

Möjligheter att minska stabilitetsrisker i raviner och slänter vid skogsbruk och exploatering

Exempelsamling över anpassningar av åtgärder för att förhindra erosion och stabilitetsproblem i slänter i samband med skogsbruk eller exploatering



Anja Lomander, Karin Lundström, Per Hazell

© Skogsstyrelsen, juni 2017

Författare

Anja Lomander, Skogsstyrelsen
Karin Lundström, SGI
Per Hazell, Skogsstyrelsen

Omslagsbild

Anja Lomander, Skogsstyrelsen
Basväg nedför brant erosionskänslig slänt i Ragunda

Projektgrupp

Bo Kristofersson, TRV
Håkan Nordlander, TRV
Margareta Nisser-Larsson, MSB
Karin Lundström, SGI
Mattias Andersson, SGI
Anja Lomander, Skogsstyrelsen
Patrik Olsson, Skogsstyrelsen
Anna Hedenström, SGU
Kristian Schoning, SGU

Grafisk produktion

Annika Fong Ekstrand

Upplaga

Finns endast som pdf-fil för egen utskrift

Best nr

1885

Skogsstyrelsens böcker och broschyrer
551 83 Jönköping

Innehåll

Förord	5
Sammanfattning	6
1 Inledning	8
2 Ordlista	9
3 Vilka åtgärder berörs och varför?	13
4 Effekter av erosion, ras och slamströmmar	15
5 Anpassning av åtgärder	16
5.1 Anpassningar utifrån vegetationsförändring	17
5.1.1 Faktorer som påverkar vegetationen	17
5.1.2 Föryngringsavverkning	18
5.1.3 Hyggesfria metoder	22
5.1.4 Gallring	25
5.1.5 Rövning	27
5.1.6 Plantering	28
5.1.7 Utveckling av flerskiktade bestånd och blandbestånd	29
5.1.8 Skogsbränsleuttag	31
5.1.9 Vegetationspåverkan inför exploatering	34
5.2 Anpassning utifrån markpåverkan	36
5.2.1 Påverkan på marken	36
5.2.2 Terrängkörning, bas- och stickvägar	37
5.2.3 Skogsbilvägar och andra liknande vägar samt vägdiken	45
5.2.4 Avlägg och andra typer av upplagsplatser	55
5.2.5 Markberedning	57
5.3 Anpassning av åtgärder med syfte att leda vatten	58
5.3.1 Förändringar i ytvattenavrinning och grundvattennivåer	58
5.3.2 Dikesrensning	59
5.3.3 Skyddsdikning	63
5.3.4 Korsande av vatten	65
6 Åtgärdande av felaktigt utförda åtgärder	69
6.1 Felaktigt avlägsnad vegetation	69
6.2 Markskador	71
6.3 Återställa skada till följd av felaktigt ledande av vatten	72
7 Vad gör man om det rasar?	74
8 Planering och kommunikation	78
9 Referenser	79
10 Läs mer	80
Bilaga 1	83
Bilaga 2	85

Förord

Under åren 2014 till 2016 har Trafikverket, Statens geotekniska institut (SGI), Skogsstyrelsen och Sveriges geologiska undersökning (SGU) gemensamt drivit projektet ”Möjligheter att minska stabilitetsrisker i raviner och slänter vid skogsbruk och exploatering”. Projektet har i huvudsak finansierats av MSB. Det övergripande målet med projektet har varit att öka kunskapen om vegetationsförändringars påverkan på förutsättningarna för jordrörelser (ras, erosion, slamströmmar och ravintillväxt) samt hur man på olika sätt kan minska den negativa påverkan. Inom projektet har därför ett antal aktiviteter genomförts som i huvudsak syftat till att:

- sammanställa befintlig kunskap, inom litteraturen och bland verksamma, om vegetationens effekt på förutsättningar för jordrörelser,
- ta fram ett underlag (i GIS-miljö) för att lokalisera vilka områden som är känsliga för vegetationsförändringar till följd av skogsbruk och exploatering,
- visa på hur man genom anpassningsåtgärder vid skogsbruk eller exploatering kan minska risken att orsaka negativa konsekvenser,
- med en genomgång av juridiska frågeställningar kopplade till området, visa vilket ansvar myndigheter, organisationer, markägare och entreprenörer har vid planering och utförande av vegetationsförändringar i känsliga områden samt vilka rättsliga påföljder försummelse av ansvaret kan ge,
- informera och diskutera med ansvariga inom olika departement behov av samverkan, nya underlag och ny kunskap.

Resultat från projektet finns presenterat i följande rapporter som kan laddas ner från Skogsstyrelsens hemsida:

- Möjligheter att minska stabilitetsrisker i raviner och slänter vid skogsbruk och exploatering. Litteraturstudie. Uppdragsrapport, Statens geotekniska institut. Uppdragsnummer 15248. Diarienummer 1,1-1401-0079, Linköping, 2016.
- Möjligheter att minska stabilitetsrisker i raviner och slänter vid skogsbruk och exploatering. Genomgång av ansvar vid utförande av skogliga förändringar, ansvar för tillsyn samt ansvar vid inträffad skada. Skogsstyrelsen, Rapport 8:2016.
- Möjligheter att minska stabilitetsrisker i raviner och slänter vid skogsbruk och exploatering. Metodik för identifiering av slänter och raviner känsliga för vegetationsförändringar till följd av skogsbruk eller exploatering. En beskrivning av framtagen metodik och presentation av resultat från testkörning. Skogsstyrelsen, Rapport 10:2016.
- Möjligheter att minska stabilitetsrisker i raviner och slänter vid skogsbruk och exploatering. Slutrapport. Skogsstyrelsen, Rapport 11:2016

Denna rapport är sammanställd av Anja Lomander och Per Hazell, Skogsstyrelsen, samt Karin Lundström, SGI. Dessutom har i projektet medverkande organisationer lämnat värdefulla synpunkter på rapporten.

Sammanfattning

Erosion, ras och slamströmmar är naturliga processer som sker kontinuerligt i mindre skala i till exempel nipor, älvbrinkar och raviner. Skogsbruk och åtgärder med syfte att exploatera kan dock också påverka eller utlösa dessa processer, inte sällan med risk för olyckor och ökade samhällskostnader som följd. Genom ökad kunskap om själva problematiken och anpassning av skogsbruksåtgärder och exploatering kan dock risken för kraftig erosion, ras eller slamströmmar utlöst av mänsklig aktivitet minskas och olyckor förhindras. Föreliggande rapport utgör en del i detta arbete.

Stabilitets- och avrinningsförhållanden i branta erosionskänsliga områden påverkas framförallt av topografi, jordens tekniska egenskaper, grundvattennivåer, belastningar, nederbörd och växlighetens typ och omfattning. Förutsättningarna för erosion, ras och slamströmmar påverkas av förändringar av vegetationen, hydrologin och belastningar i området. Vegetationsskiktet skyddar marken från nederbördens spolande verkan och rötterna verkar sammanbindande och armerande. Vegetationen tar även upp vatten och minskar på så sätt markens vatteninnehåll samt dämpar ytavrinningen. Belastningar på eller nära slänkrön och i slutningars övre delar innebär ett ökat tryck på jorden och kan utlösa ras och skred. Åtgärder som påverkar vattenmängder och vattenrörelser i marken är också riskabla, liksom blottläggning, uppluckring eller sammanpressande av mineraljorden.

Med detta som utgångspunkt kan man dra slutsatsen att de flesta åtgärder med syfte att bedriva skogsbruk eller att exploatera ett område, påverkar markens stabilitet. Att helt förbjuda skogsbruk eller exploatering av dessa områden är troligen inte möjligt och många gånger inte heller relevant. Många av områdena har en hög bördighet och därmed en hög skogsproduktion. Ett förbud skulle därmed stänga inne stora virkesvolymmer och dels orsaka inkomstbortfall för markägaren, dels kostnader i form av ersättning, för staten. Vidare behöver inte ett isolerat ras utgöra en samhällsrisk utan kanske endast leder till försämrad åtkomst eller bortfall av produktionsmark för den enskilde markägaren. Ur exploateringssynpunkt är många av dessa områden också attraktiva och kan till exempel bidra till inkomster inom glesbygd. Turistanläggningar med till exempel pister för utförsåkning anläggs ofta inom branta och erosionskänsliga områden.

Genom att anpassa åtgärder vid skogsbruk eller exploatera kan erosion, ras, skred eller slamströmmar förhindras eller riskerna för detta minskas. Generellt handlar anpassningarna om att undvika höjningar av grundvattenytan, att inte blottlägga mineraljord eller skapa koncentrerade flöden av vatten. På extra känsliga områden kan det dessutom vara tvunget att bibehålla vegetation och förna. En tät markvegetation med ett buskskikt är det som bäst skyddar markytan mot eroderande krafter. Områdets känslighet för förändringar, exempelvis genom avverkning, gallring, dikning, framförande av tunga fordon, vägbyggnation bör värderas innan åtgärd. Vidare bör man alltid lokalisera och värdera vilka konsekvenser i form av påverkan på samhället som erosion, ras eller en slamström kan få. Barmarksplanering i fält, det vill säga planering av åtgärden på plats när marken inte är snötäckt, med tydliga traktdirektiv bör vara ett

krav vid genomförande av alla typer av åtgärder inom dessa riskområden. Långvarig och kontinuerlig uppföljning av, framförallt avrinnande ytvatten, efter utförda åtgärder behövs också.

Huvudsyftet med denna rapport är att skapa en sammanställning över exempel på anpassningar av enskilda åtgärder, till exempel vad man bör tänka på vid avverkning eller byggande av skogsbilväg. Utgångspunkten för indelningen av exemplen är vilken påverkan den enskilda åtgärden har på mark, vatten eller vegetationsskiktet. Syftet med indelningen är att underlätta för läsaren att hitta exempel på anpassningar av enskilda åtgärder. Rapporten gör inte anspråk på att vara heltäckande utan är en exempelsamling med utgångspunkt från dels praktiskt skogsbruk i Sverige, Norge och Österrike, dels aktuell litteratur inom området. Eftersom flera av anpassningsåtgärderna berör större sammanhängande områden kan behovet av anpassning dessutom behöva kombineras och varierar över ett område.

Målgruppen kan betraktas som bred eftersom exempelsamlingen kan nyttjas i samhällets arbete med anpassning mot ett förändrat klimat, med bland annat kortare perioder av tjäle och fler skyfall. Den primära målgruppen är dock planerare och entreprenörer inom skogsbruk och exploatering.

1 Inledning

I exempelvis nipor, älvbrinkar och raviner utgör erosion, ras och slamströmmar kontinuerligt pågående naturliga processer, med stor betydelse för biologiska värden. Skogsbruk och åtgärder med syfte att exploatera kan dock också påverka eller utlösa dessa processer, inte sällan med risk för olyckor och ökade samhällskostnader som följd. Samhällets kännedom om hur olika åtgärder i samband med skogsbruk eller exploatering inverkar på markens stabilitet är emellertid i allmänhet begränsad. Detsamma gäller hur åtgärder i samband med skogsbruk eller exploatering inom branta områden kan anpassas för att minska risken för att erosion, ras, skred eller slamströmmar inträffar.

Syftet med denna rapport är att ge exempel på hur olika åtgärder vid nämnda situationer kan anpassas för att minimera riskerna och göra det möjligt att exempelvis bedriva skogsbruk inom branta områden. Åtgärderna är även av betydelse för samhällets anpassning mot ett förändrat klimat med bland annat kortare perioder av tjäle, fler tjälcykler och fler skyfall. Målgruppen för underlaget kan därför betraktas som bred, även om planerare och entreprenörer inom skogsbruk och exploatering i första hand berörs. Med anledning av detta har även en ordlista inkluderats.

Underlaget är inte heltäckande utan är en sammanställning över exempel med utgångspunkt från dels praktiskt skogsbruk i Sverige, Norge och Österrike, dels den litteratur inom området som sammanställts inom projektet (Statens geotekniska institut, 2016). Exempelen ska ses just som exempel och lokala anpassningar krävs på varje enskilt objekt utifrån till exempel släntens längd och lutning, kringliggande områdets topografi, jordart och jordlagers mäktighet, nederbördsförhållande, klimat och närhet till bebyggelse och infrastruktur. Ofta krävs dessutom en kombination av anpassningar. Barmarksplanering i fält, det vill säga planering av åtgärden på plats när marken inte är snötäckt, med tydliga traktdirektiv bör vara ett krav vid genomförande av alla typer av skogsbruksåtgärder inom dessa riskområden. Vid planering av förändringar av vegetationstäckningen inom ett område bör områdets känslighet för förändringar, exempelvis genom avverkning, gallring, dikning, framförande av tunga fordon och vägbyggnation, värderas.

Vidare krävs uppföljning och utvärdering av dessa anpassningar, för att eventuellt åtgärda uppkomna skador och för att öka kunskapen inom området.

2 Ordlista

Avlägg, område dit timret förs i väntan på att forslas vidare med timmerbil.

Basväg, den väg skotaren kör i terrängen för utforsling av timmer från avverkning fram till avlägget.

Barmarksplanering, planering av utförande av skogsbruksåtgärder i fält under barmarksperioden, det vill säga utan snö. Ger möjlighet att lättare se markförhållandena och anpassa åtgärderna därefter.

Barrot är en kraftig och tålig planta som odlats på friland i 3 till 4 år. Den har bra motståndskraft mot skadegörare och konkurrerande vegetation, vilket gör att den etablerar sig snabbt.

Bestånd, ett skogsområde som är likartat i till exempel ålder och därmed lämpar sig för en viss skötselåtgärd, till exempel gallring eller avverkning.

Bonitet, är ett uttryck för skogsmarkens naturgivna virkesproducerande förmåga.

Erosion, är i detta underlag transport av jordmaterial på grund av högt vattenflöde eller hög vattenhastighet

Fröträäd, är träd som lämnas kvar för att släppa sina frön och på så sätt bidra till ny skog.

Föryngringsavverkning, är den vanligaste metoden för att avverka skog, där större sammanhängande områden avverkas, det vill säga hyggen skapas.

GROT, är benämningen på skogsbränsle som utgörs av grenar och toppar som uppstår i samband med avverkning eller gallring.

Grundvatten, är det vatten som finns där jordens porer och bergets sprickor är helt vattenfyllda.

Instabil mark, mark inom vilken det, teoretiskt, inte finns tillräckligt med mothållande krafter för att hålla emot de som driver på. En liten förändring av kraftspelet, så som ökat vatteninnehåll, ökad belastning i högre liggande delar eller erosion i lägre liggande delar, kan orsaka att marken rasar.

Känslig mark, är i detta sammanhang mark som kan rasa eller erodera då vegetations- eller avrinningsförhållandena försämras.

Luckhuggning, är avverkning av ett bestånd i etapper, genom att hugga upp mindre luckor, vanligen 0,2–0,3 hektar stora.

Mark, kan i denna text betecknas som ett annat ord för jordens fasta och lösa yta.

