



Erosion och erosionskydd i vattenmiljöer

Jennifer Carlsson och Jesper Persson

**SLU Alnarp
Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik**

**Rapport 2006:2
Report**

**Swedish University of Agricultural Sciences
Dept of Landscape Management and Horticultural Technology**

ISSN 1652-1552

I denna serie publiceras rapporter från Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik vid SLU Alnarp.

This is a publication from the Department of Landscape Management and Horticultural Technology at the Swedish University of Agricultural Sciences in Alnarp.

En lista på publicerade rapporter i serien finns på institutionens hemsida med adressen www.lt.slu.se

The issues in this series of publications are listed at the homepage www.lt.slu.se

Jennifer Carlsson är utbildad landskapsingenjör från SLU, Alnarp år 2005. Hon arbetar för tillfället på Tekniska sektorn, Gatu- och Parkenheten i Höörs kommun. Tidigare har Jennifer utbildat sig till ekonom och bland annat arbetat som revisorsassistent. Har även arbetat i flera år som inrikes- och utrikesspeditor.

Jesper Persson, Forskare. Har examen i Miljövetenskap och Stadsbyggnad från Chalmers, och arbetar med forskning och undervisning i ämnen som vattenbyggnad och miljöbedömningar. Har skrivit ett 40-tal rapporter och artiklar i tidskrifter som Ecological Engineering, J. of Nordic Hydrology, Urban Water och Environmental Impact Assessment Review.

FÖRORD

Den här rapporten är i huvudsak baserad på Jennifer Carlssons examensarbete *Dimensionering för erosionskydd i vattendrag: litteraturstudie med fallstudie av fem dagvattendammar* (10 poäng). Manuset är sedan bearbetat av Jesper Persson med målsättningen att rapporten skall fungera som en introduktion till ämnet erosion och erosionskydd i vattenmiljöer med inriktning mot småskaliga system. Författarna vill tacka Eva-Lou Gustavsson (SLU) för kommentarer på rapporten.

Jesper Persson
2006-04-27

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

INLEDNING	5
1 TEORIER OM EROSION.....	7
1.1 Allmänt om erosion	7
1.2 Att beskriva en jord	8
1.3 Krafter som påverkar bottenpartiklar.....	9
1.4 Sedimenttransport.....	11
1.5 Hjulströms Diagram.....	14
2. DIMENSIONERING OCH UTFORMNING AV EROSIONSSKYDD.....	17
2.1 Projektering av erosionskydd.....	17
2.3 Material och skyddslager	18
2.5 Dimensionering av slänter	20
2.6 Erosion efter ledning.....	23
2.7 Dimensionering av botten.....	24
2.8 Dimensionering av stenskoning av kanal	26
2.9 Dimensionering av mindre jordtrösklar.....	28
3. EXEMPEL PÅ EROSIONSPROBLEM	29
3.1 Vallar	29
3.2 Botten efter utlopp	30
3.3 Fördämning.....	33
REFERENSER	35

INLEDNING

Om små vattenanläggningar skadas genom erosion blir det ingen större katastrof, som i fallet med kollapsande kraftverksdammar med efterföljande flodvåg, men konsekvensen kan fortfarande vara betydande för enskilda personer och för den lokala naturmiljön. Det finns däremot ingen anledning till att mindre system skall dimensioneras och utformas sämre bara för att konsekvenserna kan ses som ”ringa”. Till detta kan det sägas att det är lika illa med underdimensionerade system med ökad erosionsrisk som för överdimensionerade system med stora ekonomiska kostnader och onaturligt utseende. Det är med andra ord lika bra att alla vattenmiljöer erosionsssäkras rätt från början.

Det finns en del svenska och utländska handböcker på marknaden som behandlar hur man dimensionerar och utformar mindre vattensystem som dammar och mindre vattendrag. Dessvärre behandlas sällan erosion och erosionskydd. Inte heller behandlas erosionskydd för små vattenmiljöer med överdriven iver på civilingenjörs-, biolog-, landskapsingenjörs och landskapsarkitektutbildningarna.

Den här rapporten syftar därför till att sammanställa kunskap om erosion och erosionskydd för vattenmiljöer med fokus på småskaliga system. Målsättningen är att rapporten skall fungera som en introduktion till ämnet erosion och erosionskydd för alla som har intresse av att projektera, reparera eller sköta vattenanläggningar. Målgruppen är allt från studenter, konsulter till intresserade privatpersoner.

Rapporten avgränsar sig till att allmänt beskriva erosionsprocesser, material, skyddslager, samt dimensionering och utformning av erosionskydd av slänter, botten och mindre jordvallar. Sist i rapporten finns även exempel på erosionskador, beskrivna med text och bilder. Grunden för arbetet består i två svenska manualer om erosionskydd som givits ut av Vägverket: *Erosionskydd i vatten vid väg- och brobyggnad* och *Utförande av erosionskydd i vatten vid brobyggnad*, samt tre norska manualer: *Små dammer, Veiledning for planlegging, bygging og vedlikehold*; *Planter skaper bedre miljø: 1 Veileder*; och *Vassdragshåndboka: Håndbok i forbygningsteknikk og vassdragsmiljø*. I Svensk Byggtjänsts Anläggnings AMA 98, finns dock inget skrivit som berör erosionskydd i vattenmiljöer.

1 TEORIER OM EROSION

1.1 ALLMÄNT OM EROSION

I *Bonniers lilla uppslagsbok* beskrivs erosion med orden: ”Med erosion menas den nedbrytning av jordytans formationer som sker genom vatten (t.ex. floder), vindar och is, och genom material som dessa element medför.” (Dalén m.fl. 1986) och i boken *Berg och jord* beskrivs erosion som: ”När material på jordytan lösgörs och förs bort av rinnande vatten, rörlig is, vind och vågor.” (Fredén & Wastenson 1998). Dessa citat visar på att begreppet erosion är stort och svårt att snabbt presentera och beskriva. I princip är alla jordarter ett resultat av erosion och erosionens krafter har påverkat jorden så länge den har funnits till.

Topografin i området styr vilken väg vattnet tar, då vattnet rör sig ifrån högre belägna områden till lägre. Vatten i rörelse bildar så småningom rännilar som växer till bäckar, floder och älvar. Vattenfårorna är ett resultat av att jorden rivs loss och förs bort från ett ställe till ett annat, då vattnet påverkar botten och enkelkornpartiklarna. På så vis bildas allt djupare stråk som vattnet kan följa.

Stark snösmältning och kraftiga regn medför att humusämnen och partiklar förs med vattnet till diken, vattendrag, sjöar eller lägre belägen terräng. Man skiljer i detta sammanhang på yt-, ränn- och ravinerrosion (Wiklander 1976:132).

Yterrosion: Ler, mjåla, mo, humus, och näringsämnen, det vill säga dispergerat material flyttas ifrån markens ytskikt. Dispergerat material innebär att materialet har varit flytande i lösning, men så småningom har det sjunkit till botten. Processen för yterrosion är långsam men leder till en försämrad markkvalitet, då förmågan att hålla vatten och näringsämnen till växterna minskar. Som resultat av vårfloder och häftiga regn syns bortfört material i vattendragen i form av starkt försämrat siktdjup.

Rännerrosion: Väl synliga, grunda och smala fåror bildas i markens yta där vatten runnit fram. Smältvatten orsakar ofta rännerrosion på höstplöjd mark. Även på grusvägar med en viss lutning kan det förekomma.

Ravinerrosion: Bildas av temporärt framrinnande vatten, på jordar med svagt utbildad aggregatstruktur. Jorddjupet är mäktigt och sluttande mark tillåter uppkomst av djupa erosionskanaler. Det finns inget eller ett svagt utvecklat växttäckte. Erosionskanalerna sprider sig ofta grenformigt uppför sluttningen med avtagande djup och bredd.

1.2 ATT BESKRIVA EN JORD

Risken för att erosion skall uppstå beror på många parametrar. Jordens egenskap att motstå erosion beror främst av jordpartikelns kornstorlek, mängd och tyngd, men även av faktorer som: jordens gradering, lagringstäthet, kornform och vidhäftning mellan jordpartiklarna, det vill säga kohesionskrafter (Vägverket 1987a:3).

Kornstorlek

Det har stor betydelse vad de naturliga massorna har för kornstorlek och hur fördelningen ser ut. Finns det till exempel mycket små partiklar i jorden är den mer lättroderad än om det enbart finns större sten och block. Indelningen av kornstorlek sker enligt Atterbergs korngruppsindelning som syns i Tabell 1 (Wiklander 1976:20).

Tabell 1. Atterbergs korngruppskala.

Huvudgrupp	Undergrupp	Diameter, mm
Block		> 200
Sten	Större	200-60
	Mindre	60-20
Grus	Grovt	20-6
	Fint	6-2
Sand	Grovsand	2-0,6
	Mellansand	0,6-0,2
Mo	Grovmo, (el finsand)	0,2-0,06
	Finmo	0,06-0,02
Mjäla	Grovmjäla	0,02-0,006
	Finmjäla	0,006-0,002
Ler	Grovler	0,002-0,0002
	Finler, kolloidalt ler	<0,0002

Jordarter

Sorterade jordarter, som har uppstått på grund av sedimentation, är oftast mer benägna att erodera än osorterade jordar, det vill säga moräner. Morän och moränleror är täta massor och har därmed hög motståndskraft mot erosion. Vattnet kan inte få tag på partiklarna och på så vis föra bort dem, då det inte finns så stora hålrum mellan partiklarna (Olofsson 1987:3).

Jordens gradering

När man talar om jordens gradering, menar man vilka kornstorlekar den består av och hur dessa är fördelade. En välgraderad jord är med andra ord detsamma som en väl sorterad jord och är mer erosionsbenägen, då den består av färre kornstorlekar. En månggraderad jord består av alla de olika fraktionerna och blir därmed en tätare jord, och därmed inte lika erosionsbenägen.

