växtrester och stubb lämnas kvar på jordytan, vilken endast bearbetas grovt. Vindhastigheten sänks därmed och den gropiga ytan kan fånga upp vindtransporterat material.

2. Bandodling (strip cropping). Banden följer ej konturerna som vid förebyggandet av vattenerosion, utan läggs vinkelrätt mot den huvudsakliga vindriktningen i långa, parallella stråk.



3. Vindfång och skyddshäckar. Vindens hastighet minskas inte bara på lärsidan av ett vindfång utan också på framsidan. Vid ändarna på vindfången ökas vindhastigheten (110-120 %). Detta visar att vindfång bör vara långa och obrutna. För att effektivt hejda vinderosionen bör man plantera flera träd eller buskar i bredd.

Avkastningen kan därmed höjas med 10-20 % (under torrår med 50-60 %).

EROSION - ETT RELATIVT BEGREPP

Olika typer av erosion kan vara mer eller mindre allvarliga, vilket beror på den aktuella situationen. Erosion är ett relativt begrepp; vilka åtgärder som skall sättas in beror på av vilken orsak man vill hejda den. Om uppgiften är att bevara jorden så att livsmedelproduktionen kan upprätthållas, så är regndroppserosion och fårerrosion det största hotet. Om däremot en bevattningsdamm håller på att slammas igen av sedimenterat material som kommer uppströms ifrån, då ligger de viktigaste orsakerna i ravinerosion och urgröpningen av flodbankarna. Det sistnämnda beror på att jord som eroderas på detta sätt följer vattenströmmarna direkt medan jorden som kommer från odlad mark oftast sedimenterar i vegetation eller smådiken.

EROSIONSSKYDDANDE ÅTGÄRDER (vattnets erosion)

Utmaning

Misströstarna
med sina tappade sugar
byråkraterna
som klämmer fingrarna
 i byrålådan
och dom oomkullrunkeliga
 huvudskallerunkarna
dom säger att det är omöjligt

jag säger okej

vänner kamrater kom

LÅT OSS GÖRA DET OMÖJLIGA MÖJLIGT

Helga Henschen

De erosionsskyddande åtgärderna skall:

1. Upprätthålla jordens struktur för att göra den mindre benägen för igen-
slamning och bortspolning och mera genomsläpplig för vatten.
2. Skydda jorden för regndropparnas slag.
3. Sänka hastigheten på det avrinnande vattnet.
4. Utforma säkra vägar för den nödvändiga avrinningen.

"Tillåten erosion"

Man måste sätta olika gränser för jordförluster beroende på jordtyp, markdjup och olika fysikaliska egenskaper. Generellt kan 10 ton/ha och år tillåtas på djupa, genomsläppliga jordar. 2-4 ton/ha och år kan tillåtas på grund mark med ogynnsam alv.

Det är viktigt:

att ett tillräckligt markprofildjup upprätthålls,
att fårerosion och ravinerosion ej får förekomma,
att igenslamning av nedanför liggande vattensystem ej får förekomma,
att såbädd och nysådd inte blir skadade.

Bedömning av erosionsriskerna - allmänna erosionsekvationen

Eroderad jordmängd är beroende av regnets kraft vid anslaget mot marken och jordens förmåga att motstå regnet. I matematiska termer - erosion är en funktion av erosivitet och eroderbarhet.

Erosiviteten beror helt på regnet och är därmed utanför människans kontroll. Erosionsbenägenheten hos markytan beror dels av jordens inre egenskaper, dels av markanvändning och växtodlingsformer.

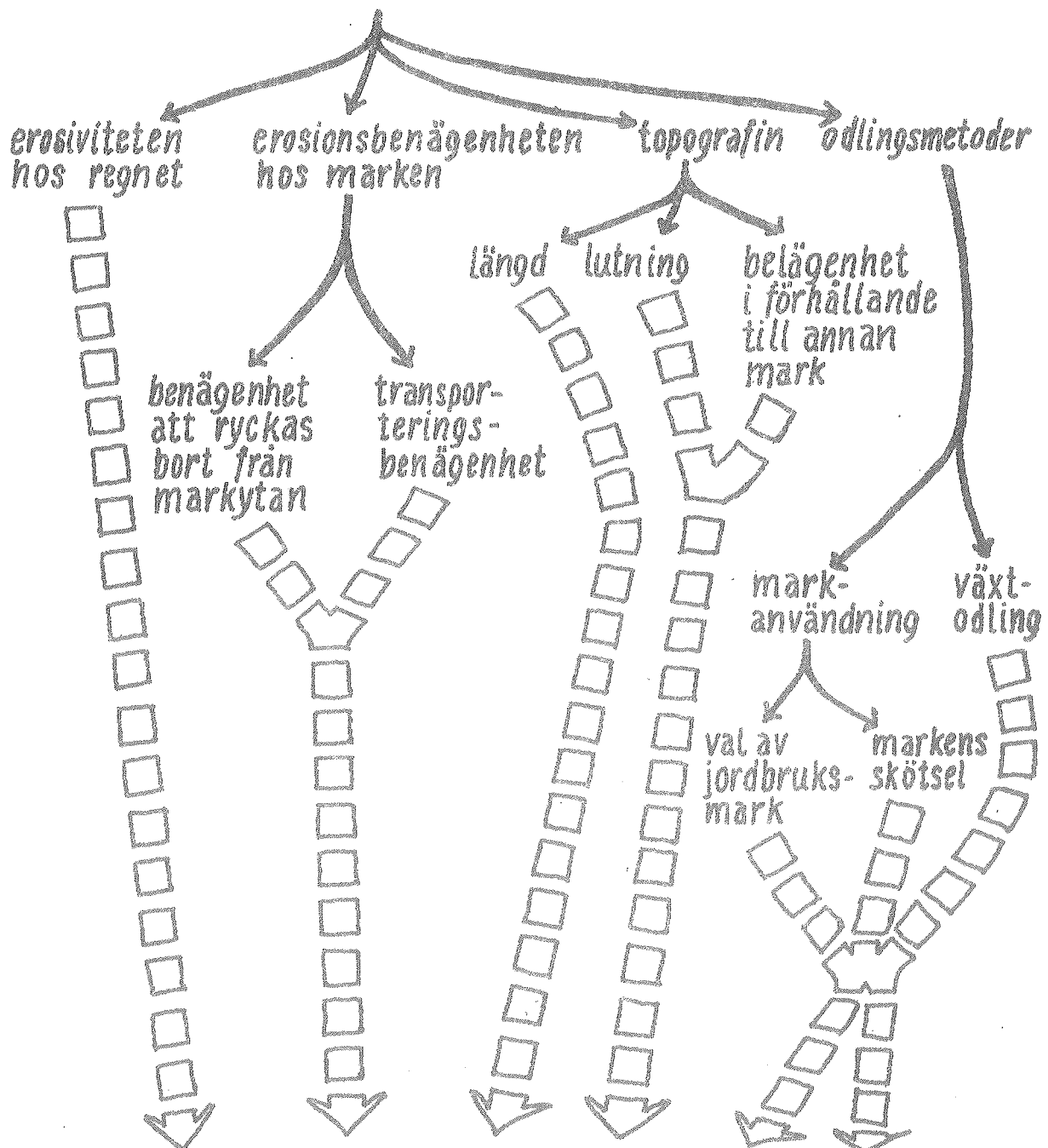
Erosionsekvationen har utformats för att kvantifiera olika odlingsåtgärders erosionseffekt och att förutsäga erosionens storlek under olika förhållanden. Erosionsekvationens termer är definierade på sid. 15. Ekvationen är ett viktigt hjälpmedel för att bestämma vilka alternativa möjligheter i brukning, gröda och skyddsåtgärder som föreligger för att begränsa erosionen inom tillåtliga gränser.