Markberedning, utförs för att öka överlevnaden och höja tillväxten på planterade plantor samt öka antalet plantor som gror från frö. Åtgärden innebär att mineraljorden blottläggs på en större eller mindre del av hygget (vanligen harvning) alternativt att ”högar” eller ”rabatter” skapas genom att mineraljord läggs över humusen (fläckmarkberedning, högläggning). En tidigare form av kraftig markberedning, så kallat hyggesplöjning, är idag förbjuden.

Marklutning, ett mått på hur mycket marken inom exempelvis en sluttning lutar. Vid bestämning av släntlutning i fält används ofta en lutningsmätare (finns hos företag som säljer skogsmaterial). Man kan förenklat bestämma lutningen på följande sätt (se illustration och förklaring i *bilaga 1*): Två personer med känd längd ställer sig i slänten så att den personen som står längst ner ser den andres fötter när han tittar horisontellt framåt. Då vet man höjden, kallad h , i figuren. Därefter stegar man avståndet mellan personerna uppför slänten, längd a . Lutningen (kvoten h/l) räknas ut med hjälp av Pytagoras sats.

Markvatten, är det vatten som finns i marken ovan den zon där hela markens porsystem är vattenfyllt.

Medlut, när marken lutar nedåt i den riktning man avser.

Motlut, när marken lutar uppåt i den riktning man avser.

Naturlig föryngring, det vill säga när ny skog kommer upp och växer till utan att plantering skett.

Ras, innebär en rörelse av jord nedför en sluttning där de enskilda delarna (jordkorn, stenar etc.) rör sig fritt i förhållande till varandra. Ras sker i grov jord (sand, grus, morän).

Silt, en annan benämning för finsand, mo och mjäla. Jordarten är erosionskänslig och tjälbenägen.

Skogsbilväg, är en väg som används inom skogsbruket för utforsling av timmer med lastbil, från avlägg och vidare. Kan ha olika bärighetsklass.

Skogsdiken, är benämning av diken på skogsmark vilka har till syfte att varaktigt öka produktionen på marken.

Skrå, en väg går på skrå när den går längs med en höjdkurva i en sluttning.

Skred, rörelse av jord nedför en sluttning där jorden hålls ihop som en sammanhängande massa. Skred sker i finjord (lera, silt).

Skyddsdikeyn, utgörs av flacka, max 0.5 meter djupa diken med syfte att motverka den tillfälligt ökade grundvattennivån till följd av avverkningen och därmed gynna etableringen av ett nytt bestånd. Används främst på frisk, fuktig mark för att gynna snabb etablering av gran.

Skärm, till exempel skärm av fröträäd, innebär att man lämnar träd på en avverkad yta med syfte att till exempel fröa, hindra att grundvattennivån ökar eller bidra till ett bättre klimat på hygget. Beroende på syfte och trädslag kan olika täthet förekomma.

Skärmställning, se skärm

Slamström, vattenmättade jordmassor (även träd och växtdeklar) som snabbt rör sig längs bäckraviner. Inträffar i samband med intensiva nederbördstillfällen.

Slamtransport, innebär att jordpartiklar transporteras med rinnande vatten. Det orsakar dels grumling av vatten, dels att bottnar på sjöar och vattendrag sätts igen av jordpartiklar som sedimenterar. Både grumling och igensättning av bottnar påverkar vattenlevande djur och växter negativt.

Släntfot, slänthöjd, släntkrön, släntlängd, se *illustration i Bilaga 1*.

Stabil basväg eller traktorväg är en något mer stabil väg i terrängen avsedd för skotare eller annan traktor. Anläggs oftast i mer fuktiga partier eller vid överfarter av bäckar för att undvika markskador.

Stickväg, en väg i terrängen som används av skördaren och sedan skotaren för att hämta virke och köra till basvägen och sedan vidare till avlägget.

Timmervälta, är ett annat ord för timmerhög, virkeshög. Den läggs vanligen upp på ett avlägg i väntan på uttransport från skogen.

Trakt, är det område över vilket man planerar att göra en eller flera åtgärder.

Traktdirektiv, är en anvisning som bör bestå av både karta och dokumentation över vilka åtgärder som ska genomföras var och på vilket sätt inom ett område.

Trakthyggesbruk, är till skillnad från hyggesfritt skogsbruk, en metod där man avverkar och etablerar ny skog över ett sammanhängande område samtidigt. Det är den mest frekvent använda metoden i Sverige idag och ger likåldriga, en- eller eventuellt tvåskiktade bestånd över sammanhängande områden.

Traktorväg, en iordningställd väg med varaktig beskaffenhet, huvudsakligen avsedd för skogsbrukets behov där virkestransport kan ske med terränggående motorfordon, men inte med lastbil.

Underröja, innebär att ris och buskar sågas ned med röjsåg innan avverkning eller gallring. Syftet är att skördaren lättare ska kunna komma åt träden med sitt skördaraggregat vid avverkningen eller gallringen.

Upparbeta vindfällan, det vill säga kapa loss, kvista och köra ut stormfällt virke. Görs vanligen med skördare och skotare.

Vägdike, är ett dike med syfte att avvattna och därmed skydda vägkroppen. Det ska även dränera vägkonstruktion och eventuell terrass, samt leda vatten längs vägen till närmaste utloppsdike

Ytvatten, är det vatten som är synligt i markens yta och som vi ser i sjöar och vattendrag.

Överdike, är ett dike uppströms/ovanför till exempel en väg med syfte att avleda vatten innan det når vägslänten (skärningsslänten).

3 Vilka åtgärder berörs och varför?

I branta jordslänter kan ras inträffa och längs bäckraviner kan slamströmmar utlösas. Stabilitets- och avrinningsförhållanden påverkas framförallt av topografi, jordens tekniska egenskaper, grundvattennivåer, belastningar, nederbörd och växlighetens typ och omfattning. För finjord (lera och finsilt) har växtligheten dock en begränsad effekt på stabiliteten varför de jordarterna inte omfattas av den problematik som beskrivs i rapporten. Jordarter känsliga för erosion som kan utvecklas till ras eller slamström är dels moränjordar med en hög andel sand och/eller silt (mo och mjäla), dels sediment av sand eller silt.

Ytvatten som rinner längs fåror i sluttningar kan bilda djupa raviner. Ras, slamströmmar och ravintillväxt utlöses av långvarig eller intensiv nederbörd. I slänter orsakar nederbörden en höjning av grundvattenytan som i grov jord leder till minskad stabilitet. Dessutom orsakar nederbörden en ökad ytavrinning och till att vattnet letar sig nya vägar. En ökad och förändrad ytavrinning kan leda till erosion som i sin tur kan utlösa ras eller ravintillväxt. Längs bäckraviner orsakar nederbörden höga flöden som drar med sig sten, block, träd och annat ner längs bäckfåran.

Inom föreliggande projekt har en metod för identifiering av känsliga områden arbetats fram (se Lundström, m fl, 2016), i form av en GIS-applikation, vilken är uppbyggd av ett antal GIS-skikt. Med känsliga områden menas i denna rapport slänter med kraftig lutning och bäckraviner där ras, erosion och slamströmmar kan utlösas av skogsbruksåtgärder. De olika GIS-skikten utgörs av information om jordart, lutningsförhållanden, vattendrag, ravinformationer, slänthöjd, tidigare inträffade ras, i andra sammanhang utpekade känsliga områden och konsekvenser (bebyggelse, infrastruktur). Från jordartskartan har alla områden förutom områden med berg i dagen och lera tagits med eftersom vegetationen inte anses ha någon påverkan på stabiliteten inom dessa områden. Områden med silt och erosionskänslig morän utgör, i de fall de finns tillgängliga, en extra indikator på ökad känslighet. Alla områden med en slänthöjd på över 15 meter och med en lutning på över 25 grader inom dessa jordarter redovisas. Områden inom 200 meter från dessa och där marklutningen ligger mellan 10 och 25 grader har också identifierats.

Vidare har bäckar som går i ravinformationer inkluderats i underlaget. Erfarenhet visar att slamströmmar i bäckar kan uppstå om bäcken går i en ravinformation som är högst 50 meter bred och med slänter på båda sidor om bäcken som lutar minst 25 grader och är minst 5 meter höga. Dessutom krävs att bäckens botten lutar mer än 2 grader och att ravinformationen har en yta av minst 50 m². Områden som skulle kunna påverkas, det vill säga bebyggelse och infrastruktur, inom 250 meter från identifierade slänter och inom 25 meter från bäcken och inom bäckens avsättningsområde, har också inkluderats i GIS-applikationen. Med detta underlag som bakgrund erhålls en god förståelse för riskområden med avseende på jordrörelser.

Förutsättningarna för dessa jordrörelser påverkas av förändringar av vegetationen, hydrologin och belastningar i området. Vegetationsskiktet skyddar marken från

nederbördens spolande verkan och rötterna verkar sammanbindande och armerande. Vegetationen tar även upp vatten och minskar på så sätt markens vatteninnehåll samt dämpar ytavrinningen. Belastningar på eller nära släntkrön och i sluttningars övre delar innebär ett ökat tryck på jorden och kan utlösa ras och skred. Åtgärder som påverkar vattenmängder och vattenrörelser i marken är också riskabla.

Med detta som utgångspunkt kan man dra slutsatsen att de flesta åtgärder med syfte att bedriva skogsbruk eller att exploatera ett område, påverkar markens stabilitet. I *tabell 1* listas vilken påverkan som företrädesvis erhålls av vilka åtgärder.

Tabell 1. Sammanställning över vilken påverkan som erhålls av vilka åtgärder

Påverkan	Åtgärd
Avlägsnande eller förändring av vegetation	Avverkning, gallring, röjning, plantering
Påverkan på rotsystemen	Markberedning, terrängkörning, grävning, schaktning
Blottläggande av mineraljord	Markberedning, terrängkörning, grävning, schaktning, rensning av diken, byggande av vägar
Belastning av slänten	Terrängkörning, avlägg av timmer, upplag av jordmassor
Ändrade flöden av ytvatten	Avverkning, gallring, terrängkörning, vägar, diken, markberedningsfåror
Höjning av grundvattennivån	Avverkning, gallring, dämning

Under *avsnitt 5* redovisas exempel på anpassningar av åtgärder med utgångspunkt från påverkan på vegetationstäcke, påverkan på mark genom blottläggande av mineraljord, spårbildning eller kompaktering, samt påverkan på grundvattennivå och vattenrörelser.

4 Effekter av erosion, ras och slamströmmar

Effekterna av ras, erosion och slamströmmar till följd av skogsbruksåtgärder är många och i flera fall även kostsamma. Nedan följer en sammanställning av exempel som dock inte ska betraktas som fullständig eftersom effekterna varierar med lokala förutsättningar. Vidare ska listan inte heller betraktas som någon form av rankning av skadorna.

- Personskador eller i värsta fall dödsfall.
- Skadade byggnader och förlust av egendom.
- Skadade eller bortspolade järnvägar vilket ger kostnad för återställande samt stillestånd och alternativa transportsätt.
- Skadade eller bortspolade vägar, både skogsbilvägar och allmänna vägar vilket ger kostnad för återställande samt stillestånd/alternativa körvägar.
- Skadade nedgrävda el och telefonledningar, avlopp med mera. Ger kostnad för återställande samt problem i anslutning till skadan.
- Översvämningar.
- Grumling av sjöar och vattendrag och igensatta bottnar.
- Påverkad kemisk vattenkvalitet (sjöar, vattendrag, grundvatten).
- Påverkan på ytvattentäkter (kemi och partiklar).
- Igensatta trummor, dräneringar, täckdiken.
- Förlust av markyta/landareal och därmed förlust av produktionsmark, tomtmark eller andra exploateringsområden samt natur- eller kulturvärden.
- Förändrade förutsättningar för produktion till följd av att mark täcks över eller får brantare lutning, till exempel vid ravinbildning.

5 Anpassning av åtgärder

Branta sluttningar med erosionskänsliga jordarter är i hög grad bördiga eftersom hög bördighet dels är kopplad till andel finkornigt material dels tillgång på rörligt markvatten. Till detta kommer att finkorniga moräner eller sediment ofta förekommer i anslutning till vatten, som älvdalar, där det vanligtvis är ett gynnsamt klimat för jord- och skogsbruk. Flera faktorer samspelar således och bidrar till en hög skogsproduktion på flera av de områden som är branta och erosionskänsliga. Att helt förbjuda skogsbruk inom dessa områden är vanligen inte aktuellt eftersom riskerna för erosion, ras eller slamström oftast kan förhindras genom anpassning av skogsbruksåtgärderna. Förbud eller föreläggande om långtgående anpassning skulle dock kunna bli aktuellt då infrastruktur, annans egendom eller personskador riskeras. Detta skulle i sin tur kunna stänga inne stora virkesvolymen vilket orsakar dels inkomstbortfall för markägaren dels kostnader, i form av ersättning, för staten.

Åtgärder med syfte att exploatera branta sluttningar med erosionskänsliga jordarter är inte heller ovanligt. Boende med utsikt över landskap och gärna i anslutning till vatten är attraktivt. Turistanläggningar, med till exempel pister för utförsåkning, anläggs också ofta inom branta och erosionskänsliga områden.

Genom att anpassa åtgärder med syfte att bedriva skogsbruk eller exploatera kan erosion, ras, skred eller slamströmmar förhindras eller riskerna för detta minskas. Generellt handlar anpassningarna om att undvika höjningar av grundvattenytan, att inte blottlägga mineraljord eller skapa koncentrerade flöden av vatten. På extra känsliga områden kan det dessutom vara tvunget att bibehålla vegetation och förna. En tät markvegetation med ett buskskikt är det som bäst skyddar markytan mot eroderande krafter.

Nedan följer en sammanställning över exempel på anpassningar av enskilda åtgärder. Utgångspunkten för indelningen av exemplen är vilken påverkan den enskilda åtgärden har på mark, vatten eller vegetationsskiktet. Syftet med indelningen är att underlätta för läsaren att hitta exempel på anpassningar av enskilda åtgärder.

Som nämnts tidigare är exempelsamlingen inte fullständig. Behovet av anpassning gäller inom eller i anslutning till de känsliga områden som definieras i Lundström m.fl. (2016). Eftersom flera av anpassningsåtgärderna berör större sammanhängande områden kan behovet av anpassning dessutom behöva kombineras och varierar över ett område. Graden av anpassning beror också på vilka konsekvenser erosion, ras eller en slamström kan riskera att orsaka för samhället eller den enskilde. Med konsekvenser avses bland annat inverkan på hus och infrastruktur.

Slutligen bör det poängteras att alla de områden som, i framtiden metodik (Lundström m.fl. 2016), har identifierats som känsliga, inte kommer att rasa även om vegetationen förändras. Metodiken bygger på övergripande underlag och antaganden för att vara på säkra sidan. För att få bättre underlag för vilka förändringar av vegetationen och belastningar som ett specifikt område tål kan geotekniska och hydrologiska

undersökningar och analyser utföras. Dessa kan leda till att det är möjligt att exempelvis slutavverka i ett visst område, även om det i den övergripande metodiken pekats ut som känsligt. Dessa undersökningar och analyser bör utföras av sakkunnig person. För att möjliggöra körning krävs dessutom alltid någon form av körning i terrängen och ibland även anläggande av skogsbilvägar. Vi vill därför understryka att alla typer av vägar i kraftig lutning och över vattendrag i ravinformationer kan, om de utförs felaktigt eller inte underhålls, utlösa ras, erosion och slamströmmar.