Känsligheten för erosion bestäms, för månggraderad jord som till exempel morän, av den kornstorlek som kan bilda den yta på vattendragets botten som står emot erosion, en så kallad stenpäl. En stenpäl är med andra ord det som finns kvar då vattenströmmen har sköljt bort det finare materialet ur filters övre del. Här är det viktigt att mängden av de största fraktionerna räcker till för att bilda denna stenpäl

och därmed förhindra att de finare fraktionerna spolats bort. Moränens känslighet för erosion bestäms vanligen för d_{75} , det vill säga den kornstorlek som motsvarar 75 % av passerande viktmängd inklusive sten och blockhaltsbestämning (Olofsson 1987:3).

Lagringstäthet

Lagringstätheten är beroende på hur jordlagret ursprungligen har uppstått. En moränjord som består av alla fraktioner, blir på grund av det en tät jord. Om det dessutom är bottenmorän kan den ha blivit hårt packad av isen under istiden. Då består detta lager av en jord med hög lagringstäthet. Däremot om moränen har uppstått som en utsmältningsmorän är den inte så hårt packad, utan är lösare i lagringstätheten¹.

Kornform

Kornformen har också stor betydelse för transport och erosion. Kornen är sällan helt kulformade. Ytan brukar däremot karakteriseras som rund, avrundad eller kantig. Kantiga stenar är något mer stabila mot erosion än vad runda stenar är med samma stendiameter (Sæterbø 1998:105).

1.3 KRAFTER SOM PÅVERKAR BOTTENPARTIKLAR

Bottenpartiklar påverkas av en mängd krafter då vatten rinner över dem. Beroende på hur många faktorer det finns och hur kraftigt dessa påverkar partikeln, har de svårare eller lättare att bli kvar på plats. De krafter som påverkar bottenpartiklarna är både interna och externa (Sæterbø 1998:103-108, 150-152).

- Tyngdkrafter
- Strömkrafter
- Friktionskrafter
- Kohesionskrafter

Löst material kommer att föras bort, när de yttre strömkrafterna är tillräckligt starka för att välta och lyfta partikeln. Mot strömkrafterna verkar vikt, friktion mot botten, bindningar mellan kornen, och även eventuella kemiska bindningar (Sæterbø 1998:108).

Tyngdkrafter

Tyngdkraften påverkar partikeln beroende på hur mycket partiklarna väger, se Figur 1. Under vatten påverkas partiklarna mindre av tyngdkraften (massan multiplicerat med tyngdaccelerationen) än vad samma partikel gör i luft.

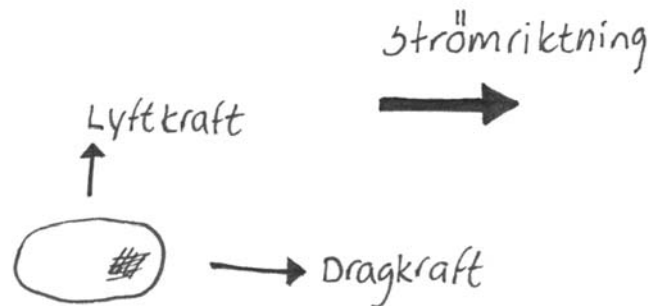
¹ Eva-Lou Gustavsson SLU, personligt meddelande 2005.



Figur 1. Visar hur tyngdkraft påverkar enkelkorn. Ritad av Jennifer Carlsson.

Strömkrafter

Vattnet påverkar botten och enkelkornpartiklar på flera sätt, och partiklarna påverkas alla olika av strömmen. I Figur 2 visas hur dragkraft påverkar enkelpartiklarna parallellt med strömriktningen och hur lyftkraften påverkar enkelpartiklarna tvärs mot strömriktningen



Figur 2 Visar hur lyft- och dragkraft påverkar enkelkorn. Ritad av Jennifer Carlsson.

Kohesionskrafter

Denna kraft består av de interna bindningar som finns mellan partiklar. Kohesion är beteckningen på elektrokemiska krafter som verkar mellan enkelkorn i en jordart. Ler och finmjåla är jordarter där kohesion är viktig. Procentinnehållet av ler är viktigt för jordartens erosionsegenskaper. I regel är ca. 10 % ler tillräckligt för att kontrollera hela jordartens egenskaper.

För botten: För kohesiva material spelar vikten av enkelkornen ingen roll för stabiliteten. Detta beror framförallt på två faktorer: a) Mellan botten och den turbulenta strömmen i vattnet finns det ett område som är lugnt, där strömmen inte rör partiklarna. Detta område kallas för det laminära gränsskiktet. De minsta partiklarna som påverkas av kohesiva krafter är så små att de får plats i detta gränsskikt, och de nås alltså inte av den turbulenta ström som finns ovanför detta lugna område vid botten. b) Små partiklar får kohesiva interna bindningar

som gör att de inte längre uppträder som enkelkornpartiklar, som också medför att enkelkornes vikt inte har någon betydelse.

I slänt: Glidhållfastheten är den samlade effekten av friktion och kohesion. Jorden påverkas hela tiden av olika krafter. Beroende på släntlutning, jordens egenskaper, vattenmängd mm. är slänten stabil så länge allt är i jämvikt med vartannat. Då jorden är uppdelad i olika inre plattor fortsätter dessa att vara stabila så länge alla krafter är i jämvikt med varandra. Om glidhållfastheten däremot överskrids längs en inre platta på grund av vikt och strömningskrafter uppstår det ett ras. Erosion som angriper släntfoten leder ofta till ras när stabila glidplattor blir reducerade till ostabila.

Friktionskrafter

Partiklar som har kommit i rörelse, kan genom att de stöter på partiklar som ligger stilla på botten, återigen falla i ro. Kornens yta varierar och är mer eller mindre släta. De glider inte alltid lätt mot varandra utan kan fastna mot varandra och därmed stanna igen.

Friktion gör att botten av grova massor kan stå i en viss lutning utan att rasa. Maximal lutningsvinkel för ett material som bara påverkas av tyngdkraften, kallas friktionsvinkel och den är beroende av sammansättning och kornform. Material har olika friktionsvinklar i vatten och i luft. I strömmande vatten är friktionsvinkeln mindre än i lugnt vatten.

Kohesionen förstärker dock friktionskrafterna och gör att erosionen startar vid högre vattenhastighet och utvecklas långsammare än om partiklarna inte hade haft interna bindningar. Slänter med kohesionsjordar kan stå med brantare lutning än slänter med friktionsmaterial (ofta vertikala till en viss gränshöjd). Blir höjden däremot för stor uppstår en glidning i slänten.

1.4 SEDIMENTTRANSPORT

Sedimenttransport i vatten är alltid en följd av erosion. Om strömmarna i vattnet är tillräckligt starka försvagas bottenmaterialet. I älvar som för med sig sediment kommer det att ske en utväxling av partiklar på botten. Några partiklar sedimenterar, medan andra dras loss. Erosion uppstår där det försvinner mer partiklar än vad som avsätts. Detta sker när vattenströmmens transportmöjlighet ökar, till exempel då vattendragets bredd minskar med ökad skjuvspänningen som följd. En annan orsak kan vara då finare bottenmaterial blottläggs efter grävarbeten (Sæterbø 1998:113-123). De största mängderna av sedimenttransporten sker genom suspension. Som exempel kan nämnas att sedimenttransporten i Mississipifloden sker till 90% genom suspension (Miskovsky 1989).

Det finns tre olika former av materialtransport:

- a) Bottentransport, dvs att partiklar rullar eller glider längs botten;
- b) Saltation, dvs att partiklar studsar fram; eller
- c) Suspenderad transport, där partiklarna transporterar sig i vattenmassan utan bottenkontakt.

Rullande och hoppande partiklar kan i sin tur krocka stillaliggande partiklar, som efter krocken kommer i rörelse, som i sin tur krockar andra partiklar.

Följande tre parametrar kan vara utgångspunkt när man skall undersöka erosionsproblem (Vägverket 1987a:3, Sæterbø 1998:103-118):

- Vattenhastighet nära botten
- Genomsnittshastigheten i vattenströmmen
- Skjuvspänningen längs med botten

Vattenhastigheten nära botten är svår att mäta. Orsaken är att hastigheten ökar snabbt med avståndet från botten, och det är svårt att bestämma hastighetsfördelningen i gränsskiktet, speciellt när vattnet rör sig med sig material. Generellt kan det sägas att strömmen i ett vattendrag är som starkast vid ytan. Styrkan och hastigheten på vattenströmmen avtar ju närmre botten man kommer pga friktion mot vegetation och botten. Därför är det vanliga att man utgår från en medelvattenhastighet. Denna kan bestämmas enligt:

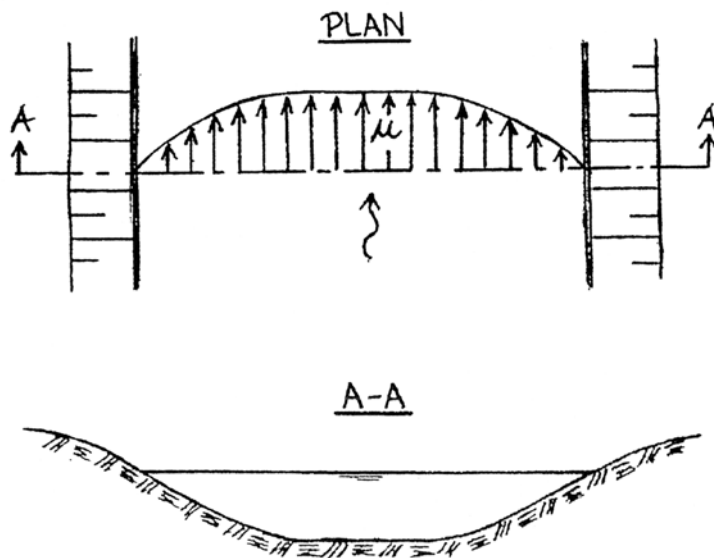
$$Q = v A$$

$$Q = \text{vattenflöde [m}^3/\text{s]}$$

$$v = \text{medelvattenhastighet [m/s]}$$

$$A = \text{tvärsnittsarea [m}^2\text{]}$$

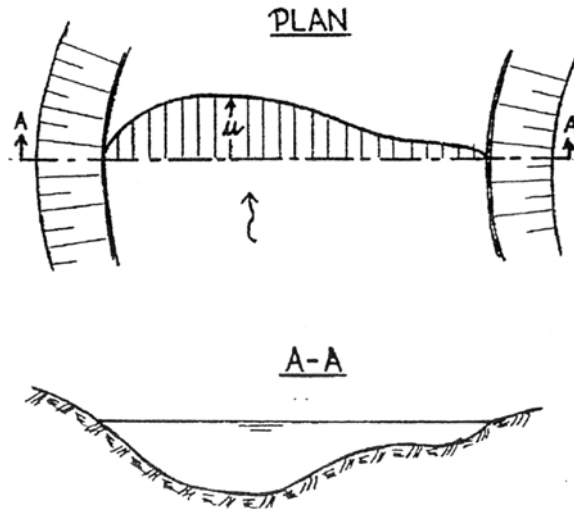
I huvudsak raka vattendrag med symmetrisk tvärsektion enligt Figur 3, utgör medelvattenhastigheten erforderligt underlag för bedömning av erosionsrisken vid en projekterad ombyggnad (Vägverket 1987a:9-10).



Figur 3. Ytvattenhastighet μ , i symmetriskt vattendrag (Vägverket 1987a:9).

I osymmetriska vattendrag och krökta fåror är vattenföringen och vattenhastigheten ojämnt fördelad, se Figur 4. I sådana fall kan hastighetens fördelning inom sektionen

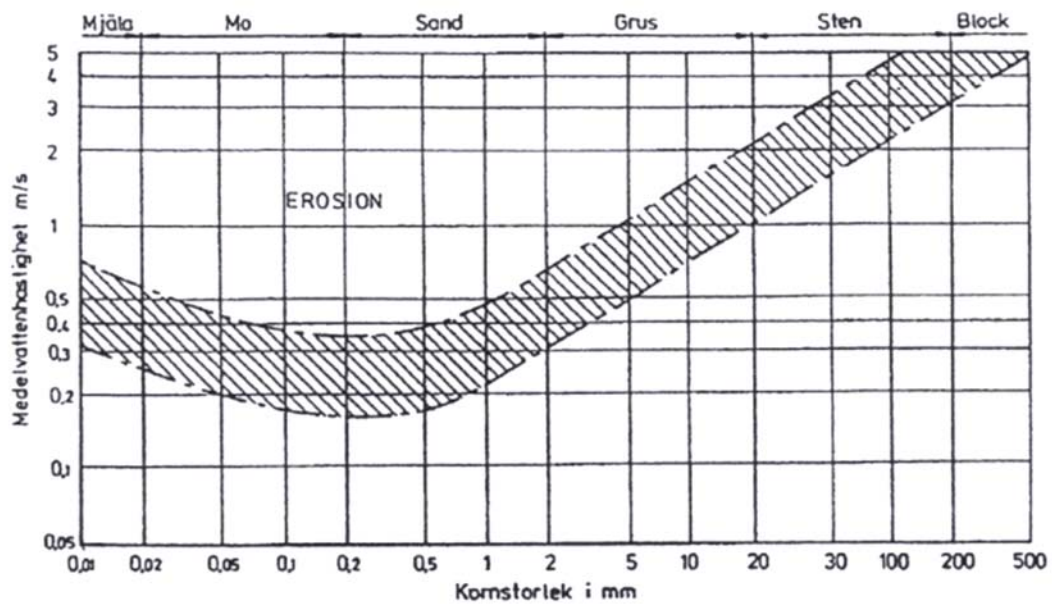
mätas med ett mätinstrument som kallas för flygel på olika nivåer i olika vertikalsnitt av vattendraget. Vattendragets morfologi och mätningar av ytvattenhastigheten ger ofta tillräckligt underlag för bedömning av erosionsfrågorna.



Figur 4. Ytvattenhastigheten μ , i osymmetriska vattendrag (Vägverket 1987a:10).

Erosion uppkommer när bottenmaterialets kritiska skjuvspänning överskrids. Skjuvspänningen är direkt proportionell mot kvadraten på hastigheten vid botten, och innebär således att skjuvspänningen ökar exponentiellt med ökande vattenhastighet. Skjuvspänning definieras som skjuvkraft per ytenhet, där skjuvkraften är den kraft som påverkar botten som yta, utan att se till enkelpartiklarna. Det är dock svårt att bestämma hur skjuvspänningen är fördelad på botten. Vidare är sambandet mellan erosionsrisk, bottenhastighet och skjuvspänning komplicerat. Man utgår därför från den högsta medelhastigheten i vattendraget.

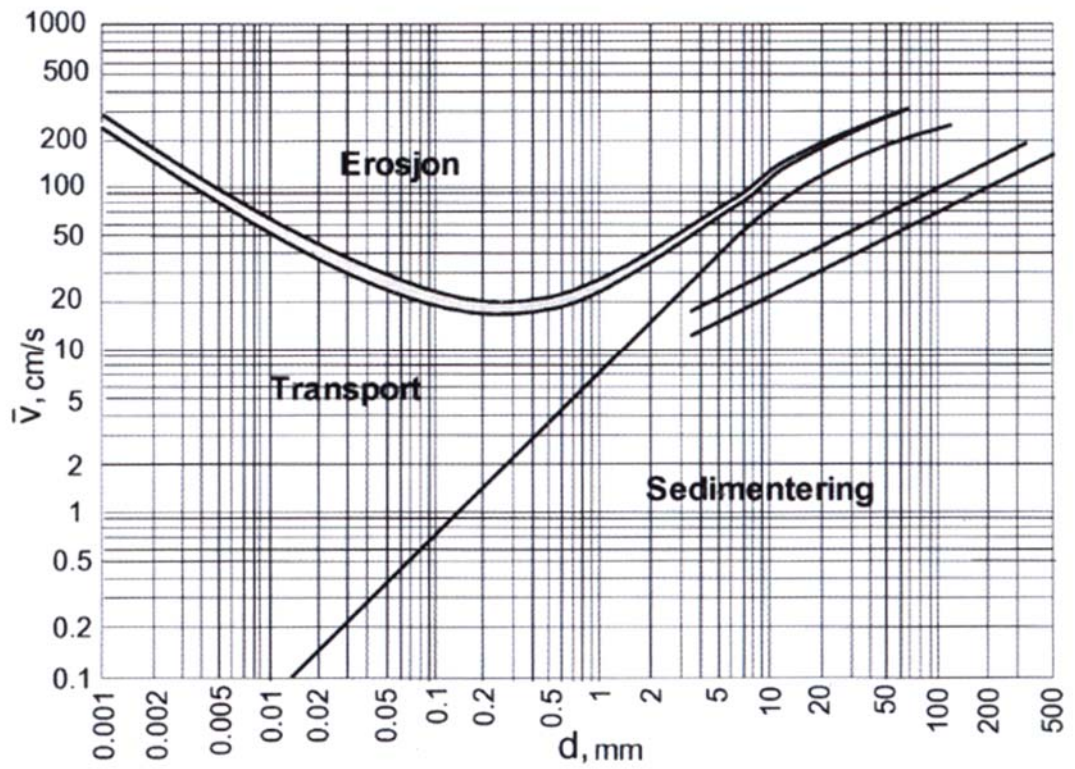
Figur 5 illustrerar inom vilka gränser för kritisk medelhastighet, erosion kan förväntas för ensgraderade sediment i raka vattendrag. Den kritiska medelvattenhastigheten baseras på olika forskares undersökningar. Det streckade bandet anger ungefärligt variationsområde för kritisk medelhastighet med hänsyn till bland annat jordens egenskaper såsom kornform och lagringstäthet, men även vattendjup. Diagrammet visar att sediment inom intervallen 0,1-0,5 mm är mest lätteroderade.



Figur 5. Samband mellan medelvattenhastighet och kornstorlek med avseende på erosionsrisk (Vägverket 1987a:4).

1.5 HJULSTRÖMS DIAGRAM

Hjulströms diagram (Figur 6) är välkänd och visar förhållandet mellan kritisk vattenhastighet, partikelstorlek, samt när det sker transport, erosion respektive sedimentering av partiklar. Det är från 1935 och baserar sig på försök med sand av enhetlig fraktion och ett relativt konstant vattendjup. Det smala området, markerat som två böjda linjer i figuren visar ett övergångstillstånd med början till erosion eller bortförsling av partiklar när hastigheten ökar. När kornstorleken kommer ner i området för 'ler' krävs det en större hastighet för att erosion skall uppstå, vilket beror på att de kohesiva krafterna ökar. När hastigheten för dessa partiklar i stället *minskar*, kommer de som redan är i rörelse, att fortsätta röra sig helt ned till den nedersta linjen i diagrammet (den linje som nästan går diagonalt igenom diagrammet) och sålunda slutligen sedimentera (Sæterbø 1998:114).



Figur 6. Hjulströmsdiagram för gränser mellan erosion och avlagring (Sæterbø 1998:115).