Åtgärderna för erosionskontroll kan delas upp i tekniska åtgärder och i bionomiska åtgärder.

De tekniska åtgärderna är inte i sig själva produktionsstegrande, men de är nästan alltid nödvändiga.

De bionomiska åtgärderna - riktig markanvändning och växtodling - däremot ger förutom erosionskontroll också produktionsökning.

EROSION BEROR AV:



$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

→ allmänna erosionsekvationer ←

A = Årliga medelförlusten av jord i ton/ha

R = Regnfaktor

K = Erosionsfaktor hos jorden

L = Längden på fältet

S = Lutningen på fältet

} sammanförs till en topografisk faktor $L \cdot S$

C = Gröda- och brukningsfaktor

P = Faktor för erosionsskyddande åtgärd (terrassering, bandodling, konturbearbetning).

Regnfaktor (R) uttrycker kapaciteten hos ett regn att erodera jorden på oskyddad mark (träda).

$$R = E \cdot I$$

E = Totala kinetiska energin hos regnet

I = Regnets maximala intensitet under en 30 min.-period.

Årsumman av EI-värdena som ofta mäts månadsvis ger "nederbördserosionsindexet". Ett "årserosionsindex" bör grundas på nederbördsdata för en period av 20-30 år, för att med god säkerhet kunna användas i erosionsekvationen. Regnets höga erosivitet i tropikerna beror på:

Stor medeldroppstorlek

Hög nederbördsintensitet

Hög kinetisk energi i de tropiska regnstormarna.

Erosionsbenägenhetsfaktorn (K) är jordförlusten i ton/ha per enhet av nederbördserosionsindexet vid en lutning av 9 % och en fältlängd på 22,1 m. Denna faktor skall beskriva vilken motståndskraft olika jordtyper har mot erosion.

Olika jordtyper har olika motståndskraft mot samma erosionstyp. Generellt kan man exempelvis säga att fina sandpartiklar rycks loss mycket lättare än lerpartiklar.

Mätningarna görs på jord utan skydd av vegetation (dvs. ständig, brukad träda). För ett visst område försöker man få vissa huvudjordtyper väl inprickade att relatera till.

Topografiska faktorn L · S [fältlängd (L), lutning (S)]

Denna faktor bestäms från särskilda LS-diagram. Då sådana diagram upprättas utgår man från standardparceller (9 % lutning, 22,1 m längd).

Fältlängden (L) definieras som avståndet från den punkt där ytvattenströmmen börjar till antingen

a) den punkt där ytvattenströmmen slutar eller

b) den punkt där ytvattenströmmen når ett avlopp.