5.1 Anpassningar utifrån vegetationsförändring

Detta avsnitt utgår från vegetationens betydelse för markens stabilitet. Inledningsvis görs en kort redogörelse för såväl naturliga som antropogena faktorer som har betydelse för vegetationen. Därefter beskrivs hur olika åtgärder som har stor påverkan på vegetationstäcket kan anpassas för att minska risken för erosion, ras eller slamström i branta områden.

5.1.1 Faktorer som påverkar vegetationen

Vegetationen i form av fält-, busk- och trädskikt är ett viktigt skydd mot erosion, och förändringar i vegetationens sammansättning kan såväl öka som minska risken för erosionsskador. Hur vegetationen i skogsbestånd ser ut beror på en rad samverkande faktorer. Grundläggande är ståndortsfaktorerna såsom klimat och markens beskaffenhet i form av textur och tillgång på vatten och näring. Vegetationen i sig påverkar också sammansättningen och utvecklingen av vad som växer på markytan. Exempelvis saknas ofta markvegetation i täta gran- eller bokbestånd, vanligen på grund av ljuskonkurrens. Samtidigt kan en kraftig markvegetation i mer öppna och ljusa bestånd förhindra och styra vilka arter som förmår att etablera sig i beståndet.

En viktig faktor som ibland bortses ifrån är viltets inverkan på vegetationen. En kraftig stam av älg och rådjur kan ha ett betydande inflytande på vegetationens sammansättning och missgynna föryngringen och tillväxten av vissa lövträdsarter (exempelvis rönn, asp, sälg och ek) samt tall. Ovanpå detta kommer sedan olika skogsskötselåtgärder, eller avsaknad av dessa, som direkt och indirekt påverkar vegetationens sammansättning, genom val av trädslag vid föryngring, röjning och gallring och genom val av metod och intensitet av de olika åtgärderna.

5.1.2 Föryngringsavverkning

Syfte med anpassning av föryngringsavverkning:

Att behålla vegetationens stabiliserande, vattensugande och skyddande effekt.

Att tänka på:

Begränsa hyggesstorleken.

Avverka området i etapper, till exempel nerifrån och upp eller genom luckhuggning.

Underröj inte.

Är beståndet lämpligt för skärmställning kan en sådan ställas.

Var observant på vindriktning och risk för vindfällen.

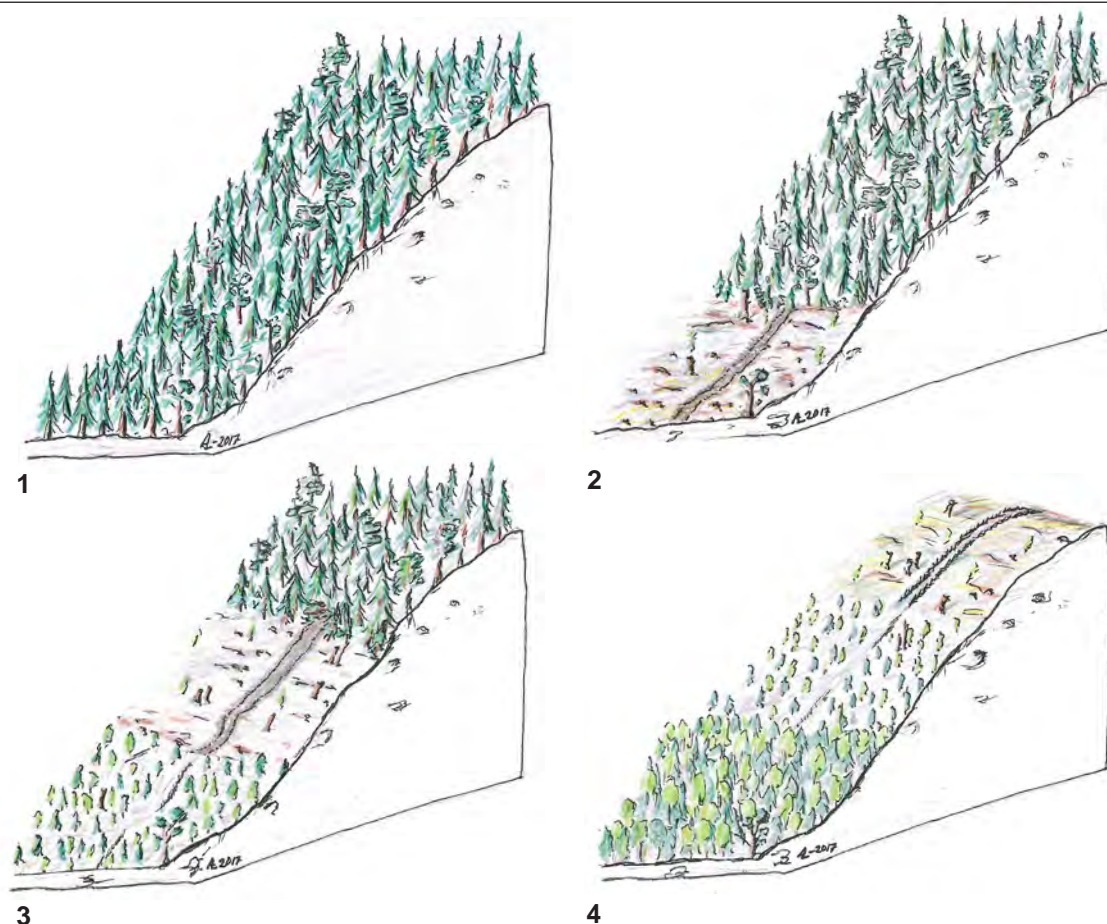
Planera körning och förebygg körskador aktivt.

Kontrollera var avrinnande vatten från det gallrade området tar vägen. Detta innebär bland annat att man bör se till att avrinnande vatten rinner till stabila områden, att det inte kan få hög fart, att det inte tillåts infiltrera i väggkropp eller i brant sluttning.

Hyggesstorleken kan begränsas genom att dela upp ett avverkningsmoget bestånd i mindre områden och därmed avverka i etapper. Genom att begränsa hyggesstorleken blir påverkan på grundvattennivån mindre och det är lättare att begränsa och styra ytvattenavrinningen.

Terrängens lutning och över hur lång sträcka lutningen sträcker sig bör vara det som styr utformningen när man delar upp beståndet i mindre områden. Beståndet bör delas i stråk vinkelrätt mot sluttningen och avverkningen påbörjas helst längst ner i sluttningen. Därefter sker avverkningen i etapper i smala stråk tvärs över sluttningen (se *figur 1*), alltså en form av kanthuggning (se nedan). Bredden på de stråk som avverkas är svår att ange och beror bland annat av grundvattenytans läge, jordart och vegetationens sammansättning. En enkel regel kan dock vara att göra smala stråk, inte bredare än 35 meter, när lutningen överstiger 25 grader och höjdskillnaden är större än 15 meter. Är lutningen mellan 10 och 25 grader kan 50 meter breda stråk användas som riktlinje.

Inte förrän en ny stabiliserande och vattenuptagande ungskog och vegetation etablerats på den huggna delen, bör nästa angränsande avverkning genomföras. Det är viktigt att det nya beståndet utvecklas och sköts så att markvegetation kan utvecklas och bibehållas, samt att beståndet blir stormfast (se *figur 1*).



Figur 1. Beståndet delas upp och avverkas i etapper längs med sluttningen. Inte förrän ett nytt stabiliserande och vattensugande bestånd etablerats genomförs nästa avverkning.
Illustration: A. Lomander

Att anlägga hyggerna i smala stråk längs med sluttningen förekommer också. Detta kan vara mindre lämpligt i långa branta sluttningar (över 25 graders lutning och med en höjd på över 15 meter) eftersom avrinnande ytvatten här kan riskera att få så hög hastighet att erosion uppstår.

Det går även att tänka sig att man delar in beståndet i ett "schackmönster" och avverkar beståndet i två eller flera omgångar, alltså en form av luckhuggning (se 5.1.3). Även i detta fall genomförs inte den andra avverknings omgången förrän markvegetation och ungskog etablerats på de först huggna ytorna. Storlek och utformning av delytorna diskuteras dock i litteraturen om hyggesfria metoder. Kalhuggna ytor över omkring 1 ha nämns utgöra en riskfaktor utifrån avsaknad av stabiliserande och vattensugande vegetation (se figur 2). Vindkänsliga hyggeskanter kan dessutom bidra till ökad stormfällning och rotvältor, vilket kan starta erosion. Även trädrörelser till följd av kraftig vind, kan fortplantas ned i marken och orsaka ras.



Figur 2. Stora yttäckande hyggen med begränsad eller ingen markvegetation ökar risken för erosion. Rötternas armerande och vattensugande verkan avlägsnas. Risken för stormfällning med rotvältor i hyggeskanterna ökar också. Foto: Trafikverket

I samband med en planerad begränsning av hyggesstorlek bör man även beakta om beståndet gränsar till andra fastigheter och vilka åtgärder som eventuellt planeras där. Risk finns att ett stort sammanhängande hygge kan erhållas om grannen också avverkar. En samordning av åtgärder kan således krävas över fastighetsgränser för att minska riskerna med stora sammanhängande avverkade ytor. Möjlighet att hantera detta juridiskt saknas dock idag och behöver därför utredas (Jontell m.fl., 2016).

Hyggesformen har betydelse för den stabiliserande effekten. Ett mer långsmalt hygge eller ett oregelbundet utformat hygge där avståndet mellan hyggeskanterna hålls nere, leder ofta till ett stabilare bestånd jämfört med om stora öppna ytor skapas. Orsaken är att vinden får fart över större öppna ytor, vilket stora och vida hyggen kan utgöra. Längden på hyggeskanten ökar dock vilket ökar risken för stormfällning i dessa. Dessutom innebär en längre hyggeskant i förhållande till hyggets yta en större konkurrenszon, vilket kan leda till svårigheter och lång tid för förnyringen att etablera sig.

Hyggets utsatthet för vind och därmed risk för vindfällen, har också betydelse för markstabiliteten. Vindutsatta lägen är ofta högt belägna, eller ligger i anslutning till kuster, stränder eller andra öppna ytor där vinden får fart. I dessa områden ökar risken för vindfällen, vilka i sig kan utgöra en angreppsyta för erosion. Upparbetande av vindfällen, det vill säga att man tar hand om nedblåsta träd, ökar dessutom risken för

körskador. För att undvika dessa problem bör därför de lägen som är utsatta för vind, om möjligt avverkas först. I de fall man väljer att lämna kvar vindfällan eller timmer i slutningen bör man se till att det inte ligger i riktning längs nedför slutningen. Orsaken är att vatten kan ansamlas och rinna längs med stockarna vilket kan medföra att erosion uppstår.

Underröjning bör inte ske i samband med avverkning. Buskar, ris och mindre träd bidrar till att suga bort delar av överskottsvattnet, men fungerar framförallt stabiliserande genom sina rotsystem och skyddar genom sin biomassa markytan från regndropparnas eroderande krafter. Förna från ris och buskar bidrar även till ett skyddande förnaskikt.

Naturlig förnygring under fröträäd eller att ställa rikligt med hänsynsträd kan vara alternativ i tallbestånd som lämpar sig för naturlig förnygring eller i bestånd med en hög andel lövträd. För att en skärm av fröträäd ska få en stabiliserande effekt är det viktigt att man inte lämnar för få träd, samt att de är relativt jämnt fördelade i beståndet. Detta kräver att det finns ett tillräckligt antal lämpliga, stabila träd med kronor som inte är för små och upphissade, alltså att utgångsbeståndet har varit genomgående välskött med röjningar och gallringar. Studier visar att det krävs minst 150 fröträäd eller skärmträd per hektar för att minimera kväveläckage med avrinnande vatten. En sådan täthet borde därmed även påtagligt minska mängden vatten i marken. När det gäller tall bör det finnas möjlighet till att minst ställa 100–150 fröträäd per hektar (se figur 3). Fröträdens stabilitet kan ökas genom att man minst 10 år före planerad avverkning friställer fröträden i en sista gallring. En fröträdsställning, eller skärm av lövträd (björk) eller en blandning av björk och tall, bör ha 50–100 träd per hektar.



Figur 3. En fröträdsställning av tall med självförnygrad tall under. Genom att lämna kvar träd bibehålls rotsystemet sammanbindande effekt, samt trädens vattensugande förmåga. Foto: Skogsstyrelsen

Bonitet är ett uttryck för en lokals naturgivna virkesproducerande förmåga, förutsatt att beståndet sköts. Markens näringslevererande förmåga tillsammans med vattentillgång och lokalens klimat utgör viktiga faktorer för trädens möjlighet att växa till. På medelgod och bättre bonitet krävs ofta markberedning för att lyckas med naturlig föryngring under skärm. Då erosionskänsliga marker vanligtvis har hög bonitet och samtidigt som markberedning om möjligt bör undvikas eller begränsas (se 5.1.6 och 5.2.5), kan det vara nödvändigt att aktivt plantera under fröträden som ett komplement till den naturliga föryngringen. Detta kan även bidra till en större trädslagsblandning i föryngringen, vilket ofta är önskvärt på dessa marker.

Ofta är det inte ett alternativ som är rätt utan en kombination av flera alternativ som behövs. Begränsning av hyggesstorleken kombinerat med att man låter bli att underreja och dessutom lämnar en skärm, utgör ett exempel. Oavsett val av metod för föryngringsavverkning måste man alltid se över och planera hur drivningen ska ske, vart avlägget placeras, hur vägar anläggs samt vart ytvattnet från området leds eller naturligt kommer att ta vägen. Dessa frågor berörs ytterligare i *kapitel 5.2* och *5.3*.

5.1.3 Hyggesfria metoder

Syfte med anpassning av hyggesfria metoder:

Att behålla vegetationens stabiliserande, skyddande och vattensugande effekt.

Att tänka på:

Lokalens förutsättningar och beståndets struktur och artsammansättning ger grunden för valet bland de olika metoderna.

Metoderna går att kombinera.

Försök skapa eller bibehålla stabila bestånd.

Planera körning och förebygg körskador.

Blädning, luck- och kanthuggning eller överhållna skärmar är alternativa hyggesfria skogsskötselsystem, vilka sinsemellan innebär ganska olika sätt att sköta skogen. Det de har gemensamt är att marken inte blir skogsfri över större ytor utan alltid är skogbevuxen. De alternativa metoderna kräver att det är relativt lättföryngrade marker och/eller att beståndet är fler- eller fullskiktat, det sistnämnda framförallt om man avser att arbeta med blädningsbruk.

Blädningsbruk eller bara blädning är ett skogsskötselsystem som förutsätter och bibehåller en fullskiktad beståndsstruktur, till skillnad mot trakthyggesbruk som i princip ger en- eller tvåskiktade beståndsstrukturer (se *figur 4*). Blädningsbruket kan sägas vara det mest uttalade hyggesfria skogsskötselsystemet, och kan därför lämpa sig väl för sluttningar, raviner och erosionskänsliga marker. Det gäller speciellt om det är bra förutsättningar för och om man har för avsikt att producera gran, eftersom blädning lämpar sig för, och vanligtvis resulterar i, mer eller mindre trädslagsrena granbestånd.