2. DIMENSIONERING OCH UTFORMNING AV EROSIONSSKYDD

2.1 PROJEKTERING AV EROSIONSSKYDD

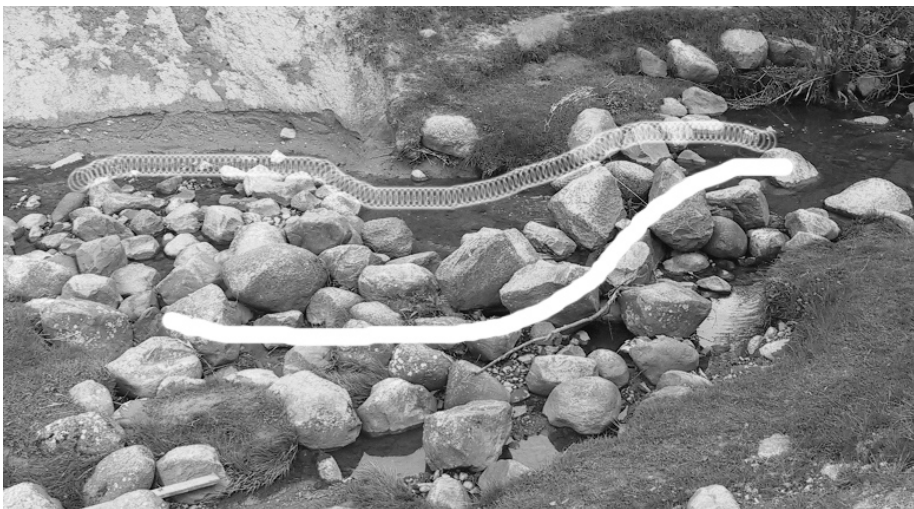
Var uppstår erosion

För att kunna dimensionera erosionsskydd för anläggningar måste man först lokalisera var erosioner kan uppstå och förstå varför den uppstår. Erosion uppstår framförallt vid in/utlopp och slänter. De in- och utlopp som utgörs av en vall med hög fallhöjd eller som består av lätteroderad jord är mest utsatta. I de fall in- och utlopp består av en bäckfåra eller ett rör brukar problemen vara mindre. För slänter är påverkan störst i områden med lätteroderad jord och där de är exponerade för häftiga regn, vågor eller is.

Vegetation är ett effektivt sätt att motverka erosion, men det kan ta lång tid för vegetation att genomrota marken. Erosionssäkring med vegetation är ett stort ämne i sig och tas inte med i denna rapport.

Erosion som följd av erosionssäkring

Skydd av vattendragens sidor kan reducera strömtvärsnittet och ge ökad vattenhastighet och skjuvspänning. Känningarna kommer att uppstå både i botten, där loppet blir trängre, och runt utstickande detaljer t.ex. i uppströms kant av skyddslagret eller vid utlagda stora stenar och utstickare (som tex brofundament). Säkringsarbete kan dessutom böja av strömmen så att den sätter i gång erosion nedströms på tidigare stabila sträckor. Detta händer särskilt när skyddet läggs osymmetriskt på raka sträckor. För att undgå erosion i övergången mellan skyddslagret och oskyddade partier, både på botten och sidorna, måste man lägga stor vikt vid att avsluta skyddsarbetet med en mjuk övergång (Sæterbø 1998:156-157). I Figur 7 ses hur vattnet passerar sidan om en samling block och på så sätt genererar erosion.



Figur 7. Det heldragna vita strecket visar den "naturliga" vägen för vattnet, men som det är idag tvingar blocken vattnet att gå enligt den glesare linjen med erosion som följd. Bild tagen av Jesper Persson.

Säkerhet och återkomsttid

Vid all form av dimensionering och riskbedömning vill man ha en säkerhetsmarginal. Denna marginal eller faktor är ibland standardiserad, men däremot alltid en bedömningsfråga. Enligt Räddningsverket (2001:12) skall risk inte enbart förstås som en fråga om sannolikheten för att en skada skall uppstå, utan också hur stora de negativa konsekvenserna är. Det är med andra ord en mindre risk att en åker översvämmas än att en motorväg gör det, även om sannolikheten är lika stor i båda fallen.

Genomgående för nedanstående dimensioneringsmetoder är att de *inte* är tydliga i fråga om säkerhetsfaktorer. Dessa kan antingen ligga inbakat i vattenflödet (dvs att man använder en större dimensionerande vattenföring än sannolik vattenföring) eller i partikeldiametern (dvs att man väljer en större diameter än vad som beräknats fram). Därför måste projektören som använder dessa metoder tänka igenom hur metoderna relaterar sig till risk; hur stor sannolikhet som finns; vilka konsekvenserna är; och vilka praxis som finns (se nedan). I det här sammanhanget kan nämnas att den dimensionerade vattenföringen som beräknas fram i *Hydraulisk dimensionering* (Vägverket 1990) är ett dygnsmedelvärde, vilket gör att maxvärdet på vattenföringen kan vara dubbelt så stor. Detta är givetvis av betydelse då en översvämmad källare eller motorväg är illa nog även om det bara är för en timme.

Vid stora byggnationer är det vanligt att dimensionera för ett 100-årsflöde eller större. För mindre projekt är ett 30- eller 50-årsflöde tillräckligt för att ge god säkerhet (Sæterbø 1998:224). Enligt *Hydraulisk dimensionering* (Vägverket 1990) rekommenderas att trummor och diken dimensioneras för vattenföringen med 50 års återkomsttid om de ligger i naturmark och med 10 års återkomsttid i urban mark. I de fall skadorna kan bli betydande kan en ökning av trummans/dikets kapacitet vara motiverad. I dagvattensammanhang använder man sig däremot av återkomsttider mellan 1-10 år beroende på om området är instängt eller ej och om området ligger inom eller utom citybebyggelse (VAV 1976). Att man accepterar en lägre återkomsttid i urban miljö beror på att det görs en vägning mellan kostnader för anläggning av det tekniska systemet och de ekonomiska kostnaderna som fås vid översvämning.

2.3 MATERIAL OCH SKYDDSLAGER

Grus, sten och block

Vanligtvis väljer man grus och sten till erosionsskydd. Sammansättningen av det valda materialet väljs så att skyddslagret skall ligga kvar på plats och inte transporteras bort (Vägverket 1987a:1). Det material man väljer till erosionsskydd skall bestå av vittringsbeständig, kristallin bergart. Hårda bergarter som granit, gnejs, och gabbro är lämpliga, medan lättroderat material som skiffersten inte bör användas. (Sæterbø 1998:300). Vidare skall kornfördelningen ha en ”hängande kurva” och vara utan partikelsprång. Alla kornstorlekar måste finnas med. En hängande kurva innebär att det finns en låg volymprocent av de finare kornstorlekarna med och att det successivt blir mer av de större (Vägverket 1987a:16).

Om det är möjligt att finna, skall formen på den sten och block man använder vara kubisk. Den bör dessutom inte vara mer än 3 gånger så lång som den är bred för att bli stabil som erosionskydd (Vägverket 1987a:16).

Befintligt älvmaterial

För att få erosionskyddet att passa in i landskapet måste man anpassa det både till landskapets och till vattendragets egenart. Sten från större vattendrag är i de flesta fall dåligt anpassad som erosionskydd. Med undantag från de översta delarna av bottenlagret är sten från tex en älv oftast liten och har en avrundad yta efter transportslitage. Detta gör att erosionskydd av älvsten är mindre solid än kantig sten från ett stenbrott. När älvsten ändå används är det i samband med att den är billig, att den kan finnas i stora mängder och att den passar bra in i omgivningen. Vid sådana tillfällen blir effekten en något flackare utformning av slänterna, samt att reparationer och återfyllning måste göras kontinuerligt (Sæterbø 1998: 177, 215).

Vad som är viktigt att påpeka är att vattendragets plats i naturen och i kulturlandskapet bör bevaras så långt som det är möjligt. Mångfald och variation i utformning och linjeföring är viktig både ur biologisk och ur estetisk hänsyn. Människans användning av vattendrag och dammar till friluftsliv, rekreation och undervisning bör upprätthållas och inarbetas i planerna.

Skyddslager

Om natursten skall användas som material till erosionskydd är det speciellt viktigt att bestämma vilken typ av utläggning som skall göras, hur tjockt skyddet skall vara och vilken fraktion man skall använda. Det finns flera olika tekniker för att placera ut erosionskydd. Skyddslager läggs antingen som lagerfilter eller blandfilter.

- Lagerfilter är ett filter som läggs ut i olika lager, där man ökar på kornstorleken successivt från botten upp till lagrets yta, dvs mindre material underst och grövre överst.
- Ett blandfilter är ett filter där alla kornstorlekar blandas samman.

Spännvidden i ett filterlagers kornfördelning får inte vara för stor med hänsyn till risken för separation vid utläggning. Om större sten än 300 mm erfordras bör erosionskyddet därför läggas ut i två lager. (Hjelm-Hansen 1982:61)

Exempel. Om fraktionen 0-600 mm föreskrivs som erosionskydd, kan erosionskyddet delas i fraktionen 0-300 mm som utläggs i första omgången (0,6 m tjockt), fraktionen 300-600 mm utläggs i nästa omgång och kommer att utgöra erosionskyddets överyta (0,6 m tjockt). Total lagertjocklek för fraktionen 0-600 mm = 1,2 m, se nedan i Tabell 2.

Filtermassorna bör alltid läggas ut på ett avjämnat underlag, för att säkerställa att filtrets tjocklek blir vad det ska vara överallt. Grusfiltret för små dammar bör vara minst 0,3 m tjockt, men kan med fördel ökas till 0,5 m (Hjelm-Hansen 1982:61).

Med fiberduk som övergångsskikt mellan bottenmaterial och filter kan i huvudsak ensgraderad sten användas. I tabell 2 ges riktvärden för minsta lagertjocklek vid olika fraktioner.

Arbetet kan ofta förenklas om man använder fiberduk. Duken måste passas till och läggas så att det är helt säkert att den överallt får god kontakt mot in- och utloppets väggar. Vid skarvning av fiberduken måste den minst överlappa 0,5 m. (Hjelm-Hansen 1982:61, (Vägverket 1987a:1,16).