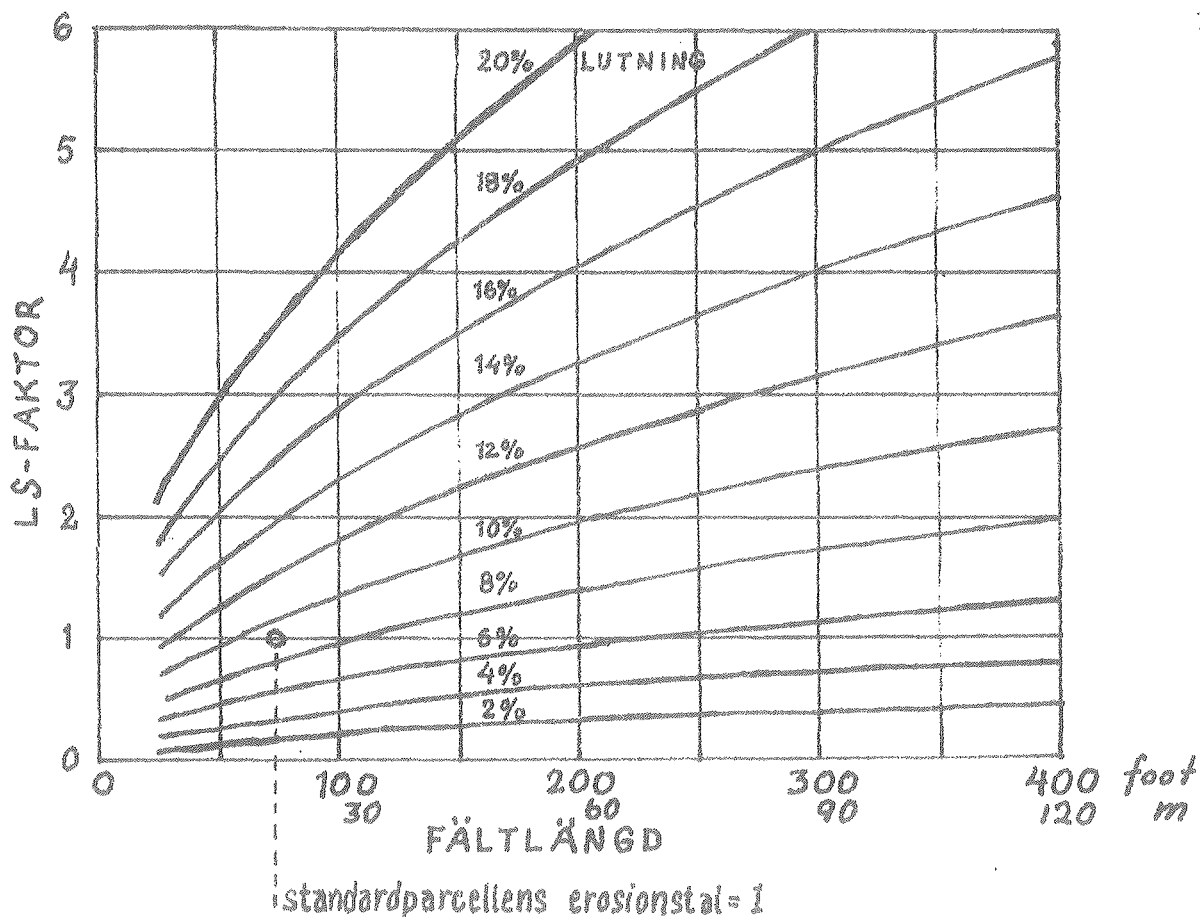


Diagram över LS-faktorn.

Gröda- och brukningsfaktorn (C) kan uttryckas som kvoten

$$\frac{\text{jordförlusten under ett visst brukningssystem}}{\text{jordförlusten vid ständig, brukad träda}}$$

Det är viktigt att känna till nederbördsfördelning under året, tidpunkter för plöjning, brukning, sådd och skörd, samt brukningsmetoder. Vegetationsperioden delas upp i 5 perioder:

- Bearbetning
- Såbädd
- Skottbildning
- Växande gröda
- Stubbåker

Särskilda erosionsskydd, faktor (P)

Erosionsskydden kan vara konturbearbetning, stripcropping och terrassläggning eller vissa kombinationer av dessa. Jordförlusterna minskas främst genom att vattnets hastighet sänks och eroderad jord avsätter sig. Konturbearbetning, som innebär att fårorna ligger tvärs fallet, kan skydda ganska fullständigt för regn med låg intensitet. Normalt reduceras erosionen med hälften på detta vis (dvs. $P = 0,5$) och med ytterligare erosionsskydd kan siffran bli ännu lägre.

Exempel på användningen av erosionsekvationen

Beräkningen är gjord för en plats i västra Tennessee, USA.

Nederbörds-erosionsindexet (R) = 240.

Jordart: Mjällera. Erosionsbenägenhet (K) = 0,34 ton/indexenhet.

Fältlutning (S) = 9 %; fältlängd (L) = 70 m.

(LS)-faktorn enl. diagram = 1,7.

Växtföljd: Vete, vall, majs; faktor (C) = 0,09.

Bearbetning längs med fallet; faktor (P) = 1.

Tillåten jordförlust (T) = 4 ton/acre och år (9-10 ton/ha).

Brukning i kontinuerlig träda:

$$A = R \cdot K \cdot LS = 240 \cdot 0,34 \cdot 1,7 = 139 \text{ ton/acre (340 ton/ha)}.$$

Förväntad erosion vid föreslagen odling (C = 0,09):

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C = 12,5 \text{ ton/acre}$$

Konturbearbetning och stripcropping sätts in. P-faktorn för 9 % lutning blir då 0,3.

$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P = 0,3 \cdot 12,5 = 3,8 \text{ ton/acre}$, vilket ligger under det gränsvärde som vi bestämt i förväg, 4 ton/acre eller 9-10 ton/ha.

Den praktiska utformningen av erosionsskyddande åtgärder

Odlingsmetoder

1. Jorden: Man skall sträva efter

hög lerhalt

hög porvolym - hög infiltrationskapacitet

hög humushalt

högt näringsstillstånd

hög andel tvåvärda joner, särskilt kalcium.

2. Växternas egenskaper:

Tidig sådd och plantering för att växten skall utvecklas snabbt och skydda markytan.

Val av gröda. Erosionen är minst 5 ggr högre vid spannmålsodling än vid vallodling.

————— ÖKAD EROSION —————>

gräs ———> låga spannmålsväxter ———> majs —> bomull —> kassava

3. Blandade grödor (mixed cropping): Om t.ex. bomull och majs eller majs, kassava och bönor odlas tillsammans kan erosionen reduceras jämfört med monokulturer av samma grödor. Det är en arbetsintensiv odling som används

främst av småbönder. Många andra fördelar kan nås samtidigt: ökad säkerhet av skörderesultatet, bättre växtnäringens utnyttjande, beskuggning, bättre vattenutnyttjande etc.

4. Täckning med växtrester (mulching): T.ex. bananblad och gräs är bra att använda till att täcka marken med. På så vis får regndropparna inte alls samma slagkraft mot marken, vilket gör denna metod till en av de allra viktigaste i kampen mot erosionen.