Förutsättningarna för att lyckas med ett blädningsskogsbruk är att det finns träd i alla höjder blandade i beståndet, att det inte finns ett tydligt krontak och att det finns fler små träd än stora.

Blädningsskogsbruket innebär att man främst avverkar grövre träd, ibland kompletterat med en viss gallring bland de yngre träden. Styrkan i de enskilda uttagen får inte vara för hög (gärna under 30 procent av volymen), då volymproduktionen blir lidande av större uttag. Intervallet mellan de olika blädningsskogsingreppen kan ligga mellan cirka 5 och 30 år, beroende på styrkan i uttaget och beståndets bonitet, med kortare intervaller vid mindre uttag och högre boniteter. Blädning kan ses som en ständigt pågående gallring, vilket ger en ökad stormkänslighet jämfört mot ett orört bestånd. I fullt utvecklat flerskiktad blädningsskogsbruk utvecklar dock träden ofta en god individuell vindhärdighet, varför blädningsskogsbruket troligen är mindre stormkänsligt än ett traditionellt bestånd efter gallring.

Blädningsskogsingrepp som utförs utan stubbehandling, vid temperaturer över fem grader, utgör betydande inkörsportar för rottröta i gran. Utan stubbehandling ökar risken för rottröta med tiden i blädningsskogsbestånd, och med det följer en ökad risk för stormskador. Man har dessutom ingen möjlighet att sanera ett rötinfekterat bestånd genom trädslagsbyte vid blädningsskogsbruk. Det är därför viktigt att arbeta med biologisk stubbehandling mot rottröta vid ingrepp i blädningsskogsbruket.

Slutligen kan blädningsskogsbruk öka risken för körskador jämfört med konventionellt trakthyggesbruk eftersom man totalt sett kommer att köra oftare i beståndet. Dessutom medför de begränsade uttagen att förhållandevis lite ris finns att tillgå för stabilisering av marken vid körningen. Bra planering av körning och basvägar liksom maskinval är således av mycket stor vikt.



Figur 4. Blädning av ett bestånd där de grövre träden avverkats och yngre och klenare träd lämnats att växa till. Vegetationens skyddande, armerande och vattensugande förmåga kan bibehållas genom metoden även om risk för körskador och stormfällning finns. Foto: J. Nitare

Luck- och kanthuggning kan beskrivas som en i tid och rum utdragen slutavverkning, där beståndet avvecklas i etapper under det att en föryngring etableras genom självsådd. Principen för luckhuggning, som delvis beskrivits ovan under *avsnitt 5.1.2*, är att man hugger upp luckor i beståndet och successivt utökar dessa när en föryngring etablerat sig i luckorna. Detta fortgår tills hela det gamla beståndet är avverkat. Syftet här är också att behålla vegetationens stabiliserande verkan över så stor del av området som möjligt.

Vid kanthuggning påbörjas avverkningen i en beståndskant och/eller skapas flera beståndskanter i beståndet och när ny föryngring etablerats längs kanten så fortskrider avverkningen längs med kanten eller kanterna. Som beskrivits i *avsnitt 5.1.2* är det lämpligast att planera en kanthuggning i en erosionskänslig sluttning så att man påbörjar avverkningen genom att ta upp en kant längst ned i sluttningen (se *figur 1*). Därefter arbetar man sig uppåt i sluttningens riktning, i takt med att föryngringen etableras. På så vis får man mer likartade förhållanden och förutsättningar för föryngringen längs en kant, jämfört med om man avverkar längs med sluttningen.

En fördel med luck- och kanthuggningar gentemot mer traditionell kalavverkning är att endast mindre delar av beståndet läggs kal. Jämfört med blädning innebär metoderna att ”mindre hyggen” tas upp i beståndet, vilket kan gynna föryngring av löv och tall och lägga grunden till ett mer trädslagsblandat framtida bestånd. Det finns däremot en uppenbar risk att metoderna ökar risken för stormskador när luckor kontinuerligt tas upp eller när man öppnar upp nya kanter med kortare tidsintervall, jämfört med vid konventionell slutavverkning. Vid kanthuggning kan risken för stormskador dock avsevärt minskas genom att kanterna tas upp på motsidan av förhärskande vindriktning, något som kan försvåras då markens lutning i huvudsak bör styra hur kanterna utformas på dessa marker.

Överhållna skärmar kan sägas vara en slutavverknings- och föryngringsmetod som är utsträckt under en mer eller mindre lång tidsperiod, jämfört med kalavverkning eller avverkning följt av naturlig föryngring under fröträd. Principen är att man ställer kvar en skärm av träd under vilken föryngringen etableras. Därefter avvecklas skärmen, ofta i flera steg. En viktig skillnad mellan en skärmställning och en fröträdsställning är att den förstnämnda har som syfte att, förutom att förse marken med frö, att även bidra till ett för föryngringen gynnsamt beståndsklimat, genom att bland annat minska risken för frost samt att hålla tillbaka frodig markvegetation. Därför är det vanligtvis ett högre stamantal i en skärmställning än i en fröträdsställning, ofta 200 eller fler stammar per hektar.

Skärmställningar är vanligt vid föryngring av bok, men mindre vanligt när det gäller våra övriga trädslag. Metoden har dock i viss mån använts vid föryngring av gran på fuktig mark. Själva processen att ställa en skärm innebär att man gallrar i äldre skog, vilket påtagligt kan öka risken för stormskador. Om skärmställningen görs försiktigt och avvecklas i flera steg så kan den risken minskas. Man bör definitivt undvika att använda metoden i utsatta vindlägen. Det går att utforma skärmställningar så att de fungerar för de flesta trädslag, och det är även möjligt att byta trädslag och att gynna uppkomsten av blandskog genom att aktivt plantera under skärm.

De beskrivna hyggesfria metoderna innebär således att en mindre andel eller ingen del av skogsmarken lämnas kal. Däremot innebär luck- och kanthuggning att fler ingrepp och tillfällen med terrängtransport blir nödvändiga, med ökad risk för körskador och därmed risk för att mineraljord blottläggs eller att ytvatten kanaliseras till körspår, med erosion som följd. I blädningsskogen är det i princip nödvändigt att etablera ett permanent stickvägssystem. Därför är det nog så viktigt att planera drivningen, vart avlägget placeras, hur vägar anläggs och ytvatten omhändertas, när man använder sig av hyggesfria metoder i slänter med kraftig lutning. Metoder för att förhindra erosion till följd av körning och anläggande av olika vägar beskrivs främst under avsnitten 5.2.2 och 5.2.3.

5.1.4 Gallring

Syfte med anpassning av gallring:

Att skapa stormfasta bestånd med en rik markvegetation som stabiliserar och suger vatten.

Att förstärka trädslagsblandning och skiktning och möjliggöra hyggesfria metoder.

Att tänka på:

Gallra helst hårt och tidigt.

Undvik gallring av bestånd med medelhöjd över 19–20 meter.

Gynna löv men även tall för en ökad stabilitet och ett ljusare bestånd, vilket även gynnar gräs och buskar i markskiktet.

Är beståndet lämpligt att ställa om till hyggesfria metoder?

Planera körning och förebygg körskador aktivt.

Planera för att kunna hantera avrinnande vatten från det gallrade området. Detta innebär bland annat att man bör se till att avrinnande vatten rinner till stabila områden, att det inte kan få hög fart och att det inte tillåts infiltrera i väggropp eller i slänt med kraftig lutning.

Gallring på erosionskänsliga marker bör i ännu högre grad än normalt inriktas på att skapa bestånd som är stabila för vind och med en rik markvegetation. Förutom att erosion kan uppstå i rotvältor till följd av stormfällning, riskerar stormskador även att leda till oplanerade körning i samband med upparbetande av det stormfällda virket. Risken för körskador och erosion till följd av dessa ökar således också.

Detta innebär att framförallt den första gallringen ska göras tidigt och relativt hårt samt att senare gallringar bör göras lättare eller helt undvikas. Skog med en medelhöjd över 19–20 meter ska helst inte gallras eftersom det påtagligt ökar risken för stormskador. Är beståndet mer eller mindre enskiktat bör gallringen utformas som en låggallring vilket innebär att man huvudsakligen tar ut undertryckta stammar samt stammar av klenare dimension. För att öka trädens stabilitet, framförallt i grandominerade bestånd, bör man även sträva efter att öka andelen lövträd och eventuellt tall genom att gynna

dessa vid gallringsingreppet. Detta ger även ljusare bestånd vilket kan ge en kraftigare markvegetation jämfört mot om beståndet är starkt grandominerat. Markvegetation i form av gräs och buskar har stor betydelse för markens stabilitet vid följande åtgärder som föryngringsavverkning (se *figur 5*). En bra tumregel är därför att alltid försöka undvika skapande av enskiktade granbestånd i slänter med kraftig lutning.



Figur 5. Ett tätt homogent granbestånd i en instabil slänt ned mot Indalsälven. Granens beskuggning har medfört att nästan ingen markvegetation etablerats. Avverkning av området innebär en stor risk för erosion och ras då ingen skyddande vegetation kommer finnas kvar efteråt. Foto: K. Lundström.

Om beståndet är heterogent och tenderar att vara skiktat, eventuellt genom tidigare inriktning på röjningsingreppen (se *avsnitt 5.1.5*), kan man gärna överväga att förstärka skiktningen ytterligare vid gallring. Målsättningen kan vara att skapa ett flerskiktat bestånd vilket på sikt kan vara lämpligt att sköta med hyggesfria metoder.

På motsvarande sätt som vid slutavverkning eller hyggesfria metoder är det viktigt att planering av bas- och stickvägar, samt avlägg görs så att markskador inte uppstår. I likhet med avverkning medför gallring att avrinningen av vatten ökar under några år. Därför måste man alltid se till att avrinnande vatten från det gallrade området tas om hand och leds bort från kraftigt lutande slänter eller erosionskänsliga områden. Det är även viktigt att se till att avrinnande vatten inte kanaliseras till en enskild punkt eller får för hög hastighet. Ett exempel på detta är att förhindra att ytvatten leds mot drivningsvägar där det kan infiltrera eller rinna längs med dessa och få hög fart. Mer om lämpliga metoder för detta ges i *avsnitt 5.2* och *5.3*.

5.1.5 Røjning

Syfte med anpassning av røjning:

Att lägga grunden för ett stabilt bestånd, gärna med flera trädarter. På detta sätt erhålls en vattensugande och stabiliserande vegetation av träd, gräs och buskar som underlättar framtida skogsbruk inom området.

Att tänka på:

Røj starkt och i tid, det vill säga vid en beståndshöjd på 2–3 meter.

Røjning kan behöva ske i etapper, det vill säga vid flera tillfällen.

Røjningen lägger grunden till beståndets struktur.

Røjningen eller røjningarna är den åtgärd, näst efter föryngringen, då man har störst möjlighet att forma och skapa det framtida beståndet. Det gäller både för artsammansättning, beståndsstruktur och de enskilda stammarnas stabilitet (se figur 6). Det kanske viktigaste för att just ha möjlighet att styra beståndsutvecklingen är att røjningen utförs i tid, det vill säga vid en beståndshöjd på cirka 2–3 meter. Eftersatt eller utebliven røjning innebär en risk för snöbrott, vilket innebär att tunna stammar knäcks av tyngden från snö, och stormfällning i samband med framtida gallringar. Det är även viktigt att røjningen görs tillräckligt stark. De stammar som sparas måste få en möjlighet att utvecklas. Det kan vara nödvändigt att utföra røjningen i flera steg, speciellt om det är många stammar i utgångsbeståndet. Ett vanligt misstag vid røjning, som syftar till att skapa ett bestånd med hög andel lövträd, är att man sparar fler lövstammar, men att man inte i motsvarande grad röjer bort barrstammar, vilket resulterar i alltför stamtäta bestånd.



Figur 6. Genom røjning i tid formar man det framtida beståndets struktur, till exempel ett blandbestånd.
Foto: A. Lomander

Det är vid röjningen som man kan lägga grunden till och utveckla en mer skiktad, varierad och trädslagsblandad beståndsstruktur som även kan gynna ett väl utvecklat fältskikt vilket bidrar till en ökad markstabilitet. Det gäller då att vid röjningsingreppet ta vara på och utveckla den variation eller heterogenitet som finns i beståndet i form av skillnader i höjd, stamtäthet och trädslagsblandning. Detta upplevs ofta som svårt eftersom det till stor del strider mot traditionell röjning där man strävar efter att åstadkomma ett så homogent bestånd som möjligt.

5.1.6 Plantering

Syfte med anpassning av plantering:

Att snabbt etablera vegetation som tar upp vatten och stabiliserar marken.

Att tänka på:

Markbered inte vid kraftig lutning, det vill säga över 18 graders lutning (se *bilaga 1*).

Plantera barrot snarast möjlig efter avverkning.

Överväg att plantera löv för att erhålla ett blandbestånd.

Vid måttlig lutning, det vill säga 10–18 grader (se *bilaga 1*) kan en mild fläckmarkberedning användas för att få upp löv.

Plantering bör ske så snart efter avverkning som det går, utan markberedning och företrädesvis med snytbaggesskyddade barrotsplanter för att bättre klara vegetationskonkurrens och snytbaggegnag (se *figur 7*). Valet av trädslag och förnygringsmetod lägger grunden för det framtida beståndet. Eftersom man bör undvika markberedning på erosionskänsliga marker, framförallt vid kraftig lutning (över 18 grader), kan detta innebära att man får ett avsevärt mindre uppslag av naturligt förnygrat löv (björk) och eventuellt tall jämfört med om man skulle markberett. Då det är önskvärt med stor lövandel, en blandning av trädslag och en variation som kan leda till skiktning samt en rik och kraftig markvegetation, kan det vara nödvändigt att plantera planter av flera arter, inte minst löv. Om lutningen i det erosionskänsliga området är måttlig och man eftersträvar en hög andel löv genom naturlig förnygring, kan man överväga en fläckvis markberedning.



Figur 7. Plantering med barrotsplantor och gärna av flera olika arter och utan markberedning är ett bra sätt att snabbt etablera vegetation som bidrar till en ökad markstabilitet. Foto: M. Ekstrand, Skogsstyrelsen

5.1.7 Utveckling av flerskiktade bestånd och blandbestånd

Syfte med omföring av bestånd från trakthyggesbruk till hyggesfria metoder:

Att kunna bedriva ett skogsbruk där förhoppningsvis vegetationens vattensugande och stabiliserande effekt bibehålls under hela omloppsperioden.

Att tänka på:

Generellt begränsad kunskap och erfarenhet inom området, vilket kräver ekonomi, intresse och tålamod för att pröva sig fram.

Utgå helst från ett flerskiktat bestånd eller ett blandbestånd.

Omställningen sker helst vid gallring eller tidigare.

Tätare återkommande körning på marken kräver aktivt och noggrant arbete med att förhindra körskador.