Tabell 2. Exempel på minsta lagertjocklek vid olika fraktioner (Vägverket 1987a:16)

Fraktion, mm	d_{50} , mm	Lagertjocklek, m
0-50	≥ 35	0,5
0-100	≥ 70	0,5
0-300	≥ 200	0,6
0-500	≥ 350	1,0
0-600	≥ 400	1,2

Anläggning

Vid små dammar är det som regel mest praktiskt att lägga ut släntskoningen och det underliggande skyddslagret efter att själva dammvallen är färdig. Men uppbyggnaden kan också följa dammvallen, det vill säga att man börjar bygga vid släntfoten och följer byggnationen uppåt, så som den görs vid större dammar. Denna metod kan med fördel användas där vattnet i magasinet stiger medan dammen byggs upp (Hjelm-Hansen 1982:61).

När ett filter anläggs av stenigt grus måste man se efter att det inte uppstår stensamlingar. Detta kan förekomma om man tippas av ett billass. I detta fall kan lasten separera, varvid filtermassor av stenigt grus därför inte bör tippas direkt på plats. Om man ser att det förekommer stensamlingar efter att man har tippat lasset på annat ställe bredvid byggnationen, bör man se till att massan blandas för att den ska bli så homogen som möjligt. Därefter läggs filtermassan ut på plats med lämplig maskin, t.ex. traktorgrävare eller grävmaskin. Filtermassan måste därefter packas med vibratormaskin och på så sätt komprimeras (Hjelm-Hansen 1982:61).

2.5 DIMENSIONERING AV SLÄNTER

Dammens slänter utsätts för påfrestningar av vågor, nederbörd, is och tjäle. Det är som regel vågor som ger de största skadorna på dammens slänter, men även andra faktorer som rasvinklar och jordens sammansättning påverkar hur kraftig slänlutningen kan byggas utan att erosion uppstår.

Stenskning

Slänter i större dammar skyddas ofta med sprängsten, eftersom de utsätts för stora påfrestningar av bland annat vågor, nederbörd och is. Stenen måste läggas noggrant, så att varje sten placeras så nära som möjligt till nästa sten för att göra ytan jämn och

tät. Det får inte förekomma stora hålrum mellan stenarna där vågor kan skölja bort finare material (Hjelm-Hansen 1982:42-43, 61).

Tabell 3 visar nödvändig storlek i släntbeklädningen, vid en släntlutning på ca 1:3. Vid brantare slänt måste blocken vara större. Vid 1:2 bör minsta blockstorlek multipliceras med 1,5. På vissa ställen kan det vara nödvändigt att öka på skyddets tjocklek så att den blir 2 gånger blockstorleken. Det kan även vara önskvärt för att reducera skötselarbetet, då det kraftigt minskar vegetationsetableringen (Hjelm-Hansen 1982:42-43).

Tabell 3. Nödvändig blockstorlek i släntbeklädningen, vid en släntlutning på ca 1:3.

Största magasinlängd (mått på dammen)	Minsta blockstorlek (minsta diametern)
1000-500 m	0,4 m (120 kg)
500-200 m	0,3 m (50 kg)
Mindre än 200 m	0,2 m (15 kg)

Det finns många exempel på avsaknad av lämpligt filterlager som gjort att många dammar fått skador då de fina materialen i massorna har sköljts ut. Därför måste man lägga ett filterlager av t.ex. stenigt grus mellan tätningsmassan och skoningen, alternativt fiberduk (Hjelm-Hansen 1982:42-43, Sæterbø 1998:201).

För dammar med magasin som har en bredd mindre än 200 m, kan man använda sten ifrån t.ex. ett stenbrott där minst halva mängden sten har större diameter än 0,2 m. Tjockleken på lagret bör då inte vara mindre än 0,5 m, och underliggande filterlager kan som regel slopas (Hjelm-Hansen 1982:42-43).

Sten i slänt eroderar lättare än stenen på den horisontella botten. Säkerheten mot toppen av slänten bör vara minst 40-50 cm (Sæterbø 1998:112, 224).

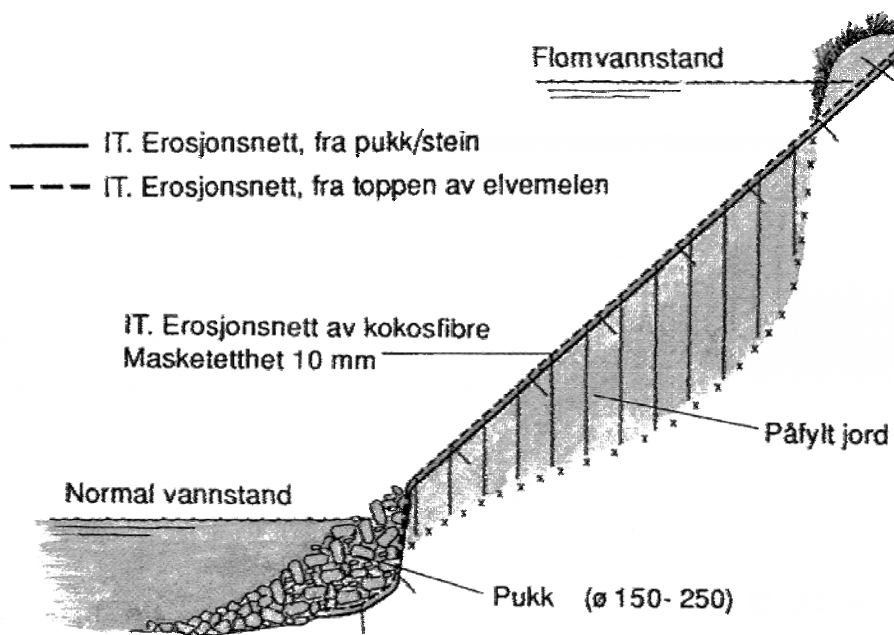
Om man använder speciella plattor eller särskilt flata stenblock måste man eventuellt ta hänsyn till lyftkraften som nämns tidigare under 1.3.3 (se vidare i Sæterbø 1998:156).

Kokosmatta

Släntyteförstärkande och erosionshindrare mattor, dukar och geonät, brukas i vägslänter och älvsidor. Dessa material är framförallt till för att gynna en etablering av vegetation.

Det finns många materialtyper som har olika bruksområden. Indelningen av dessa sker efter basmaterialet, som kan vara organiskt nedbrytbart material (halm och fibrer) eller oorganiska material (plast, polyester och stål). Mattor eller nät av kokosfibrer ingår i gruppen geotextilier och är framställda av naturliga material som nedbryts 100 % biologiskt efter att de har fyllt sin funktion, vanligen efter 5-10 år beroende på klimat. Nät har hög stryktålighet och goda filtreringsegenskaper som fångar upp gräsfrö, sand, lera och jordpartiklar. Principskiss för utläggning av kokosmatta visas i Figur 8. Principen för förankring av matta är att den förankras

med sten i släntfoten. Uppe i slänten fästes mattan med hjälp av träspik, 200 – 300 mm långa (Sæterbø 1998:217-220).



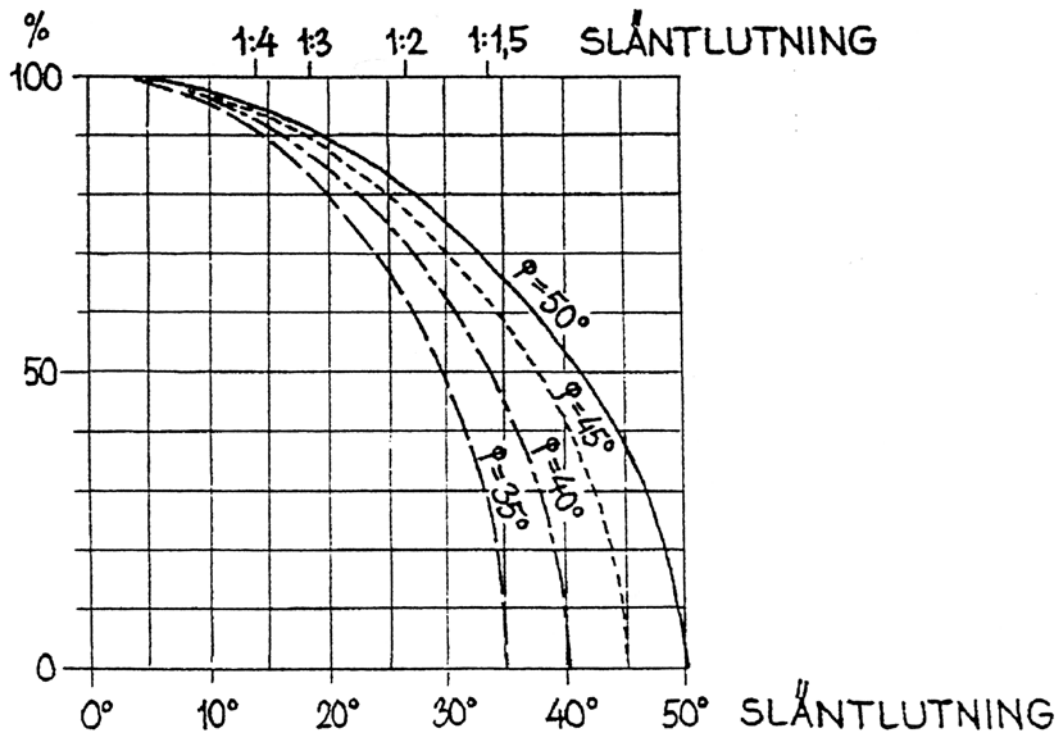
Figur 8. Principskiss för utläggning av kokosmatta. (Sæterbø 1998:217)

Släntlutning

Om man inte genomför egna stabilitetsberäkningar för släntlutning rekommenderas en lutning på 1:3. Tätningsmassor som finkornig morän ligger inte stabilt i slänten om det är brantare än 1:3, medan mer grovkorniga tätningsmassor kan fungera bra i lutningar på 1:2,5 eller 1:2. Vanligtvis måste man räkna med större skador ju brantare slänten är. Används sprängsten kan lutningen oftast ökas till 1:1,5 (Hjelm-Hansen 1982:42, Sæterbø 1998:205-207). Det är också möjligt att variera släntlutningen så att den översta delen av slänten har lutningen 1:1,5 – 1:3 och den nere delen (vid släntfoten) 1:4 – 1:5. Flacka slänter skapar lättare tillträde till vattendraget för människor och djur. (Sæterbø 1998:204). Erosionskydd på slänt under vatten bör inte utföras i brantare lutning än 1:2 (Vägverket 1987a:15).²

Utöver krafterna av vattenströmmen påverkas skyddslager på slänt även av tyngdkraften. Därför är den kritiska gränshastigheten för material på slänt lägre än för material på horisontal yta. Detta visas i Figur 9 (Vägverket 1987a:15).