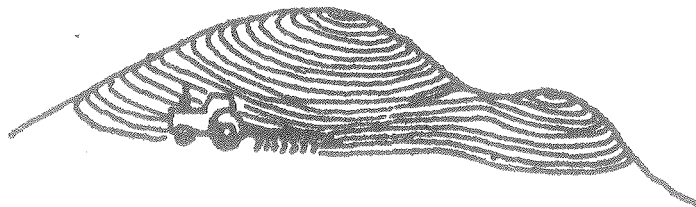
Växtresterna ger dessutom insekter och maskar en god miljö så att dessa djur med sin aktivitet luckrar upp jorden.

"Mulching" kan också förhindra vinderosion.

En väl utförd halm- eller grästäckning kan reducera erosionen med 95 %.

5. Växtföljd: En enkel och bra erosionskontrollmetod är att låta vall ingå i växtföljden. Den bör dock inte ligga längre än två år.

6. Konturodning: Sådd, bearbetning och skörd av grödorna sker längs nivåkurvorna på sluttningen, helst med en svag lutning så att ytvattenavrinningen underlättas. Konturodning är effektivare, ju svagare lutning fältet har.

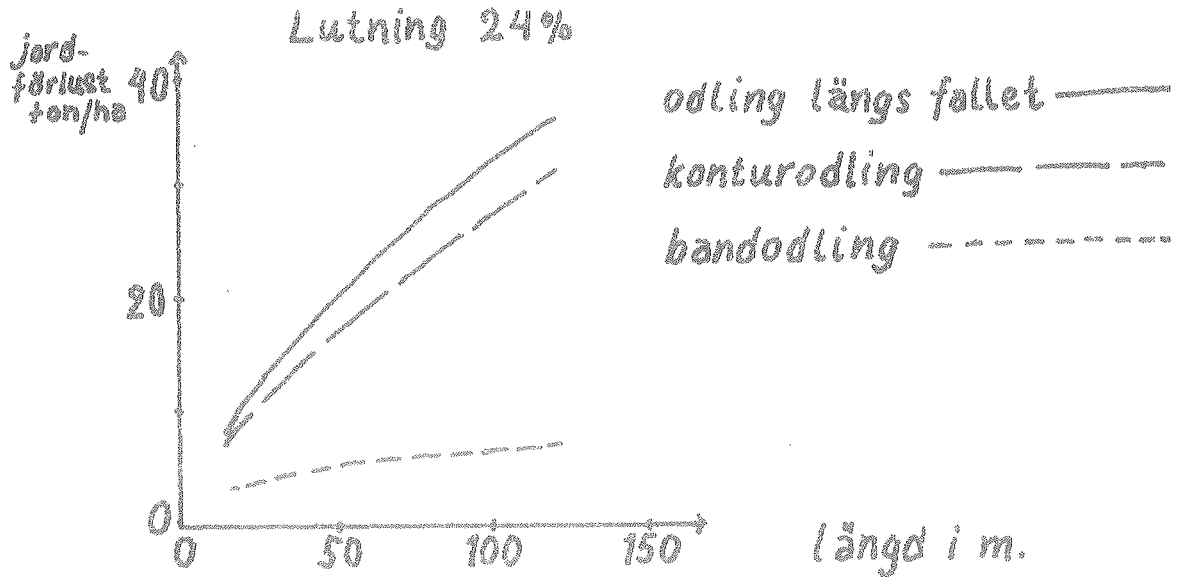
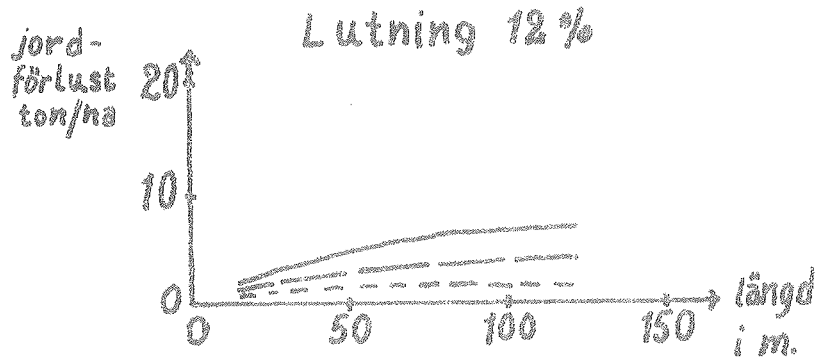


7. Bandodling (strip cropping). Även här följs höjdkurvorna vid alla brukningsåtgärder. Funktionen är bäst på genomsläppliga jordar i inte alltför branta sluttningar. Ju starkare lutningen är, desto smalare tegar krävs det för att hejda erosionen. En lutning på exempelvis 20-30 % medför att tegarna inte bör vara bredare än 12 m. Bandbredden kan framräknas enligt vissa uppställda ekvationer.

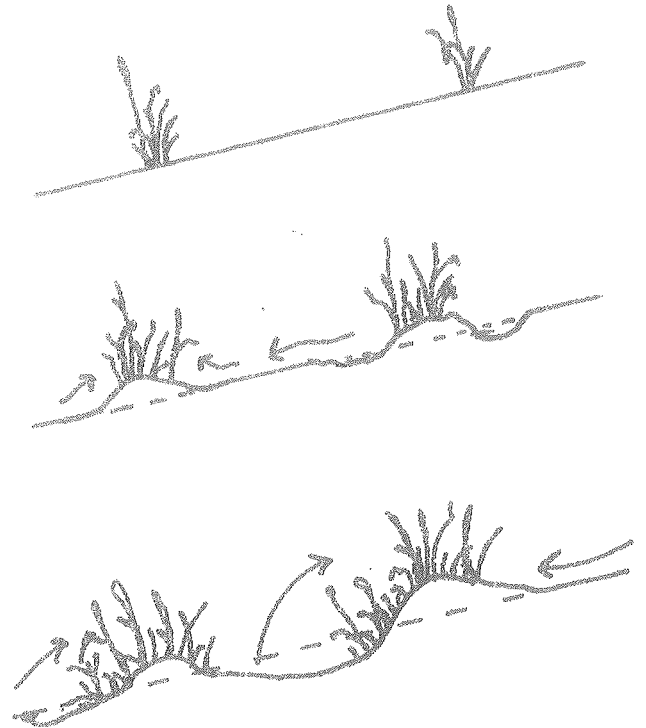
Undersökningar har visat att avrinningen liksom jordförlusten kan reduceras väsentligt samtidigt som markens struktur förbättras (särskilt då vallandelen är hög).