Det är tydligt att en viktig del av skötseln av skog, för att hindra problem med erosion, ras och slamströmmar innefattar metoder för att undvika hyggen eller minimera hyggesstorleken och/eller skogsskötselåtgärder som gynnar lövskog eller blandskogar med ett högt inslag av löv och tall (se figur 8). Syftet är att skapa stabila bestånd med kraftig markvegetation. För att detta ska vara möjligt krävs antingen fullskiktade beståndsstrukturer eller blandbestånd med flera trädarter och ett tydligt lövinslag. Denna typ av bestånd är emellertid inte vanliga idag. Till följd av trakthyggesbruk är huvuddelen av produktionsskogen vanligtvis en- eller tvåskiktade, och i många fall med ett dominerande trädslag (se figur 9).

Det går emellertid att anpassa skötseln av skogen för att på sikt åstadkomma flerskiktade blandbestånd. Dessa processer kan ta lång tid, och kräver ett målmedvetet och uthålligt skogsskötselarbete. Allmänt är kunskapen om hur man på lämpligaste sätt omför ett enskiktat bestånd till flerskiktat, begränsad idag. Processen för att omföra kan dessutom ta mycket lång tid och innebära produktionsförluster jämfört med traditionell skötsel av enskiktade bestånd.



Figur 8. Exempel på ett flerskiktat blandbestånd, vilket är att föredra vid användande av hyggesfria metoder. Foto: Skogsstyrelsen

Innan man startar arbetet med att utveckla ett flerskiktat bestånd eller en tydlig blandskogsstruktur, måste man överväga vilka förutsättningar som finns i det rådande beståndet. För att skapa fullskiktade bestånd bör bestånden redan från början till viss del vara skiktade, det vill säga att det finns träd i olika storleksklasser, samt i stort vara dominerat av gran. Saknas detta kan det vara en mycket utdragen och näst intill omöjlig uppgift. Med tanke på risken för stormskador och andra skador, bör man inte arbeta med äldre bestånd. För att minimera riskerna för misslyckande är det lämpligt att prova sig fram och börja i liten skala, observera utvecklingen i beståndet och dra slutsatser från det. Tillvägagångssättet är troligtvis att göra ett mindre uttag bland de större träden samt att eventuellt gallra bland medelstora träd, och att sedan uppmärksamt studera beståndets utveckling i fråga om skiktning och tillväxt.



Figur 9. Ett enskiktat 65-årigt bestånd huvudsakligen bestående av gran på tidigare åkermark i norra Bohuslän. Denna typ av bestånd är riskabla att gallra eller bläda. Foto: A. Lomander

Om man har för avsikt att utveckla ett blandbestånd är det självklart också viktigt att överväga förutsättningarna. Redan från början måste det finnas en betydande blandning av trädslag. Det är viktigt att man sätter in åtgärderna i ett tidigt skede, helst redan under förnyrningsfasen. Om bestånden redan är etablerade bör det helst ske i röjningsfasen eller eventuellt under tidig gallring. Tillvägagångsättet är sedan att man gynnar de trädslag som man önskar ha i blandning, och att man anpassar åtgärderna efter trädslagets förutsättningar. Exempelvis kräver lövträd mer plats och ett tätare intervall mellan åtgärderna för att utvecklas väl, än vad gran kräver.

5.1.8 Skogsbränsleuttag

Syfte med att anpassa uttaget av skogsbränsle (GROT):

Att behålla ett skyddande skikt på marken samtidigt som ny vegetation etableras.

Att tänka på:

Använd i första hand GROT att köra på för att förhindra markskador.

Anpassa därefter plats och omfattning av uttaget av GROT utifrån lokalens fältskikt, trädslag och bördighet, så att största möjliga skydd av marken samt bevarande av buskskikt erhålls.

I tall- och lövbestånd eller granbestånd av lägre bonitet kan GROT med fördel spridas ut som ett skydd för marken.

I granbestånd på hög bonitet kan GROT behöva tas ut för att inte fördröja utvecklingen av fältskiktet.

Skörda inte stubbar på finjordsrika jordar med kraftig lutning.

Skogsbränsleuttag, det vill säga huvudsakligen uttag av grenar och toppar (GROT), bör undvikas på erosionskänsliga marker. Framförallt om det tidigare beståndet varit tätt med ett lite utvecklat fältskikt och saknat markvegetation eller buskskikt. Orsaken är dels att grenar och toppar behövs för att skydda och stabilisera marken vid körning, dels att detta uttag ökar antalet transporter och därmed också riskerna för markskador (se *figur 10*). I de fall förnatäcket är tunt fungerar även GROT som ett skydd mot erosion till följd av regn. Kvarlämnad GROT som inte körts på, kan därför med fördel spridas ut jämnt på dessa marker.



Figur 10. Kraftiga markskador i en slänt med erosion och slamtransport ut i ett vattendrag som följd. Skadorna hade kunnat förhindras genom att man kört på riset istället för att köra ut det som GROT. Foto: A. Lomander

Mycket stora mängder GROT uppstår främst vid förnygringsavverkning av gran på höga boniteter (se *figur 11*). Man ska här vara medveten om att ett kraftigt GROT lager på marken hämmar en snabb utveckling av hyggesvegetation och kan fördröja utvecklingen av fältskikt där detta mer eller mindre saknas. Kvarlämnad GROT hindrar och minskar dessutom uppkomsten av självföryngrat löv. I de fall man önskar att dra nytta av snabbt självföryngrat löv, kan ett uttag av GROT vara nödvändigt. Om det vid tidpunkten för avverkning finns en väl utvecklad markvegetation i form av ett ymnigt mark- och buskskikt kan även det göra det fördelaktigt att ta ut GROT så att denna inte hämmar eller dödar markvegetationen. Uttag av GROT bör dock aldrig ske på bekostnad av körskador eller att marken lämnas helt oskyddad.



Figur 11. Bördiga granbestånd kan generera mycket ris och toppar. Det överskott som inte behövs för att stabilisera eller skydda marken kan köras ihop och säljas som GROT. Foto: S. Andersson

Stubbar utgör idag en mycket liten andel av uttaget av skogsbränsle (se figur 12). Beroende på efterfrågan kan dock andelen öka. Skörd av stubbar bör inte ske inom finjordsrika och kraftigt lutande områden, där rotsystemen har en stor betydelse för markens stabilitet. Stubbskörd innebär dessutom att mineraljord ofta att blottläggas vilket också utgör en risk. Slutligen bidrar trädens rötter till en stor del av markens bärighet vid körning. Tas stubbar och rötter bort ökar risken för körskador påtagligt.



Figur 12. Skörd av stubbar utgör idag en mycket liten andel av uttaget av biobränsle från skogen. Åtgärden medför att rötternas armerande förmåga minskas och mineraljord blottläggs. Foto: A. Lomander

5.1.9 Vegetationspåverkan inför exploatering

Syfte med anpassningar då vegetation tas ned i exploateringssyfte:

Att behålla vegetationens stabiliserande, skyddande och vattensugande effekt.

Att tänka på:

Planera utifrån lokalens och omgivningens förhållanden.

Ta inte ner fler träd än vad som behövs och blottlägg inte mer mineraljord än nödvändigt.

Återplantera med lämpliga trädslag och så in lämplig markvegetation så snabbt som möjligt efter avverkning.

Planera ytvattenavrinningen inom området.

Kontrollera om ytvattenavrinningen sker som tänkt. Om inte – åtgärda.

Dimensionera trummor för högvattenflöde och utför erosionssäkring vid in- och utlopp.

Fundera över hur den planerade avverkningen påverkar omkringliggande fastigheter och infrastruktur.

Inför planläggning bör stabiliteten för omgivande marker med och utan vegetation beaktas.

All vegetationspåverkan sker inte genom skogsbruk, utan många gånger sker till exempel avverkning med syftet att exploatera ett område. Inför exploatering avlägsnas vegetation för att bygga hus och industrier, bygga skidanläggningar, dra vägar och järnvägar mm (se *figur 13*). Ofta tas vegetationen ner några år före byggarbetena startar och även under dessa år kan marken vara känslig för erosion och förhöjda grundvattennivåer. Enligt Plan- och bygglagen ska bebyggelse och byggnadsverk lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till bland annat jord, berg- och vattenförhållandena. Dessutom ska risk för ras och skred även beaktas med avseende på kringliggande fastigheter och infrastruktur. Nedtagning av vegetation kan leda till förändrade förutsättning på dessa fastigheter och effekterna bör alltid värderas.



Figur 13. I samband med byggande av fritidshus i en finjordsrik sluttning har träd avverkats och all markvegetation skalats bort, vilket medfört att vatten börjat att erodera sluttningen. Risken för erosion och ras är nu stor. Genom att spara träd och buskar och inte blottlägga mer jord än nödvändigt hade dessa problem kunnat förebyggas. Foto: K. Lundström

För att förhindra uppkomst av erosion, ras eller slamströmmar till följd av avverkning i exploateringssyfte gäller samma principer som vid skogsbruk. Det är därför viktigt med planering av avledning av ytvatten (hårdgjorda ytor ökar avsevärt avrinningen), planering av bas- och stickvägar, att inga branta skärningsslänter anläggs och att avlägg görs så att markskador inte uppstår eller belastar branta sluttningar. Metoder för detta beskrivs i *avsnitt 5.2* och *5.3*. Man ska dessutom undvika att ta ned fler träd än vad som verkligen behövs och inte heller skada mark- eller buskvegetation över större områden än nödvändigt (se *figur 13*). Det är bra om de träd som sparas är stabila. Behöver träd avlägsnas från större områden under själva byggfasen är det bra att återplantera direkt efteråt med för platsen lämpligt trädslag, samt att skydda markytan mot erosion. Trummor bör dimensioneras för högvattenflöde (minst 50-års flöden), inlopp och utlopp erosionssäkras och utformas så att de inte kan bli igensatta av jord- och växtmaterial. Flödes hastigheten i diken kan dämpas med trappor (se vidare *avsnitt 5.3*) Permanent skydd av skärningsslänter och andra erosionskänsliga ytor kan göras med en rad olika metoder; både med enbart vegetation och med en kombination av växter och tillverkade produkter så som geotextilier, trä, betong (se *figur 14*). För ytterligare exempel och utförligare beskrivningar av erosionsskydd hänvisas till Rankka (2002) och Lundström och Andersson (2008).

Efter utförd åtgärd bör området inspekteras någon gång per år samt efter intensiva nederbördstillfällen. Eventuella skador och brister bör åtgärdas omgående.



Figur 14. Det vänsta fotot visar erosion av en nyanlagd skärningslänt mot ett vägdike inom ett brant område med ett högt innehåll av silt. Det högra fotot visar en väglänt där kokosnät kombinerat med sådd av gräs används för att stabilisera och förhindra erosion. Foton: K. Lundström

5.2. Anpassning utifrån markpåverkan

I detta avsnitt utgår vi från markens egenskaper och de åtgärder som leder till en direkt påverkan på marken som spårbildning och kompaktering vid terrängkörning, grävning, schaktning, med mera. Inledningsvis ges en kort beskrivning över vilken direkt påverkan på marken åtgärder kan medföra. Därefter beskrivs hur olika åtgärder med stor risk för påverkan på marken kan anpassas för att minska risken för erosion, ras eller slamström.

5.2.1 Påverkan på marken

Genom att mineraljorden blottläggs försvinner delar av vegetationens stabiliserande verkan och vattnet får kraft att börja transportera partiklar. Avlägsnande av vegetation medför även en höjning av grundvattenytans läge, eftersom vegetationens vattenupptagande funktion också försvinner. Ett ökat vattentryck i markens porsystem bidrar till ökar risk för erosion och ras. Hur ett skyddande vegetationsskikt kan skapas och bibehållas beskrivs under avsnitt 5.1.

Mineraljord kan även blottläggas genom naturliga processer, till exempel genom erosion och ras i kanter av vattendrag, nipor eller vid stormfällningar. Omfattande erosion, ras och slamströmmar sker emellertid ofta som en följd av mänsklig påverkan. Skogsbruk och exploateringsåtgärder som körning, belastning, markberedning, kalgörande av ytor, med mera, leder också till blottläggande av mineraljord som kan öka risken för erosion och följande ras.

Spårbildning medför, förutom att mineraljord ofta blottläggs, att ytvattnet inom ett område förs om eller koncentreras till ett fåtal områden. En ökad och förändrad ytvattenavrinning kombinerat med blottlagd mineraljord ökar risken för erosion. Sker det dessutom i en sluttning där vattnet kan få hög fart, ökar risken påtagligt.

En sammanpressning av markens porsystem, det vill säga markkompaktering, till följd av körning och/eller hög belastning minskar markens infiltrationskapacitet av vatten. Det innebär att vattnet inte kan tränga ned i marken lika lätt utan ansamlas och rinner av på ytan. Även detta ökar risken för erosion.

Nedan följer en sammanställning över exempel på anpassningsåtgärder som kan utföras för att minska markpåverkan i form av blottläggande av mineraljord eller kompaktering. På samma sätt som för anpassning av vegetationspåverkande åtgärder ska denna text ses som en exempelsamling. Dessutom krävs ofta en kombination av åtgärder och en anpassning av åtgärderna utifrån lokala förhållanden.

5.2.2 Terrängkörning, bas- och stickvägar

Syfte med anpassning vid körning i terräng:

Att inte blottlägga mineraljord så att erosion kan uppstå.

Att inte påverka vattnets rörelse i marken genom djupa spår eller genom sammanpressning av jord.

Att inte luckra upp markytan så att infiltrationen av vatten ökar och stabiliteten därmed försämras.

Att tänka på:

Undvik körning inom slänter som lutar över 18 grader. Om det inte kan undvikas, planera noggrant och vidta alla försiktighetsåtgärder.

Rådfråga geoteknisk sakkunnig om körning måste ske inom slänter som lutar över 25 grader.

Planera samtliga åtgärder i fält under barmarkssäsong och upprätta skriftliga traktordirektiv med kartor som därefter kommuniceras till samtliga berörda.

Försök få åtgärderna utförda vintertid på bärande tjäle. Går inte detta så försök köra under torra förhållanden.

Planera alltid för att kunna hantera väderomslag i form av tjällossning, snösmältning, intensiv och hög nederbörd på barmark samt höga flöden i bäckar och diken.

Risa alla bas- och stickvägar och förbered för kontinuerlig förstärkning av dessa.

Kavla, använd träbroar mm för att förstärka extra känsliga områden som blöta och fuktiga områden i anslutning till utströmningsområden och kantzoner mot vattendrag samt vid korsande av bäckar och diken.

Var observant på rinnande vatten i marken i anslutning till bas- och stickvägar. Lägg ut tillfälliga trummor vid korsande av lokala blöta partier eller utströmningsområden så att vattenrörelsen i slänten inte påverkas.

Förhindra att ytvatten infiltrerar i eller rinner längs bas- och stickvägarna. Försök att skära av eller leda bort ytvatten från bas- och stickvägar inom det branta området. Går inte detta, fördela ytvatten till flera punkter i slänten.

Dimensionera alltid trummors storlek och antal i relation till vattenmängder och marklutning så att kraftiga koncentrerade flöden inte skapas.

Arbeta aktivt med att sänka eller bibehålla en låg vattenhastighet inom det instabila området.