² I större älvar skall stenskoningen som regel föras ned i älvbotten i en 1-2 m djup släntfotsgrop. Denna förstärkning är även bra för fisk som finner bra gömställen mellan stenarna. Läs mer om detta och alternativa lösningar i Sæterbø (1998:205-207).



Figur 9. Kritisk hastighet för material på slänt i procent av hastigheten på horisontal yta som funktion av släntlutning och materialets friktionsvinkel (Vägverket 1987a:15).

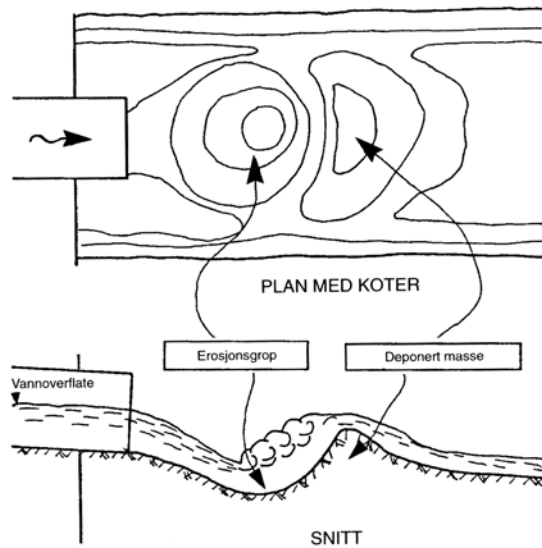
2.6 EROSION EFTER LEDNING

Figur 10 visar erosion och deposition vid utloppet av en ledning. Nedströms ledningen bildas ofta ett vattenståndssprång, erosionsgrop och en sedimentationszon. Ett vattensprång bildas nedströms ledningen, på grund av skillnaden i hastighet som uppkommer då tvärsnittsytan blir mycket större utanför ledningen. I området fram till vattensprånget kan botten erodera. Här bildas ofta en erosionsgrop där material förts bort av vattnet. Något längre ned har vattnets hastighet reducerats och här bildas en kulle av massor som deponerats. Inlopp måste därför som regel erosionssäkras.

I Tabell 4 visas exempel på konstruktioner vid utloppet som är lämpliga vid olika kulvertdiameter och vattenhastigheter (Sæterbø 1998:349).

Tabell 4 Vägledning i erosionssäkring.

Kulvert diameter mm	Typisk hastighet m/s	Konstruktion vid utlopp
< 600	2-3	Skoning
600-1000	3-4	Tyngre stensättning
> 1000	> 4	Speciella energidödare

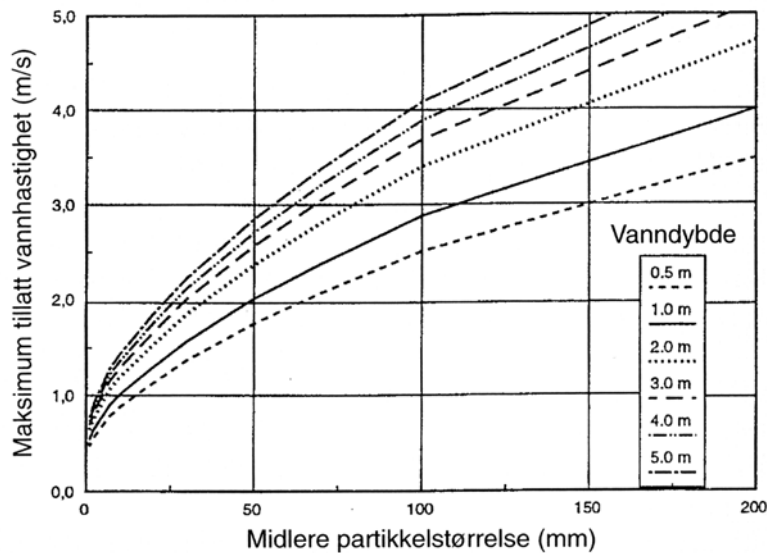


Figur 10. Kulvertutløpp som viser erosjonsgrøp, vattenståndssprång och deponerade massor (Sæterbø 1998:347).

2.7 DIMENSIONERING AV BOTTEN

Metod 1.

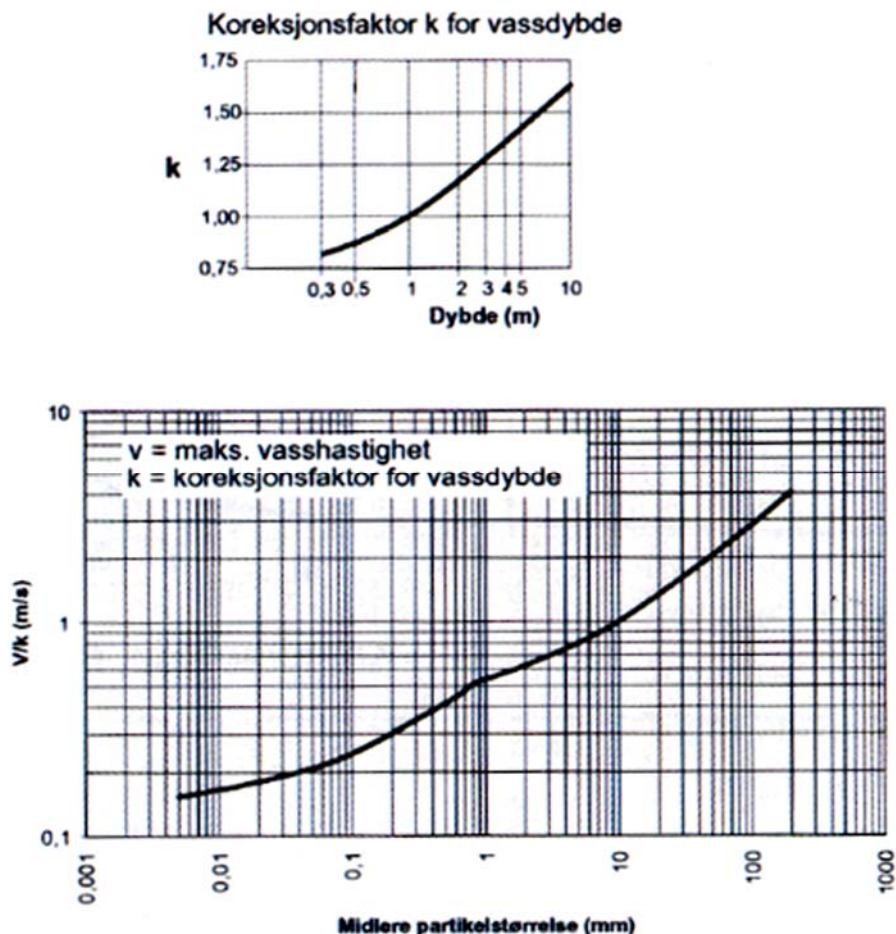
Enligt Sæterbø (1998:347-348) finns ett samband mellan den maximala vattenhastigheten som kan tillåtas och partikelstorlek där erosion kan undvikas, se Figur 11.



Figur 11. Största tillåtna vattenhastighet (Sæterbø 1998:348).

Metod 2

Figur 12 visar ett diagram sammansatt av dimensioneringsregler från USA och USSR. Det bygger på erfarenhet och har inbakat en rimlig säkerhetsmarginal. Den baserar sig på vattenhastighet korrigerad för vattendjup. En djupfaktor k tas från det lilla diagrammet, där $k = 1$ vid 1 meter vattendjup. Vattenhastigheten reduceras till v/k , som man sedan sätter in i huvuddiagrammet. Märk att samma vattenhastighet kräver större stabil sten ju mindre vattendjupet är (Sæterbø 1998:156).



Figur 12. Praktisk dimensionering av skyddslager av vanlig sten, 2650 kg/m^3 , på flat botten. Bygger på föreskrifter från USA och USSR (Sæterbø 1998:156).

Exempel. Om man utgår från ett vattendrag som är 3 meter djup, går man in i den översta tabellen i Figur 12 och får då ett värde på k till ungefär 1,25. Vid en maxhastighet på vattnet till 3 m/s reducerar man vattenhastigheten med v/k till 2,4 m/s (dvs $3/1,25$). Det värdet ger i det nedre diagrammet en minsta stenstorlek på erosionskyddet på 70mm.

Metod 3.

Följande metod finns i *Erosionskydd i vatten vid väg- och brobyggnad* (Vägverket 1987a:15) under avdelningen för skydd mot lokal erosion vid brofästen. Det bör påpekas att denna har en inbyggd säkerhetsfaktor på 50 %, vilket gör att en dimensionerande vattenhastighet är 50 % större än medelhastigheten. I de tidigare

metoderna kan man antingen lägga till en säkerhetsfaktor på vattenflödet eller så gör man det på diametern (se även *Säkerhet och återkomsttid* i avsnitt 2.1). En annan skillnad är att man med denna metod inte tar hänsyn till vattendjupet.