Nackdelar med bandodling är att de långa och smala tegarna är svåra att använda till beten. Uppsättningen av stängsel blir en både dyr och arbetskrävande historia.

Ju brantare lutning, desto större fördelar ger bandodling jämfört med odling längs fallet resp. konturodning (se nedanstående figur).



8. Småvallar. Vegetationsrester, gräs sått i smala band (0,5-2 m breda) eller låga buskar längs konturen ger en god erosionskontroll. En längre tids underhåll och bearbetning ger så småningom terrassform åt sluttningen.



9. Trädplantering. För effektiv erosionskontroll, särskilt på branta sluttningar, bör man plantera arter som har ett djupt rotsystem. Träden skyddar inte bara marken från regndropps-erosion. Andra fördelar är att vindstormar med höga hastigheter kan hejdas, beskuggningen av andra grödor (och därmed

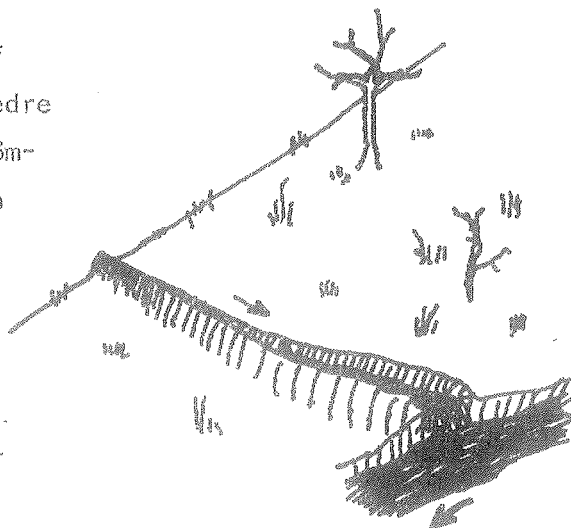
minskad evaporation), samt rötternas sammanhållande verkan.

Träden kan planteras för fruktodling, till timmer eller som foder till boskap.

Tekniska metoder

Vattenavledningen under de häftiga regnen är en av de viktigaste länkarna i erosionskontrollen. Fungerar inte detta, rasar också terrassbyggnader och andra förebyggande åtgärder samman.

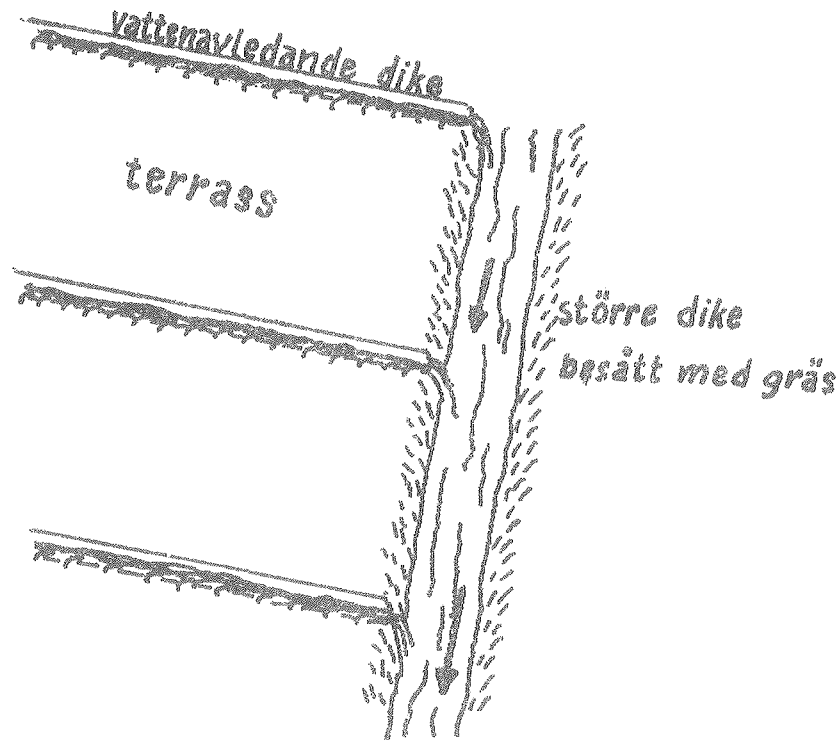
1. Vattenavledande öppna diken (cutoff drain). Dessa diken med en vall mot nedre sidan skall skydda marken mot det strömmande vattnets eroderande inverkan. På odlade sluttningar bör de kombineras med terrasser. De skall avledas till naturliga vattenvägar eller större diken.



2. Större diken och kanaler. Då naturliga bäckar eller floder inte kan användas för avledning av vattnet från terrasserna måste man bygga diken eller kanaler. Dessa skall dimensioneras efter nederbörds mängdens storlek och fördelning under året, evapotranspiration, jordarnas egenskaper, gröda, lutning m.fl. faktorer.

Det är viktigt att de större avloppen är breda och gräsbevuxna, så att vattnet rinner i en grund ström. Därigenom hejdas vattnets hastighet och därmed också dess eroderande verkan.