Överväg små, lätta maskiner eller alternativa system.

Med terrängkörning avses här den körning som sker ute i bestånden med traktor eller annan beståndsgående maskin (huvudsakligen olika skotare eller skördare) med främsta syfte att avverka eller gallra och transportera fram virke och eventuell GROT (se figur 15). Markberedning hanteras i avsnitt 5.2.5. Syftet är att ge exempel på åtgärder som kan förhindra problem med ras och erosion i slänter med brant lutning till följd av direkt markpåverkan i form av spårbildning, blottlagd mineraljord, ytvattenavrinning, belastning, uppluckring eller kompaktering (sammanpressning av marken).



Figur 15. Körning med skotare och skördare under avverkning av slänt. Bas- och stickvägar har lagts upp- och ned längs slänten. Foto: H. Stahre

Noggrann planering på barmark i fält bör föregå all form av körning över instabila slänter. Dragningar av bas- och stickvägssystem anpassas utifrån släntlutning, markfuktighet och textur. I möjligaste mån ska man försöka köra där det är torrt och plant samt försöka minimera körsträckan. Inom vissa områden fungerar emellertid inte dessa råd. Några enkla tumregler att förhålla sig till är att undvika körning över områden som lutar mer än 18 grader och att köra på skrå över slutningen. Vid kraftig lutning finns risk att slutningen på vägens nedsida rasar på grund av ökad belastning eller infiltration av ytvatten. Vid körning på skrå krävs ibland att man gräver ut för vägen på uppsläntssidan och om slutningen lutar kraftigt kan den urgrävda skärningslänten rasa ner på vägen. Om körning ska utföras över områden med mycket kraftig lutning, det vill säga över 25 grader, bör geoteknisk expertis rådfrågas. I områden med kraftig lutning, det vill säga mellan 18 och 25 grader, bör man iaktta särskild försiktighet. Detta gäller

särskilt om jorden består av erosionskänsliga jordar. Följande text gäller för körning då lutningen är mindre än 25 grader.

Till dessa tumregler som just har som syfte att förhindra erosion eller ras, ska läggas de olika maskinernas förutsättningar att köra i brant terräng, samt markens ytstruktur. All körning i sidlut medför risk för att maskinen ska välta och denna risk ökar med ökad belastning, ökad marklutning och om markytan är ojämn. Mer information om körning av skogsmaskiner i brant terräng i samband med avverkning, samt förebyggande åtgärder för att hantera vatten och förhindra påverkan på vattenkvalitet finns att läsa i Persson (2013).

Utöver detta bör man även planera så att man undviker körning i anslutning till bäckar, ravinformationer och utströmningsområden, det vill säga områden där grundvatten tränger fram. Planering för att ha material för att stabilisera bas- och stickvägar och kunna underhålla dessa behövs också. System av bas- och stickvägar kan annars lätt komma att påverka vattnets rörelse i ett område eller i ett landskap.

Körskador till följd av skogsbruksåtgärder är ett stort problem idag. Körspår kan leda om och kanalisera avrinningen av ytvatten, med erosion och ras som följd. Kompaktion i körspår kan även leda till en ökad ytavrinning, då vattnets möjlighet att tränga ned i marken, det vill säga infiltrera, minskar. Lokala körskador, gropar, eller på annat sätt blottlagd mineraljord kan medföra att mycket vatten ansamlas i ett begränsat område och tränger ned där, det vill säga man får en infiltrationspunkt för vattnet och en höjning av grundvattenytan. Den lokalt förhöjda grundvattennivån minskar markens stabilitet och kan i värsta fall leda till att en sluttning trycks ut och rasar.

Vatten kan även få en hög fart i spår längs sluttningar, vilket river med sig material och kan riskera ras eller slamströmmar (se *figur 16*). Åtgärder för att hantera och leda bort vatten från eventuella spår behöver därför alltid också ingå i planeringsunderlaget. Exempel på en enkel åtgärd är att avleda vatten från stickvägarna ut i skogen (se *figur 17*), på samma sätt som beskrivs för skogsbilvägar under avsnitt 5.2.3. Vid körning upp längs en slänt bör man även planera dragningen av bas- och stickvägar i förhållande till marklutning så att man kör på skrå över de mer flacka partierna och rakt upp över de branta (se *figur 17*). Längden på enskilda stickvägar i sluttningar med måttlig lutning, det vill säga med lutning mellan 10 och 18 grader bör inte heller överstiga 100 meter. Vid längre vägar ökar risken för att ansamlat vatten får så hög fart att erosion till följd av vattnets spolande kraft uppstår. För att ytterligare minska risken för erosion längs bas- och stickvägar kan man anlägga ett avskärningsdike, så kallat överdike, ovan sluttningen med syfte att skära av eventuella vattenflöden in mot området där man kommer att köra. En beredskap för att avleda vatten från eventuella körskador måste därför också finnas.



Figur 16. Långa kraftiga körskador utför sluttningar där vatten ansamlas och hinner få hög hastighet, riskerar orsaka erosion. På den vänstra bilden har finjord börjat föras med vatten från de övre delarna av spåren och samlats längre ned där vattnet rinner långsammare på grund av lägre marklutning. På den högra bilden har vattnet spolat under en längre tid vilket orsakat att större mängder material, både finjord och sten, spolats ut på en allmän väg. Foton. A. Lomander (vänster) och A. Gunnarsson (högra)



Figur 17. Exempel på dragning av bas- eller stickväg längs en sluttning samt hur vatten i anslutning till vägsystemen kan hanteras genom att ledas bort via överdiken och avskärningsdiken. Illustration: K. Lundström.

Avverkning vintertid, på bärande tjäle eller stampad vinterväg (se figur 18) är generellt det mest fördelaktiga inom instabila slänter. Längden och frekvensen på perioderna för bärande tjäle sjunker för hela landet, och i södra Sverige är detta något som man inte länge kan räkna med. Markytan måste istället skyddas, genom något av de sätt som beskrivs nedan, så att mineraljorden inte blottläggs, rotfilten inte skadas eller djupa spår eller kompaktering som påverkar avrinning och infiltrationen av vatten, inte uppstår. I avsnitt 6.2 beskrivs vad man bör göra om markskador i form av till exempel körspår trots allt orsakas.



Figur 18. Stampad vinterväg, det vill säga man har förberett basvägen genom att skotta och köra på den upprepade gången innan avverkningen startar. Syftet är att få tjälen att tränga djupare ned och bli bärande genom att ta bort det isolerade snötäcket, trycka samman markvegetation samt markens porsystem. Här har man lyckats köra ut 1 000 m³sk från avverkning i en slänt, över en blöt ängsmark och fram till avlägg vid väg, utan några körskador. Foto: A. Lomander

Kraftig risning, det vill säga minst 15–20 centimeter risbädd på samtliga bas- och stickvägar, som sedan underhålls kontinuerligt under hela drivningen ger ett gott skydd, mot både spårbildning och kompaktering (se *figur 19*). Detta kan förstärkas genom att kavla (se *figur 20*) eller bygga virkesbroar (se *figur 21*) över icke bäriga partier eller över partier som kommer att belastas extra mycket, till exempel vid tvingande passager eller i anslutning till avlägg. Även grävmaskinsmattor och andra former av markskonare (se *figur 22*) kan användas för att förstärka marken över mer begränsade icke bäriga partier.



Figur 19. Kraftiga risbäddar som förbereds och sedan underhålls kontinuerlig ger ett gott skydd för marken genom att förhindra markskador och minska hastigheten på avrinnande ytvatten. På bilden ses en risad basväg längs en slänt med hög andel finkornigt material och flera blöta partier. Foto:A. Lomander



Figur 20. Kavling, vilket innebär att man placerar grövre toppar eller massaved längs marken där man avser att köra, är ett bra sätt att förstärka riktigt känsliga partier. Foto: A. Lomander



Figur 21. Genom att låta skördaren bygga virkesbroar av befintligt material på plats förebyggs mycket skador vid passage av vattendrag och diken. Detta är en teknik som utvecklats och används allt mer. Det är dock viktigt att påfarterna också stabiliseras samt att broarna underhålls eller avlägsnas så att dämning och efterföljande slamströmmar inte orsakas. Foto: A. Dahlström



Figur 22. Olika former av flyttbara träbroar, så kallade markskonare, kan också användas för att skydda känsliga partier vid körning, eller för att ta sig över mindre vattendrag eller diken. Foto: A. Lomander

Tillfälliga trummor, det vill säga trummor som tas bort efter avslutad åtgärd, bör läggas ut under kavlade/risade partier vid korsande av breda utströmningsområden eller surdråg, där man inte har en enskild tydlig bäckfåra men ändå har ett flöde av yt- eller ytligt grundvatten (se figur 23). På detta sätt kan man försäkra sig om att vattenflödet inte stoppas upp eller kanaliseras utan bibehålls på bred front ned längs sluttningen, alternativt leds bort från sluttningen. Det är dock viktigt att använda flera trummor så att flödets bredd bibehålls och att trummorna inspekteras och rensas vid behov, samt att de tas bort efter åtgärd.



Figur 23. En trumma som lagts ut tillfälligt för att bas- eller stickvägen inte ska orsaka dämning eller skapa ett koncentrerat flöde av vatten. Foto: A. Lomander

Användning av små och lätta maskiner med band eller andra system som ger lågt marktryck eller fungerar i områden med kraftig lutning är ytterligare alternativ. I Sverige finns en rad företag som utvecklar tekniska lösningar som skulle vara lämpliga på dessa typer av marker. Efterfrågan är dock liten idag.

Förutom att en slänts lutning, jordart och vattenförhållande påverkar släntens stabilitet och därmed vilken typ av anpassning som krävs för att inte riskera erosion, ras eller slamström, måste man vid planering beakta olika maskiners möjlighet ta sig fram riskfritt utan att välta. En rad faktorer som maskintyp, last, markens lutning och ytstruktur (ojämnheter som stenar, stubbar, lågor och småhinder), påverkar möjligheten att köra i en sluttning. Mycket förenklat kan man säga att körning i motlut är möjligt vid lutning mellan 10 och 30 procent vilket motsvarar mellan cirka 5,5 och 16 grader (den högre lutningen på jämn mark utan stenar med mera). I medlut kan man köra i slänter med en lutning på mellan 30 och 40 procent, vilket motsvarar mellan cirka 16 och 22 grader och i sidlut mellan 5 och 25 procent, vilket motsvarar mellan cirka 3 och 14 grader. Det mest kritiska är ofta att vända i en sluttning, speciellt vändning i medlut då maskiner generellt bara klarar mellan cirka 5 och 18 procent (cirka 3–10 grader). Vid högre lutning krävs särskild detaljplanering för att inte välta med lasset. Dessutom medför körning inom lutande områden generellt en större påfrestning på marken, speciellt på det hjulpar som är mot dalsidan, än vad körning inom plana områden medför. Detta gör det extra viktigt, som nämnts ovan i detta avsnitt, att arbeta med förebyggande stabilisering av marken. För omvandling av lutning i procent till lutning i grader hänvisas till tabell i *bilaga 1*.

Områden med mycket kraftig lutning, det vill säga över 26 grader eller 47 procent är förutom markens instabilitet och därmed risk för ras, inte tekniskt möjliga att köra inom eftersom maskinen riskerar att välta. Inom dessa områden kan anläggande av stabila basvägar på skrå längs med sluttningar, vara ett sätt att minska riskerna och effekterna av körskador. Rent praktiskt innebär det att man gräver i slänten så att en plan vägbana erhålls. Även om bärighetsklassen för stabila basvägar är lägre än för skogsbilvägar, är principerna för anläggande av dessa liksom hanteringen av vatten i anslutning till dem för att minimera risker för erosion och ras, detsamma som för skogsbilvägar. För byggande av stabila basvägar hänvisas därför till avsnitt 5.2.3. Generellt gäller dock att geotekniker bör rådfrågas vid grävning inom områden med mycket kraftig lutning.

Fällning manuellt kombinerat med att vinscha ut timret med kran, vajersystem eller linbanesystem är ytterligare metoder för att få ut timmer från slänter med kraftig lutning. I Sverige förekommer vinschning med kran främst inom mer begränsade känsliga områden, som vid avverkning i och kring raviner. Vinschning med linebanesystem förekommer idag inte i Sverige. Metoden används framförallt i alpländerna, men även något i Norge. Den kräver dock begränsad slänthöjd alternativt täta förband av stabila basvägar eller skogsbilvägar. Vid all form av vinschning kan problem med erosion uppkomma i eventuella släpskador. Metoden har dock fördelen att de oftast leder till en låg belastning på marken, vilket gör att de borde kunna användas mer frekvent vid avverkning på instabila sluttningar än vad som förekommer idag i Sverige.

5.2.3 Skogsbilvägar och andra liknande vägar samt vägdiken

Syfte med anpassning av vägar och vägdiken:

Att inte mer än nödvändigt blottlägga eller luckra upp mineraljord så att erosion kan uppstå.

Att inte mer än nödvändigt påverka vattnets rörelse i marken genom att dämna upp eller koncentrera vattenflöden till ett fåtal punkter ut i en slänt och på så sätt skapa erosion eller ras.

Att inte skapa infiltrationspunkter för vatten vilket kan leda till försämrad stabilitet och ras i slänten.

Att tänka på:

Vägar och vägdiken är den primära källan till erosion i skogsterräng. Var därför extra noggrann vid planering, anläggning och underhåll av dessa i branta områden samt i anslutning till branta områden.

Vid byggande över sluttningar som är brantare än 20 grader bör geoteknisk expertis rådfrågas.

Minska mängden på rinnande vatten från slänten uppströms vägen genom avskärningsdiken eller genom att på annat sätt leda vatten bort från vägen.

Förhindra att vatten i diken på uppströmssidan av vägen infiltrerar i vägen och gör den instabil eller i värsta fall rasar.

Fördela vattnet på flera trummor när du leder det under vägen. På detta sätt minskar du risken för erosion och ras till följd av höga koncentrerade flöden i enskilda punkter.

Dimensionera trummorna rätt. En för liten trumma kan leda till dämning, översvämning eller bortspolning av väg och trumma.

Lägg reservtrummor som kan fungera i händelse av stopp eller vid mycket höga flöden.

Undvik att leda vatten genom skarpa kurvor. Fördela vattnet ut i slänten innan eventuell krök samt erosionssäkra diket och slänten nedanför diket.

Underhåll kontinuerligt dräneringen av vägkropp, trummor och vägdiken.

Skogsbilvägar ska projekteras enligt Skogsstyrelsens anvisning ”Anvisningar för projektering och byggande av skogsbilvägar klass 3 och 4” (Gunnarsson m fl., 2011). Följande beskrivning är ett tillägg till Skogsstyrelsens anvisning och gäller vad man särskilt bör beakta vid anläggande av nya och åtgärder av befintliga skogsbilvägar vid nedanstående förhållanden (se även *figur 24*).

1. Vägar på skrå över terräng som lutar mellan 10–25 grader, se *punkt 1 i figur 24*.
2. Vägar med passage över vattendrag i ravinformationer och då avverkning ska utföras i närheten av ravinen (mindre än 200 meter ifrån ravinen), se *punkt 2 i figur 24*.