Mot allmän erosion skall stenstorleken d_{50} i skarpkantigt krossat eller sprängt material uppfylla villkoret:

$$d_{50} = 0,02v_{\text{dim}}^2$$

, där $v_{\text{dim}} = 1,5 v_{\text{medel}}$

d_{50} = stenstorleken i meter hos materialet som utgör 50 % av kornfördelningen [m]

v_{dim} = dimensionerande vattenhastighet [m/s]

v_{medel} = vattnets medelhastighet [m/s]

Största stenstorleken d_{100} skall uppgå till cirka 1,5 d_{50} . Stenarna i ytlagret skall vara ungefär lika stora. Vidare skall erosionsskydd av naturmaterial ha 10 % större korndiameter än kantigt material.

För att det naturliga bottenmaterialet, basmaterialet inte skall spolats bort genom erosionsskyddet måste detta vara i visst förhållande till basmaterialet. För sediment av sand och grus gäller att erosionsskyddets stenstorlek (D) bör relateras till basmaterialets stenstorlek (d) enligt:

$$\frac{D_{15}}{d_{85}} \leq 5$$

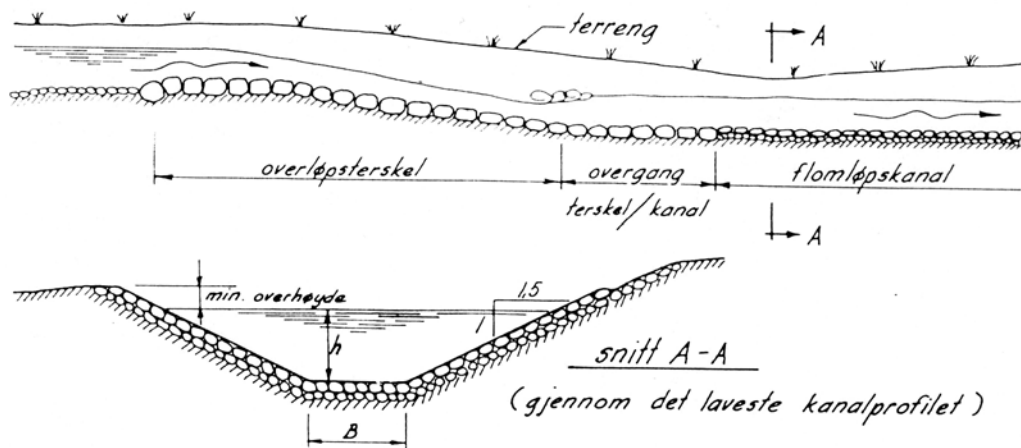
$$5 < \frac{D_{15}}{d_{15}} < 30$$

$$\frac{D_{50}}{d_{50}} \leq 25$$

Tillämpningen av filterreglerna utgår från basmaterialets kornfördelning. För månggraderad morän erfordras emellertid siktning av mycket stora volymer för bestämning av kornfördelningen (Vägverket 1987a:13).

2.8 DIMENSIONERING AV STENSKONING AV KANAL

Följande rekommendationer följer Hjelm-Hansen (1982:50-52) och visar stensättning av kanal enligt Figur 13. Stensatta sidor utföres som regel med en lutning på 1:1,5, men rekommenderas att göras flackare.



Figur 13. Kanal i lösmassor (Hjelm-Hansen 1982:50).

I Tabell 5 står det angivet hur stora stenar som behövs vid skoning av kanalens botten och sidor. De angivna stenstorlekarna är baserade på sorterad sten, där storleken är så enhetlig som möjligt. De angivna storlekarna skall betraktas som minsta möjliga storlek och det är en förutsättning att varje sten ligger helt nära grannstenen. Dessutom bör hela skoningen ha jämnast möjlig yta, utan större ojämnheter och hålrum som kan ge angreppspunkter åt vattnet (se även Figur 4).

I kurvor på vattendraget måste den yttre sidoslätten skos med större stenar än det som angivits i Tabell 5. Detta då den yttre slätten påverkas mest av erosionskrafterna som verkar i vattendraget.

Tabell 5. Nödvändig stenstorlek för kanaler i lösmassor. Tabellen anger nödvändig minsta stendiameter, med tillhörande vikt för skoning av botten och sidor, med lutning 1:1,5 (Hjelm-Hansen 1982:52).

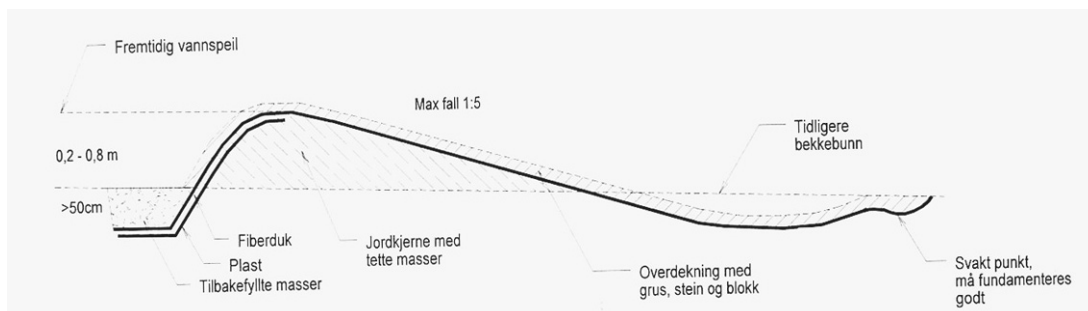
Kanalens fall	Vattendjup					
	0,2 m	0,5 m	0,8 m	1,0 m	1,2 m	1,5 m
1:10	0,30 m (50 kg)	0,70 m (600 kg)	(1,20 m)			
1:20	0,15 m (5 kg)	0,35 m (80 kg)	0,60 m (400 kg)	(0,75 m)	(0,90 m)	(1,10 m)
1:50	Mindre sten (Ev gräs)	0,15 m (5 kg)	0,25 m (30 kg)	0,3 m (50 kg)	0,35 m (75 kg)	0,45 m (170 kg)
1:100	Mindre sten (Ev gräs)	Mindre sten (Ev gräs)	0,15 m (5 kg)	0,15 m (5 kg)	0,20 m (15 kg)	0,25 m (30 kg)
1:200	Mindre sten (Ev gräs)	Mindre sten (Ev gräs)	Mindre sten (Ev gräs)	Mindre sten (Ev gräs)	0,15 m (5 kg)	0,15 m (5 kg)

Där kravet på minsta diameter inte är högre än ca 0,20 m, kan det i stället för sorterad sten användas samkross från stenbrott. Det bör då undersökas att massorna är så grova att en väsentlig del består av sten med minsta stendiameter större än ca 0,15 m. Tjockleken på skyddslagret av sådana massor bör inte vara mindre än 0,5 m (Hjelm-Hansen 1982:52).

Om den naturliga botten och sidorna i diket består av massor som lätt grävs ut av rinnande vatten, måste man lägga in ett filterlager under stenskoningen. Vid mer motståndskraftiga massor till exempel moräner är det som regel bara nödvändigt vid kanaler med skoning av sten som är större än 30 kg. Om det skall byggas i siltig eller sandig mark, bör alltid sakkunnig hjälp sökas hos konsult med denna typ av erfarenhet. Undantag ifrån detta bör endast göras om vattenföringen är liten och fallet är lågt, och en utgrävning av massorna inte kan orsaka några större skador.

2.9 DIMENSIONERING AV MINDRE JORDTRÖSKLAR

I Norska Instituttt for landskapsplanleggings (1998:29-31) rapport finns det en beskrivning på hur en jordtröskel eller jordvall är uppbyggd. I Figur 14 visas vallen, som består av en jordkärna, helst ler, och som lutar 1:5 på nedströms sida. I det fall kärnan inte består av lera kläs uppströmssidan med fiberduk och plast för att minska vattenflöde genom vallen. Nedströmssidan täcks med erosionsskydd i form av grus (2 mm-6 cm), sten (6-20 cm) och block (>20 cm). Denna typ av uppbyggnad är lämplig för mindre fall på cirka 0,5 till 1.5 meter. I rapporten finns även beskrivningar på permeabel vall, vall med skedformat överfall och vall bestående av hoppstenar.



Figur 14. Jordvallens uppbyggnad.

3. EXEMPEL PÅ EROSIONSPROBLEM

I följande avsnitt uppmärksammas att det finns problem med erosionssäkring. I många fall har man antingen projekterat fel eller inte följt arbetsritningarna.

3.1 VALLAR

Svankällan

I Figur 15 visas ett underdimensionerat erosionsskydd i ett utlopp från Svankällan på Hisingen, utanför Göteborg. Resultatet har lett till att en stor del av de minsta fraktionerna har följt med vattenflödet och lagt sig i vattendraget. I detta fall var det dimensionerade flödet (HHQ₅₀ år) beräknat till 700 l/s.



Figur 15. Ett underdimensionerat erosionsskydd i ett utlopp som medfört att en stor del av befintligt erosionsskydd glidit ner i bäcken. Bild tagen av Jesper Persson.

Damm nr. 19 i Östra Torn

Östra Torn är ett relativt nybyggt område som finns bakom Ericsson i Lund. Där finns tre dagvattendammar som är kopplade till närliggande bostadsområde. Närmst bostadsområdet ligger damm nr. 18 och 19, och från dessa leds vattnet ner via ett öppet stenkällare dike till ytterligare en damm. Inloppet till damm nr. 19 kommer norrifrån och har en stor höjdskillnad innan den ansluts till dammen. Denna höjdskillnad (kring 2 m) från uppströms dike ner mot dammen, har tillsammans med ett underdimensionerat erosionsskydd bidragit till erosion av underlaget, se Figur 16.