En nyanlagd "grassed waterway", flödesränna, måste så fort som möjligt och innan regnperioden, stabiliseras med gräsväxter. Det är bra om man kan gödsla slänterna med handelsgödsel eller organisk gödsel. En grässort som ofta används är Bermuda grass (*Cynodon dactylon*). Varken djur eller maskiner får tillåtas att använda en flödesränna för att ta sig fram! Om flödesrännan inte har ett stabilt växttäckte bör vattnet tillfälligt ledas vid sidan om detta.



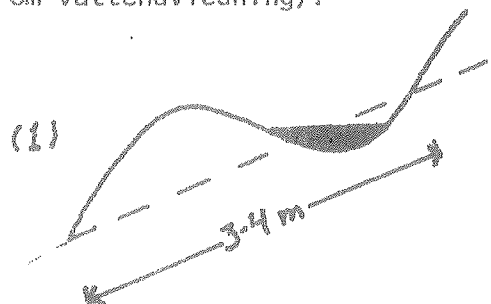
3a. Terrassering - dränerade terrasser

En terrass är antingen enbart en jordvall eller jordvall med ett dike på ovansidan. De läggs tvärs fallet på bestämda avstånd. Terrasseringens effekt beror av a) förkortning av fältlängden och b) ledning av det avrinnande vattnet ut från fältet med ickeeroderande hastighet. Erosionen är proportionell mot kvadratroten av fältlängden, $L^{0,5}$. Om det t.ex. är möjligt att reducera fältlängden till hälften så reducerar man jordförlusten med ungefär 20 %.

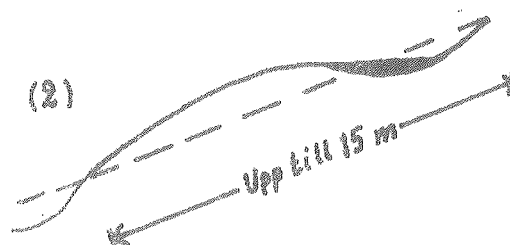
Tekniken för byggandet av terrasser måste anpassas till arbetskraftstillgången på platsen, till kostnader för arbetet och till andra ekonomiska och sociala faktorer som kan spela in. Terrasser kan byggas med såväl enbart handkraft som med fullständigt modern maskinutrustning. På sluttningar med en lutning som överstiger 12-15 % bör dock maskiner inte användas. Här blir arbetet alltför besvärligt och riskabelt.

Dränerade terrasser (channel terraces). I områden med hög nederbörd läggs terrasserna i viss lutning så att överskottsvattnet kan dräneras av, dränerade terrasser (se föregående avsnitt om vattenavledning).

Dessa kan konstrueras med längre eller kortare intervall, beroende på erosionsrisken.



Terrasser med korta intervall mellan dikena passar bäst på sluttningar med stark lutning (1). På planare mark används modell nr (2). Här är marken också mer lämpad för högmekaniserat jordbruk.



Planering av terrasssystem (gäller främst dränerade terrasser). Planeringen innefattar bestämning av avstånd mellan terrasserna, dimensioner på terrassvall och terrassdike, dränerade terrassers utflöde i naturliga avlopp eller i särskilt anlagda avlopp.

Avstånd mellan terrasser

Fältlutning	Vertikalt	Horisontalt
%	m	m
1-2	0,7	35
2-4	1,1	28
4-7	1,7	24
7-12	2,7	22
12-18	3,9	21

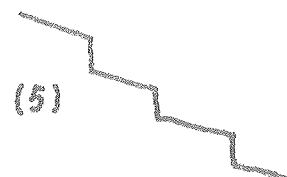
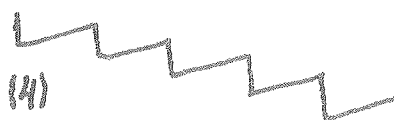
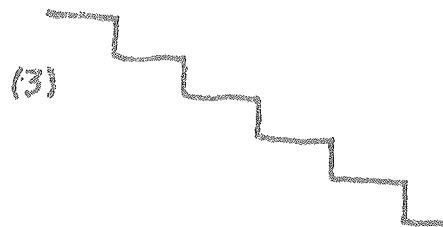
Terrasslängd. Längden skall avpassas så att vattenmassan som skall ledas ut får lagom volym och hastighet. På genomsläppliga jordar kan terrasserna göras längre än på ogenomsläpplig jord. Maximala längden ligger mellan 300 och 600 m för dränerade terrasser.

Terrassdikets fall. Detta kan vara lika på hela sträckan eller ökas mot utloppet. Ett fall på 0,4 % är vanligt men det kan variera mellan 0,1-0,6 %. Inom dessa fallgränser är hastigheten på vattnet begränsat till ickeerosiv.

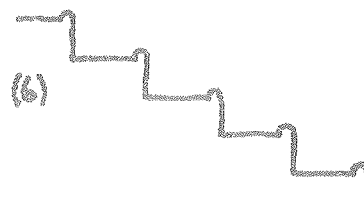
Terrassens tvärsektion. Terrassvall och dike skall ges en sådan utformning att terrassen blir ekonomisk att utföra och praktisk att ha och underhålla på fältet, dvs. i senare fallet att den går att köra över och bruka med olika redskap. Det finns utförliga regler i handböcker för vallens höjd, dikets djup och terrassens bredd. Vanliga mått på dränerad terrass vid 4 till 7 % fältlutning är 12 m totalbredd och 30 cm vallhöjd och dikesdjup.

3b. Terrassering, bänkterrasser (bench terraces). I områden med branta sluttningar och/eller i områden med låg eller ojämnt fördelad nederbörd läggs terrasserna i trappstegsform. De byggs relativt höga så att stora vattenmängder kan lagras upp bakom dem och infiltrera i marken, infiltrationsterrasser.

Bl.a. nederbördens storlek och fördelning inverkar på om terrasserna byggs plant, i "omvänd lutning" eller med en mindre lutning (3, 4 och 5).