3. Vägar på ett avstånd mindre än 200 meter nedanför en avverkning som ska utföras i mycket kraftigt lutande terräng (över 25 grader). Lutningen på marken där vägen ligger är av mindre betydelse, se *punkt 3 i figur 24*.

Observera att nya skogsbilvägar inte bör byggas över sluttningar som är brantare än 18 grader utan att rådfråga geoteknisk expertis.

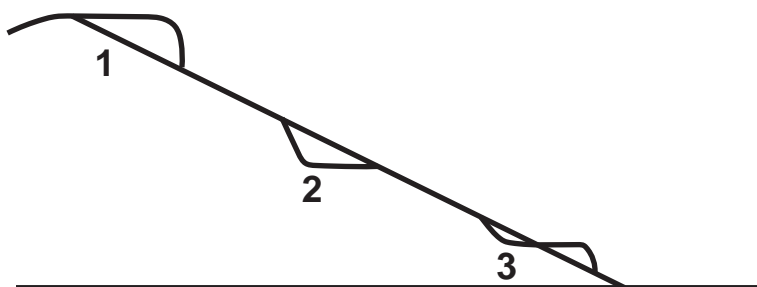


Figur 24. Illustration av de specifika förhållanden som redogörs för i föreliggande rapport utöver vad som anges i Skogsstyrelsens anvisning "Anvisning för projektering och byggande av skogsbilvägar klass 3 och 4" (Gunnarsson, m fl., 2011). Punkt 1 rör vägar på skrå inom slänter med en lutning av 10-18 grader, punkt 2 rör vägar över raviner och där avverkning planeras inom 200 meter från ravinen och punkt 3 rör vägar där avverkning planeras närmare än 200 meter ovan vägen i mycket kraftigt lutande terräng (över 25 grader). Illustration, K. Lundström.

Dragning av skogsbilvägar inom branta områden måste föregås av noggrann planering i fält. Undvik att lägga vägar i anslutning till sjöar, vattendrag, våtmarker och myrar. Lagg dem inte heller i kantzoner mot dessa miljöer. Förutom detta bör vägens dragning i landskapet göras så att skarpa krökar eller kraftiga upp- och nedförslut undviks. Mindre höjdskillnader och gupp kan dock vara bra för att bromsa vattenhastigheten längs vägbanan. Förutom att en mindre kuperad och rak väg underlättar framkomligheten för lastbil med släp, minskar det risken för erosion som kan uppstå i skarpa krökar på vägdiaken.

När vägen måste gå på skrå längs en slänt finns tre huvudprinciper för placering och utförande (se *figur 25*). Vägen kan dels byggas genom att material forslas till platsen och används för att bygga upp hela väggroppen, dels byggas genom att vägbanan schaktas in i slänten och schaktmassorna avlägsnas och dels genom att vägbanan till hälften schaktas in i slänten och schaktmassorna används för byggande av resten av vägbanan. Vilken metod som används beror på släntens längd, lutning, vattenförhållanden och jordart (inklusive jordens tekniska egenskaper). Man bör dock

alltid eftersträva att inte belasta marken, det vill säga tillföra marken tunga laster i form av jord, kross, timmer eller annat material. Metoderna 2 och 3, där man helt eller delvis gräver ut vägens skärning utan att tillföra ny belastning är därför att föredra. Bildas mycket branta skärningsslänter på ovansidan krävs att slänten stabiliseras och erosionssäkras med krossmaterial, vegetation, stockar etc.



Figur 25. Olika teknik för byggande av skogsbilväg eller annan liknande väg i en sluttning. Man kan dels bygga upp hela väggroppen av tillforslat material (1), dels schakta ut vägbanan ur slänten och föra bort schaktmassorna (2) och dels schakta ut delar av vägbanan ur slänten och använda schaktmassorna för att bygga delar av väggroppen (3). Metod 2 är att föredra för att inte orsaka belastning av slänten. Branta skärningsslänter som behöver erosionssäkras kan dock uppstå. Illustration: A. Lomander.

Även om skogsbilvägar ska anläggas med minsta möjliga inverkan på vattenrörelser i skogslandskapet måste åtgärder alltid vidtas för att hantera yt- och grundvatten i anslutning till väggroppen, vägskarningen och eventuell brant vägs slänt nedanför vägen. Syftet är att minska risken för erosion av dels eventuell släntskärning, dels av väggroppen eller vägbanan och dels av slänten nedanför vägen. Det gäller således att vara konstruktiv och förutseende, speciellt när man planerar avledande av vatten. En enkel tumregel är att följa vattnets väg och fundera vad som skulle hända vid ett långvarigt skyfall. Var finns möjligheter för vatten att breda ut sig, var finns kritiska punkter som exempelvis underdimensionerade eller felaktigt lagda trummor som riskerar att dämna? En igensatt trumma eller en trumma med för låg kapacitet kan dämna stora mängder vatten. När trycket sedan blir för högt uppströms trumman kan till exempel en väg- eller järnvägsbank brista och en störtflod ger sig iväg nedströms, med stor förödelse som följd. När man följer vattnets väg är det dessutom viktigt att utgå från att man inte ska ändra vattnets naturliga flödesvägar, alternativt påverka dem i så liten omfattning som möjligt.

Flera olika typer av åtgärder kan behöva vidtas eller kombineras för att hantera vattnet. Nedan följer en sammanställning över exempel på åtgärder.

Överdiken, det vill säga grunda avskärningsdiken ovan sluttningen eller vägskarningen, kan behöva skapas för att fånga upp och avleda vatten så att det inte rinner ned längs sluttningen mot vägen (se figur 26). Med hjälp av överdiken hindras vatten att rinna över slänten och skapa erosion i vägskarningen. Vattnet förhindras också att infiltrera i väggroppen och därmed riskera att den trycks ut eller rasar.



Figur 26. Överdiken, markerad med blå linje, ovanför vägskäringen fångar upp och avleder vatten som annars skulle kunnat infiltrera i väggroppen och få den att rasa. Foto: A. Gunnarsson

Vägdiken anläggs för att fånga upp och styra ytavrinningen på ovasidan om vägen. Det är viktigt att dessa anläggs fortlöpande under vägbygget, så att väggroppen från det att arbetet påbörjas, skyddas från vatten och att nedanför liggande slänt inte påförs ytvatten. Vegetation bör etableras i dikesslänter så snart som möjligt efter anläggning, eftersom det ger ett mycket effektivt erosionskydd. Vegetation som etablerats på dikesslänterna bör inte rensas bort i samband med att vägdiket underhålls (jämför figur 14). Vid kraftig lutning av slänterna kan erosionsmattor, stockar, sprängsten, ris mm användas för att stabilisera slänterna (se figur 14 och figur 27). Vattnet från vägdiket leds genom trummor eller öppna tvärdiken genom väggroppen till mer stabila områden eller fördelas på flera punkter ut i slänten nedan vägen, vilket beskrivs mer ingående nedan.



Figur 27. Exempel på erosionsskydd av branta slänter med hjälp av stockar, stenblock eller nät av till exempel kokos. Foton: A. Lomander, K. Lundström

Vattnets mängd kan behöva minskas och vattnets hastighet i vägdikena behöva sänkas för att minska risken för erosion av såväl dikesslänter som vägkropp. Anläggande av stenfyllda korsdiken (se figur 28) eller trummor är en tekniker för att avleda vatten från vägdiket och på så sätt dels minska mängden vatten i diket, dels vattnets rinnsträcka och därmed den hastighet vattnet annars riskerar att nå. För att leda in vattnet i tvärdiket/trumman kan man anlägga hinder i diket som blockerar vatten från att fortsätta följa diket. Hindret kan vara konstruerat på olika sätt men det viktigaste är att det är av erosionsbeständigt material och att krönet är ungefär 0,3 meter lägre än nivån för den intilliggande vägens överyta. Denna nivåskillnad är nödvändig i händelse av att tvärdiket (trumma eller öppet) blir igensatt. För att undvika att vattnet stiger över vägens nivå kan det på detta sätt istället fortsätta över hindrets krön, ner till nästa hinder.

Vidare kan erosionsskyddande trappor av till exempel stockar, stenar eller halmbalar anläggas i diket, vilket dämpar vattnets hastighet och eroderande kraft. Dessa åtgärder bidrar även till att minska slamtransporten från vägdiken ut i eventuella angränsande vattendrag eller sjöar. Teknik för att dämpa vattenhastighet i diken beskrivs och illustreras ytterligare under avsnitt 5.3.2.



Figur 28. Breda stenfyllda korsdiken har många funktioner. De kan användas för att bromsa och fördela vatten från vägdkiket ut i slänten på nedsidan vägen. De kan även användas för att bromsa upp vatten som rinner på vägplanet och leda ut det i slänten på nedsidan vägen. På detta sätt förhindras vattnet att få hög hastighet i diket och på vägen och man fördelar dessutom vattnet på flera punkter. Exemplet kommer från Norge. Foto: Jonsson, NGI.

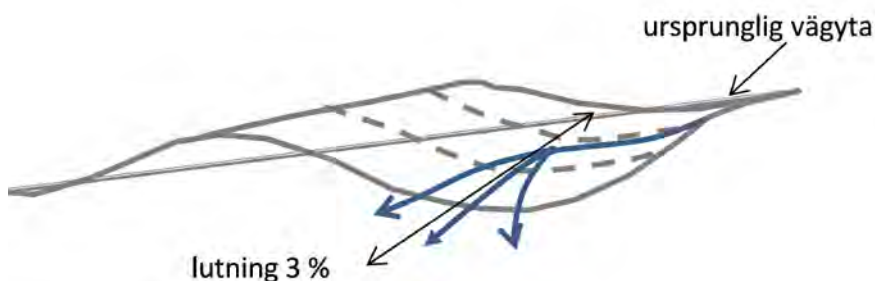
Om diken inte är möjliga att anlägga eller om mängden vatten som når vägbanan anses liten, bör en svag lutning av vägplanet ut mot slänten nedanför vägen utformas. Syftet är att vatten från slänten ovanför vägen ska kunna rinna av över vägplanet (och inte in i väggroppen) och ut i slänten nedanför. Lutningen av vägplanet bör i det fallet vara mellan 1 och 3 procent (1:100–1:30) och det bör vara säkerställt att ytan är kompakterad så att vatten inte riskerar att infiltrera i väggroppen (se figur 29).



Figur 29. För att leda vatten från vägplanet och ut i terrängen kan vägplanet lutas mellan 1 och 3 procent. Foto: K. Lundström.

Vatten som rinner på själva vägplanet måste också hanteras. Längs långa lutande vägplan riskerar annars vatten att ansamlas och få så hög hastighet att det skär ner i vägbanan eller sluttning och utlöser erosion och ras. Genom att skapa kontinuerliga

motlut, det vill säga små gupp längs vägsträckan kan vatten fångas upp, bromsas och styras ut i terrängen (se figur 30). Metoden lämpar sig främst för stabila bas- och stickvägar. Ju brantare väg desto fler motlut behövs. En hjälp för att beräkna lämpligt avstånd mellan motlut ges i tabell 2.



Figur 30. För att bromsa vattenhastigheten längs vägplanet, och därmed minska erosionen av denna, kan små upphöjningar det vill säga motlut, skapas kontinuerlig längs vägsträckan. Illustration: K. Lundström

Tabell 2. Lämpligt avstånd mellan motlut beroende på vägens lutning upp längs slutningen

Vägens lutning (procent)	(grader)	Avstånd mellan motlut (meter)
>5	>2,8	40
5-10	2,8-5,7	25
10-15	5,7-8,5	20

Ett annat alternativ för att förhindra erosion av själva vägbana och för att styra vattnet till stabila marker, är att anlägga så kallade öppna tvärdiken. Det är rännor tvärs vägbanan som konstrueras av brädor, timmer, sten eller betong (se figur 31). Öppna tvärdiken bör ha en svag lutning i vertikalplanet av 1–2 procent, det vill säga 1:100–1:50, och anläggas i svag lutning, mot väglinjens riktning, med andra ord inte vinkelrät mot vägens riktning. Ju brantare lutning av vägen, desto tätare behöver vattenavledande korsdiken anläggas. Som riktlinje kan man använda samma avstånd mellan dessa som för motlut (se tabell 2). Detta är ett alternativ som passar bra för exempelvis skogsbilvägar.



Figur 31. Öppna tvärdiken i Österrike. Anläggs då vägen lutar och risk finns att vattnet får så hög fart att det kan erodera vägbanan. Med hjälp av öppna tvärdiken fångar man upp vattnet från vägbanan och fördelar det ut i terrängen eller leder det till mer stabila områden. Foto: K. Lundström och A. Lomander

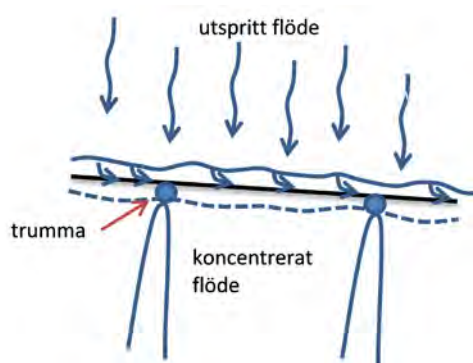
Man kan, som nämnts ovan, även använda stenfyllda tvärdiken (se *figur 28*) istället för öppna tvärdiken. Dessa har en dubbel funktion då de både kan avleda vatten som strömmar längs vägbanan och vatten som strömmar i diken. Även stenfyllda korsdiken bör ha en svag lutning av 1–2 procent och anläggas i en svaglutning mot väglinjens riktning, det vill säga inte vinkelrät mot vägens riktning.

Trummor av plast är det vanligaste sättet att avleda vatten från vägdiken. Trummorna bör generellt dimensioneras enligt Skogsstyrelsens ”Anvisningar för projektering och byggande av skogsbilvägar klass 3 och 4” (Gunnarsson, m.fl., 2011). Då skogsbilvägar går i slänter med en lutning över 10 grader, som beskrivs i *figur 24*, måste emellertid alltid särskild hänsyn tas till ytvattenavrinning. I dessa områden kan ytavrinningen vid intensiva och långvariga nederbördstillfällen och vid tjällossning bli betydande. Om dessutom avverkning sker inom området eller invid en bäckravin ökar avrinningen ytterligare. Kraftig ytavrinning kan leda till erosion, ras och slamströmmar som kan dra med sig vägen och påverka nedanför liggande fastigheter och infrastruktur. Vid dimensionering av trummor i dessa förhållanden bör man därför välja en dimension större än vad man annars skulle gjort. Trummorna bör även placeras tätare. Avståndet mellan trummorna beror på vägens lutning i fallriktningen och bör inte understiga rekommendationerna i *tabell 3*.