Ett överslag gav att det dimensionerade flödet borde ligga kring 800 l/s^3 , vilket måste ses som betydande. Det var synbart att erosionskyddet vid släntfoten var betydligt mindre än i kanalen uppströms. Oavsett om detta beror på att erosionskyddet spolats bort eller varit underdimensionerat, är resultatet att en fiberduk syns och att inloppet är än mer oskyddat mot erosion.



Figur 16. Bilden visar anslutningen av norrgående dike med kraftigt fall ner till damm 19. Bild tagen av Jesper Persson.

Färgelanda och Fyllinge

Ett exempel där det gått illa är ett utlopp beläget vid Färgelanda, Figur 17. Här har i princip all sten och mindre block eroderat ner till bäcken. Som en kontrast till figurerna 15-17 står ett gediget erosionskydd i en damm i Fyllinge, Halmstad (Figur 18).

3.2 BOTTEN EFTER UTLOPP

Rinnebäck, Värpinge

I det lilla samhället Värpinge utanför Lund finns området Rinnebäck, som består av en naturlig bäckravin. Längst uppströms mynnar två stora dagvattenledningar. Strax nedströms dessa finns en mängd stora stenblock (0,2-0,7 m) placerade, som ett resultat av naturlig erosion (Figur 19). Dessa stenblock fungerar nu som bromsklossar på vattnet och gör att vattnet tappar energi, och att vattenhastigheten därmed minskar.

³ Enligt Bertil Larsson, Rörmätschef, finns all projekteringsdata hos SWECO. Enligt tillgänglig information *Dagvattenkonsekvensstudie, Östra Torn III*, rapport 2004-11-12, kan siffran 800 l/s beräknas utifrån antagandet om en hårdgjord yta på 6 ha, ett 10 minuters regn med återkomsttid 10 år, samt att hela området är verksamt

På flera ställen i ravinen är slänterna öppna sår på grund av att erosion har uppstått. Vattnets påverkan på slänthöjden har gjort att den har grävts ur och underminerats. När det har skett tillräckligt kraftigt har delar av slänten rasat ned i bäcken. Man kan se på Figur 20 hur olika jordarter bildar flera lager. Överst finns cirka 0,5 m brunjord som är beklädd med gräsvegetation. Under denna finns ett 0,5 meter mäktigt skikt med lerig morän. Därunder kommer ett 3-4 m mäktigt skikt av lerig grus och sen 0,5 m grusig lera.



Figur 17. Exempel på ett kraftigt högflöde som skadat erosionsskyddet. Eventuellt har den höga fallhöjden gjort att slänthöjden eroderat först, varvid detta lett till ett ras. Bild tagen av Jesper Persson.



Figur 18. Ett exempel på ett till synes väl dimensionerat överfall. Bild tagen av Jesper Persson.



Figur 19. Rinnebäcksravinen i Värpinge utanför Lund. Bild tagen av Jesper Persson.

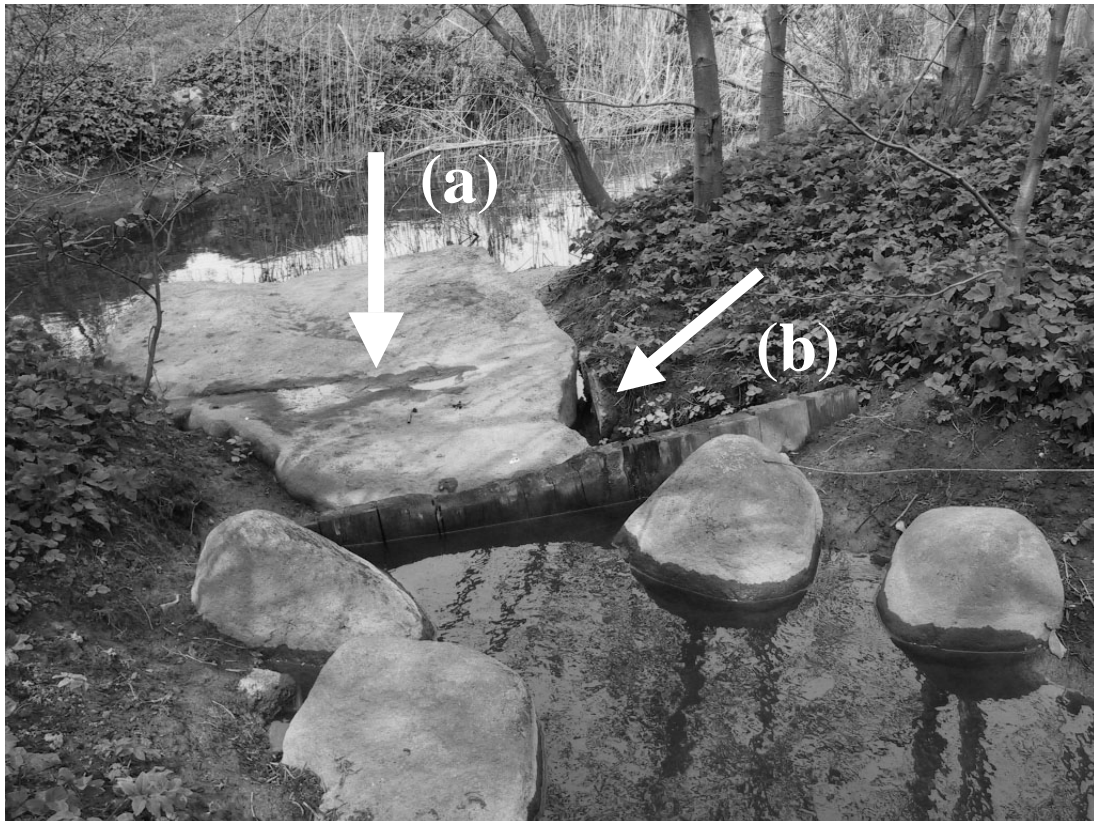


Figur 20. Kraftig erosion av slänt. Bild tagen av Jennifer Carlsson.

3.3 FÖRDÄMNING

Husie Mosse, Malmö

Längs med den östra delen av Amiralsgatan är Husie Mosse anlagd. Dammen tar emot vägdagvatten och är ett bra exempel på dels bristande erosionskydd, dels en misslyckad åtgärd för att hindra vidare erosion. Figur 21 visar utloppet som består av en sten som vattnet är tänkt att passera över (se pil a). Avsaknaden av erosionskydd har däremot lett till att vattnet istället gått sidan om stenen och eroderat bort jord (se pil b). Detta har i sin tur sänkt vattenytan och tvingat allt vatten att gå på sidorna med följden att erosionen ökat ännu mer. För att åtgärda skadan har man placerat ut ett träplank för att höja vattenytan och få vattnet att åter gå över stenen. Detta måste ses som ett misslyckande. För det första har planken inte varit täta, vilket gjort att vattnet fortsatt att gå vid sidan om stenen. För det andra skulle planken ändå inte hjälpa eftersom den är placerad en bit från stenen, med effekten att det ändå skulle ha funnits möjlighet för vattnet att transportera sig sidan om stenen.



Figur 21. Misslyckad erosionssäkring såväl som misslyckad reparation. Bild tagen av Jesper Persson.

REFERENSER

- AB Svensk Byggtjänst. (1998). *Anläggnings AMA 98, Allmän material- och arbetsbeskrivning för anläggningsarbeten*. Stockholm: Svensk Byggtjänst
- Caraco, D. & Claytor, R. (1997). *Stormwater BMP Design: Supplement for Cold Climates*. [Elektronisk]; Tillgänglig: <http://www.cwp.org/cold-climates.htm> [2006-03-03].
- Carlsson, J. (2005). *Dimensionering för erosionskydd i vattendrag: litteraturstudie med fallstudie av fem dagvattendammar*. Examensarbete inom Landskapsingenjörsprogrammet, 2005:21. Alnarp: Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Dalén, U., Gegerfelt, P. & Hansson, B. (1986). *Bonniers Lilla Uppslagsbok*. 4:e upplagan. Stockholm: Bonnier.
- Fredén, C. & Wastenson L. (1998). *Berg och jord*. Gävle: Sveriges Nationalatlas Förlag.
- Hjelm-Hansen, Å. (1982). *Små dammer, Veiledning for planlegging, bygging og vedlikehold*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Institutt for landskapsplanlegging (1998). *Planter skaper bedre miljø: 1 Veileder*. Oslo: Landbruksdepartementet.
- Miskovsky, K. (1989). *Kompendium i geovetenskap*. Umeå: Umeå universitet.
- Olofsson, T. (1987). *Erosionskydd i vatten vid väg- och brobyggnad*. Publikation 1987:18. Borlänge: Vägverket.
- Persson, J. (1999). *Bestämmande faktorer vid dammutformning*. Rapport B:65. Göteborg: Chalmers.
- Räddningsverket (2001). *Olycksrisker och MKB*. Anna-Lena Göransson (Red.). Karlstad: Statens räddningsverk.
- Sæterbø, E., Syvertsen, L. & Tesaker, E. (1998). *Vassdragshåndboka. Håndbok i forbygningsteknikk og vassdragsmiljo*. Trondheim: Tapir förlag.
- VAV (1976). *Anvisningar för beräkning av allmänna avloppsledningar*. Publikation VAV P28. Stockholm: Svenska vatten- och avloppsverksföreningen.
- Wiklander, L. (1976). *Marklära*. LHS. Uppsala.
- Vägverket (1990). *Hydraulisk dimensionering: Diken trummor, ledning, magasin*. Publikation 1990:11. Borlänge: Vägverket.
- Vägverket (1987a). *Erosionskydd i vatten vid väg- och brobyggnad*. Publikation 1987:18. Borlänge: Vägverket.

Vägverket (1987b). *Utförande av erosionskydd i vatten vid brobyggnad*.
Publikation 1987:91. Borlänge: Vägverket.