Andra trappstegsformade terrasser har inte bara till syfte erosionskontroll eller vattenmagasinerings utan byggs för att möjliggöra bevattning. Dessa terrasser kan också vara lagda plant eller med viss lutning, ofta med en liten vall vid kanten mot sluttningen (6).



Bänkterrassen skiljer sig således från den dränerade terrassen. De har det klassiska trappstegsformade utseendet vilket använts av människor i årtusenden. Oftast bygger man med sten eller annat material en stödjemur för terrassen.

Skogens och gräsmarkernas erosionskyddande roll. Det förhållandet att marken är permanent täckt med vegetation, förna och humus gör gräsmarker och skog till de mest skyddande formerna av markanvändning. I skogsvegetation bryts regndropparnas fall i grenverket och slutligen av förnan på marken, så att vattnet når marken utan nämnvärd rörelseenergi. Det infiltrerar lätt i förnaskiktet och det porösa mullskiktet. Vattnet rinner med låg hastighet i maskgångar, rotkanaler och sprickor nedför sluttningarna till naturliga bäckar och åar. Vattnet i dessa är klart och slamfritt. Vattenföringen är kontinuerlig och utan den starka variabilitet som avflödet från brukad mark visar.

Gräsmarker saknar grenarnas skydd, men i gengäld ger markvegetationen ett tätare och segare täcke än i skogsmark. I branta sluttningar är gräsmark mer

skyddande än skogsmark.

Störningar av olika grad i gräsmarkens och skogsmarkens funktion inträder med svedjebruk, med betesdjurens nedbetning och tramp, med uppodling och stubbrytning som ger anvisningar till gullies osv. Vid överbetning når regnet med full rörelseenergi markytan och infiltrationen är mycket liten p.g.a. att strukturen i ytlagret förstörts. Överbetning innebär också att vegetationen inte ges något tillfälle till återhämtning utan marken ligger bar året runt. Detta till skillnad från brukad mark där grödorna kanske ger fullgott skydd under kritiska perioder. Av boskapen anses nötkreaturen ge en begränsad nedbetning, medan fåren går ännu hårdare åt gräset och getterna förvärrar situationen ytterligare en grad genom avätning också av buskvegetationen och låga grenar på träden. Ofta förekommer alla djurslagen på en gång i hjordarna. Exempel på överbeting och svår erosion finns i många delar av världen. Mycket typiskt har det kommit till uttryck i Etiopien. Stora djurflockar och oreglerad betesgång ger extrem överbetning på huvuddelen av landarealen. Infiltrationen och retardationen av regnvattnet är liten. Avflödena blir häftiga och starkt slamförande. I de återstående skogsområdena och de måttligt betade gräsmarkerna framstår betydelsen av vegetation frapperande klart. Avrinningen är utjämnad. Vattnet i åar och bäckar är helt utan slam. Själva vattenfåran har en stabil form. Stranderosionen är ringa genom en väl utbildad vegetation ända fram till vattenspegel.

EROSION I ETT STÖRRE PERSPEKTIV

Erosion är visserligen ett tekniskt problem och för att kontrollera och minska verkningarna krävs stora kunskaper om jordarnas egenskaper, om klimat och växtlighet. Men en tekniker får aldrig glömma att det är människan och hennes livssituation som måste stå i centrum. Erosionskontroll kräver långsiktig planering och en medvetenhet bland alla människor. Därför måste arbetet med att hejda erosionen alltid kopplas ihop med ekonomiska och politiska sammanhang.

Ekonomiska därför att det krävs resurser till teknikerna.

Politiska därför att resursfördelningen och planläggningen måste grundas på politiska beslut. Jorden och dess fördelning mellan människor utgör själva grunden för rättvisa levnadsförhållanden.

Viljan att satsa på framtiden kan omöjligt växa fram hos den som när som helst riskerar att köras bort från sin boplats av jordägaren, eller som bara har precis så mycket jord att svälten med knapp nöd kan hållas borta.

LITTERATURFÖRTECKNING

- CERES, nr 56-1977. Garduno: "Arms for the struggle". FAO, Rom.
- CERES, nr 64-1978. Ed: "How much good land is left?". Johnson: "Fighting the Frontier Fever". FAO, Rom.
- Eriksson, J. 1971. Erosion. Lantbrukshögskolan, Inst. för lantbrukets hydroteknik. Stenciltryck nr 50, Uppsala.
- FAO Soils Bulletin nr 30, 1976. Soil Conservation for developing countries. FAO, Rom.
- FAO Soils Bulletin nr 33, 1976. FAO, Rom.
- Handbook of Soil Erosion in Ethiopia. 1975. Soil Cons. section of EPID, Ethiopian Ministry of Agriculture. Addis Abeba.
- Hudson, N. 1973. Soil Conservation. London.
- Jacoby, E. 1977. Människan och jorden. Stockholm.
- Kellogg, C.E. 1975. Agricultural Development: Soil, Food, People, Work. Madison, Wisc.
- Manshard, W. 1974. Tropical Agriculture. A geographical introduction and appraisal. London.
- Moore Lappé, F. & Collins, J. 1977. Food First. Boston.
- Novikoff, G. 1974. The Desertization of Rangelands and Cereal Cultivated Lands in Presahapjan Tunisia. A Statement on Some Possible Methods of Control. SIES Report No. 3. Stockholm.
- Rapp, A. 1974. A Review of Desertization in Africa - Water, Irrigation and Man. SIES Report No. 1, Stockholm.
- Strahler, A.N. 1975. Physical Geography. 4th ed. New York.
- Wenner, C.G. 1977. Soil Conservation in Kenya. Nairobi.

Förteckning över utgivna häften från nr 92 i publikationsserien
LANTBRUKSHÖGSKOLAN, UPPSALA. INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP.
AVDELNINGEN FÖR LANTBRUKETS HYDROTEKNIK. STENCILTRYCK.

(Separat förteckning över häftena 1-100 finns vid Avdelningen för
hydroteknik, SLU, 750 07 Uppsala 7)

- 92 Sandsborg, J. 1976. Dränering av byggnadsgrunder. 26 bl.
- 93 Berglund, G., Håkansson, A. & Eriksson, J. 1976. Om dikningsintensiteten vid dränering av åkerjord. Resultat av fältförsök med olika dikesavstånd. V: Göteborgs- och Bohus län samt Älvsborgs län. 65 bl.
- 94 Wikner, Å. 1976. Bevattningsföretagen och vattenlagen. 13 bl.
- 95 Svenmar, S. 1976. Vattendomar med anknytning till bevattning. I. En sammanfattning av avkunnade ytvattendomar. 24 bl.
- 96 Svenmar, S. 1976. Vattendomar med anknytning till bevattning. II. En sammanfattning av avkunnade grundvattendomar. 14 bl.
- 97 Wiklert, P. 1977. Studier av de odlade jordarnas vattenhushållning. Del I. Exemplifierande, analyserande och sammanfattande text, tabeller och diagram. 43 bl.
- 98 Wiklert, P. 1977. Studier av de odlade jordarnas vattenhushållning. Del II. Grundmaterial: tabeller och diagram. Jordar med enkelkornstruktur; rotspärr. Jordar med aggregatstruktur; ingen rotspärr. 109 bl.
- 99 Wiklert, P. 1977. Studier av de odlade jordarnas vattenhushållning. Del III. Grundmaterial: Tabeller och diagram. Jordar med aggregatstruktur; rotspärr. Jordar med enkelkorn- eller aggregatstruktur. 94 bl.
- 100 Johansson, W. & Klingspor, P. 1977. Bevattning inom lantbruket 1976. Bevattnad areal, vattenåtgång och vattentäkter. 76 bl.
- 101 Berglund, G., Johansson, W., Eriksson, J. & Linnér, H. 1977. Resultat av 1976 års täckdiknings-, bevattnings- och kalkningsförsök. 20+77+7 bl.
- 102 Berglund, G. 1977. Mikroaggregatanalysen som testmetod vid strukturturkalkning. 113 bl.
- 104 Andersson, S. & Wiklert, P. 1977. Studier av markprofiler i svenska åkerjordar. En faktasammanställning. Del II. Norrbottens, Västerbottens, Västernorrlands och Jämtlands län. 98 bl.
- 105 Andersson, S. & Wiklert, P. 1977. Studier av markprofiler i svenska åkerjordar. En faktasammanställning. Del III. Gävleborgs, Kopparbergs och Värmlands län. 89 bl.
- 106 Andersson, S. & Wiklert, P. 1977. Studier av markprofiler i svenska åkerjordar. En faktasammanställning. Del IV. Älvsborgs och Göteborgs- och Bohus län. 72 bl.

Förteckning över utgivna häften i fortsättningsserien

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET, UPPSALA. INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP.
AVDELNINGEN FÖR LANTBRUKETS HYDROTEKNIK. STENCILTRYCK.

- 103 Persson, R. 1977. Skorpbildning på struktursvaga jordar vid olika bevattningsintensitet och droppstorlek. 43 bl.
- 107 Jonsson, E. 1977. Bevattning med förorenat vatten. Hygieniska risker för människor och djur. En litteraturstudie. 30 bl.

Förteckning över utgivna häften i publikationsserien

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET, UPPSALA. INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP,
AVDELNINGEN FÖR LANTBRUKETS HYDROTEKNIK. RAPPORTER.

- 108 Berglund, G., Håkansson, A. & Eriksson, J. 1978. Om dikningsintensiteten vid dränering av åkerjord. Resultat av fältförsök med olika dikesavstånd. IX. Västernorrlands, Jämtlands, Västerbottens och Norrbottens län. 104 bl.
- 109 Bjerketorp, A. & Klingspor, P. 1978. Inventering av avrinningen inom regioner med stor jordbruksbevattning. Faktaredovisning. 1: Kalmar län. 66 bl.
- 110 Lundegrén, J. & Nilsson, S. 1978. Bevattningssamverkan. Förutsättningar och olika associationsformer. 27 bl.
- 111 Berglund, G., Ericson, A., Eriksson, J., Ingvarsson, A., Linnér, H. & Persson, L. 1978. Resultat av 1977 års fältförsök avseende täckdikning, övrig grundförbättring och bevattning. 19+23+56 bl.
- 112 Forsling, A. & Borgblad, M. Konflikten mellan jordbruket och naturvården i markavvattningsfrågor. 58 bl.
- 113 Linnér, H. 1978. Vatten- och kvävehushållningen vid bevattning av en sandjord.
- 114 Ingvarsson, A. 1978. Bevattningsförsök inom trädgårdsområdet i Norden. Sammanfattningar av försöksresultat publicerade t.o.m. 1977/78. 70 bl.
- 115 Ingvarsson, A. 1978. Bevattning i fältmässig trädgårdsodling - teknik och ekonomi. 45 bl.

I denna serie publiceras forsknings- och försöksresultat vid avdelningen för lantbrukets hydroteknik, Sveriges Lantbruksuniversitet. Tidigare nummer i serien redovisas längst bak i rapporten och kan i mån av tillgång anskaffas från avdelningen.

This series contains reports of research and field experiments from the Division of Agricultural Hydrotechnics, Department of Soil Sciences. Earlier issues are listed at the end of the report and can be ordered - if still in stock - from the Division of Agricultural Hydrotechnics.

DISTRIBUTION:

Sveriges Lantbruksuniversitet
Avdelningen för lantbrukets hydroteknik
750 07 UPPSALA, Sweden

Te1. 018-10 20 00 ankn. 1165, 1181