Tabell 3. Maximalt avstånd mellan trummor för skogsbilvägar och stabila basvägar i sluttningar, nära raviner eller vid avverkning inom 200 meter ovanför vägen i sluttningen (se *figur 24*)

Lutning längs vägen (stigning)		Maximalt avstånd mellan trummor (meter)	
Kvot längd/höjd	Procent	Grader	
1/12,5	8	4,6	100
1/10	10	5,7	90
1/8	13	7,1	70
1/4	25	14,0	50

Om trummor placeras med för stort inbördes avstånd finns risk för höga vattenhastigheter i diket. Det kan i sin tur medföra erosion och att trummorna inte kan avbörda allt vatten som kommer i diket. Det kan även uppstå problem med erosion vid in- och utloppet av trummorna om ytavrinningen blir alltför koncentrerad (se *figur 32* och *33*).



Figur 32. Om trummor placeras med för stort avstånd finns stor risk att ett utspritt flöde ovan vägen blir ett koncentrerat flöde nedanför och därmed orsakar erosion i sluttningen nedanför vägen.

Illustration: K. Lundström



Figur 33. Ravinbildning orsakad av ett koncentrerat flöde i en underdimensionerad vägtrumma. Ravinbildningen startade våren 2007 i samband med anläggande av en skogbilväg inför en avverkning i Bohuslän, och rasen fortgår fortfarande 2016. Idag är ravinen över 100 meter lång och 3–4 meter djup. Foton: A. Lomander

Trummorna bör dessutom läggas i en vinkel med mellan 30 och 35 grader nedåt vägen och med en lutning av 1–3 grader, det vill säga cirka 3–5 procent (se figur 34).



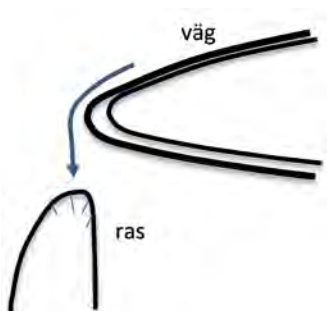
Figur 34. Trummor för avledning av dikesvatten läggs i en vinkel av cirka 30 grader mot vägen och med en lutning av 5 procent, det vill säga 3 grader i fallriktningen. Illustration: A. Lomander

Erosionssäkring bör ske vid in- och utlopp av trummor samt på andra kritiska punkter så att erosion till följd av vattnets spolande kraft inte uppstår i diken eller vägslänter. In- och utlopp till trummor och korsdiken kan erosionssäkras genom stensättning av en skålförmad ränna vid in- respektive utloppet (se figur 35). Kross med en diameter på över 10 centimeter bör läggas i ett lager av minst 30 centimeter för att klä rännan. Erosionsskyddet bör sträckas minst 2 meter utanför röröppningen och minst 0,5 meter innanför. Det bör även anläggas så att det täcker minst 0,3 meter ovanför högsta vattennivån alternativt några decimeter över högsta tänkbara vattennivå. In- och utlopp bör även underhållas kontinuerligt så att de inte sätts igen av jordmaterial, stockar, ris och stenar som transporteras med vattnet.



Figur 35. De två övre bilderna visar exempel på erosionsskydd av slänt i anslutning till in- och utlopp av trummor. Den nedre bilden visar erosionsskydd av inlopp som kombinerats med en reservtrumma för höga vattenflöden. Foton: K. Lundström

I krökar av vägen bör man också vara observant på vart vattnet tar vägen då risken är stor för erosion just i vägkröken. Man bör därför även stabilisera vägdiket i eventuella krökar, alternativt leda av vatten innan krök för att minska risken att vattnet spolar över kanten eller eroderar och därmed far rakt fram i kurvan (se figur 36). Vattnet bör ledas till stabil mark, det vill säga flackare partier med jordarter bestående av en mindre andel finsand eller silt.



Figur 36. När slutningen ändrar riktning finns risk att dikesvatten, istället för att följa vägen, far rakt fram och skär ner i slutningen. Illustration: K. Lundström

Sambandet mellan erosion och vattenhastighet samt avsättning av partiklar illustreras i Hjulströms diagram som visas i *bilaga 2*. Med hjälp av detta diagram kan man få fram vattnets förmåga att loss göra, transportera och sedimentera partiklar av en viss storlek. Känner man till markens kornstorlek, det vill säga textur, och vilken vattenhastighet man har i ett dikessystem kan man således bilda sig en uppfattning om man riskerar att få erosion och således även risk för läckage av grumligt vatten ut i till exempel en sjö eller ett vattendrag. Detta är därför ett bra hjälpmedel för att utforma lämpliga anpassningar av åtgärder. I bilagan ges tre exempel för att illustrera hur man läser av Hjulströms diagram. Av dessa exempel framgår att en vattenhastighet på 2–3 m/s eroderar jord med en kornstorlek under 23 millimeter medan en vattenhastighet på 0,5 m/s endast eroderar jord med en kornstorlek under 1,8 millimeter.

Permanent skydd av skärningsslänter och andra erosionskänsliga ytor kan göras med en rad olika metoder; både med enbart vegetation och med en kombination av växter och tillverkade produkter så som geotextilier, trä, betong (se *figur 14* och *27*). För ytterligare exempel och mer detaljerade beskrivningar hänvisas till Rankka (2002). Vid underhåll av vägdiken måste hänsyn till vegetationen tas för fortsatt bibehållet erosionsskydd. Rensning bör därför huvudsakligen inriktas mot botten och syfta till att få bort nedrasat eller avsatt material som kan täppa igen diket.

5.2.4 Avlägg och andra typer av upplagsplatser

Syfte med anpassning av platser för avlägg/upplagsplatser:

Att inte skapa en hög belastning på marken i sluttande terräng vilket kan framkalla ras.

Att inte orsaka ett högt slitage och därmed blottlagd mineraljord eller ändrat vattenflöde i området.

Att tänka på:

Försök placera avlägget/upplagsplatsen lågt i terrängen, vid släntfot eller inom ett stabilt område.

Placera aldrig avlägg/upplagsplats i eller direkt ovan slänter med en lutning över 25 grader.

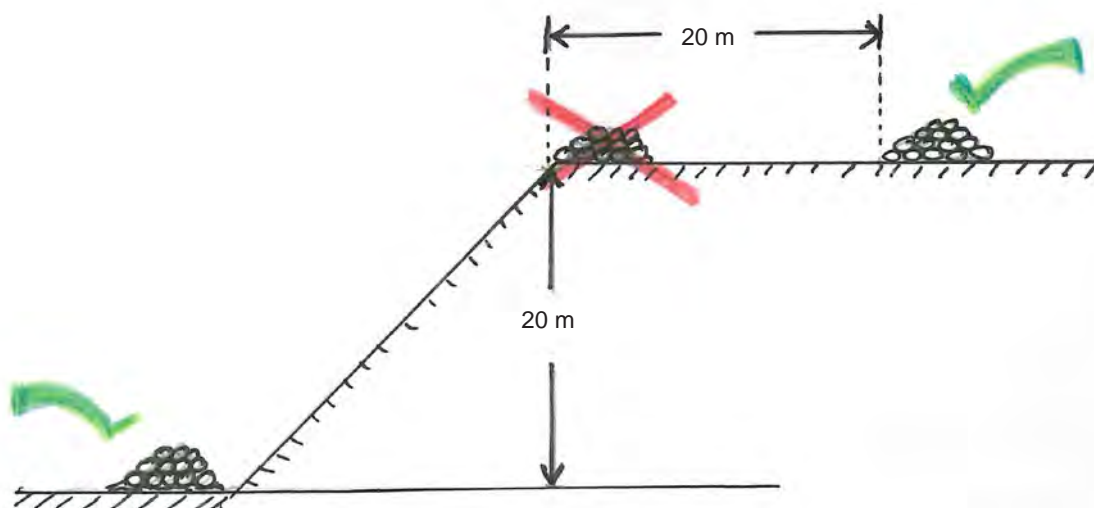
Måste avlägget/upplagsplatsen placeras ovan en slänt bör det ske på ett avstånd från släntens krön motsvarande slänthöjden.

Stabilisera marken vid avlägget/upplagsplatsen med ris, virke eller kross.

Se till att vatten inte rinner in mot eller ansamlas vid avlägget/upplagsplatsen under pågående arbete och efteråt.

Avlägg eller upplagsplatser för till exempel jord medför ofta en stor belastning på marken, vilket kan orsaka, om det läggs i övre delen av sluttningen, att en slänt rasar. Dessutom erhålls ett kraftigt slitage på marken till följd av upprepade tunga körningar, vilket skadar sammanhållande rötter och blottlägger mineraljord. Placering av avlägget/upplagsplatsen bör därför planeras noggrant. Avlägget/upplagsplatsen bör inte placeras

i slänter med en lutning över 25 grader. De bör inte heller placeras på eller just bakom släntkrön, det vill säga inte högst uppe på kanten av en slänt. Slutligen bör avlägg/upplagsplatser inte placeras vid eller i anslutning till naturliga vattendrag. För att minska risken för ras bör istället vältor eller annan belastning placeras nedanför slänten eller på ett avstånd från släntkrön motsvarande minst släntens höjd (se figur 37). Förutom detta är det bra att försöka sprida ut lasten över ett större område, det vill säga dela upp den, så att en punkt inte får för hög belastning. Möjligheterna att dela upp avlägget beror dock på traktens läge i terrängen. Placering av timmervälta eller jordmassa nedanför branta slänter eller på stabila marker är dock alltid att föredra. Ytterligare information och regler att förhålla sig till finns även att läsa i Trafikverkets folder ”Upplag av virke och skogsbränsle vid allmän och enskild väg” (Trafikverket 2016).



Figur 37. Timmervältor eller andra former av upplagsplatser som medför en hög belastning på marken ska helst placeras nedanför branta slänter, det vill säga vid släntfot. Måste placeringen ske ovan slänten ska det ske på ett avstånd från släntkrönet motsvarande minst släntens höjd. Illustration: A. Lomander

Extra skydd av marken i anslutning till avlägg behövs också. Om ris och virke inte bedöms räcka för att skydda kan marken förstärkas med grövre material som till exempel krossmaterial. Detta skyddar barlagd mineraljord samtidigt som det är genomsläppligt för ytvatten och därmed inte bidrar till en koncentration av infiltrationspunkterna eller uppdämning av eventuellt avrinnande ytvatten (se figur 38).



Figur 38. Avlägg innebär ett kraftigt slitage på marken i kombination med en stor tyngd, vilket kan öka risken för erosion och ras. Här har ris i anslutning till avlägget inte räckt för att skydda marken. Vatten har dessutom runnit i spåren från basvägen i sluttningen ovan och ansamlats vid avlägget, samt svämmat ut över en allmän väg. Foto: A. Lomander.

Ytavrinningen i anslutning till avlägg bör hållas under uppsikt. Det är viktigt att vatten inte leds i spår eller diken in mot avlägget eller på annat sätt ansamlas där, eftersom ökad vattenhalt i marken minskar stabiliteten. Vägdiken och trummor måste därför också kontrolleras och underhållas kontinuerligt i anslutning till avläggen (se *avsnitt 5.2.3*). Även efter avslutad åtgärd bör detta underhåll fortgå.

5.2.5 Markberedning

Syfte med anpassning av markberedning:

Att inte blottlägga stora områden av mineraljord eller förstöra rötternas sammanbindande funktion.

Att tänka på:

Markbered inte erosionskänsliga områden med måttlig lutning (över 10 grader). Plantera istället barrot så snabbt som möjligt efter avverkning.

Inom erosionskänsliga områden som är flackare än 10 grader kan en försiktig högläggning ibland genomföras för att gynna ett snabbt lövuppslag.

En lättare markberedning, det vill säga högläggning med grävskopa, kan möjligen genomföras på erosionskänsliga marker med svag lutning (släntlutning mindre än 10 grader). På erosionskänsliga marker med lutning över 10 grader bör dock markberedning inte ske. Var gränsen går mellan när det är lämpligt alternativt olämpligt att markbereda ur erosionssynpunkt, är svårbedömt, vilket gör att man bör vara försiktig. Orsaken till att man bör vara restriktiv med markberedning inom dessa

områden är främst att mineraljord blottläggs och rötternas sammanbindande funktion av marken förstörs (se *figur 39*). Plantering med snytbaggesskyddade, barrotsplantor direkt i anslutning till avslutad avverkning bör istället ske för att erhålla en snabb etablering av ny skog. Även plantering med löv kan behöva ske.



Figur 39. Erosion orsakad av kraftig markberedning på ett finkornigt sediment i en slutning.
Foto: M. Ekstrand

5.3 Anpassning av åtgärder med syfte att leda vatten

I detta avsnitt utgår vi från vattnets betydelse för uppkomst av erosion, ras, slamströmmar och delvis översvämning och de åtgärder som leder till en direkt påverkan på vattenmängder och vattenflöden inom ett område. Med åtgärder som kan ha en direkt påverkan, avser vi här olika dikningsåtgärder i produktionshöjande syfte på skogsmark, samt läggande av trummor vid passage av diken och vattendrag. Åtgärder med en indirekt påverkan som exempelvis förändring av vegetationstäcke och spårbildning hanteras under *avsnitt 5.1*, respektive *5.2*. Vägdiken hanteras separat i anslutning till *avsnittet 5.2.3* om skogsbilvägar.

Inledningsvis ges en kort beskrivning över vilka effekter vattenflöden och vattenmängder till följd av olika åtgärder, kan medföra. Därefter beskrivs hur åtgärderna kan anpassas för att minska riskerna för erosion, ras, slamströmmar och översvämning.

5.3.1 Förändringar i ytvattenavrinning och grundvattennivåer

Vattenmängder och vattenflödena såväl på som i marken, har stor betydelse för en marks stabilitet. Generellt gäller att ökade mängder vatten liksom ökade flödes hastigheter av vatten ökar risken för erosion, ras eller slamström. Av denna orsak bör man inte samla upp och leda ned vatten längs en slänt med kraftig lutning eller på annat sätt orsaka att vatten rinner med hög hastighet inom kraftigt lutande områden. Man bör även förhindra att vatten ansamlas och tränger ned i marken, det vill säga infiltrerar, inom ett begränsat område. Den höga vattenhalten i marken kan leda till att marken rasar. Förutom att fördela vattenflödena i landskapet, dämpa vattnets flödes hastighet och avrinnande volym är det viktigt att undersöka att eventuella trummor nedströms (oavsett ägare av dessa) har dimensioner så att de klara de nya flödena. En igensatt trumma eller annan

form av stopp i ett anlagt dike kan leda till översvämningar, vilket kan föra med sig att vattnet tar andra vägar vilket i sin tur kan orsaka erosion eller ras. Dessutom kan trycket från vatten och jord på en väggkropp eller trumma bli så högt så att det till slut brister och då är det stor risk för höga flöden (en liten flodvåg) som orsakar kraftig erosion och slamström.

På motsvarande sätt som beskrivs under *avsnitt 5.2.3* som bland annat berör vägdiken, gäller det att vara förutseende när man planerar avledande av vatten. Att ge sig tid att följa vattnets väg och fundera kring vad som händer vid ett kraftigt skyfall är en bra utgångspunkt för planering av lämpliga åtgärder.

5.3.2 Dikesrensning

Syfte med anpassning av rensning av produktionsdiken:

Att inte erhålla för stora mängder vatten som rinner med för hög hastighet in mot eller över områden med kraftig lutning.

Att inte blottlägga mineraljord och därmed öka angreppsytan för erosion inom känsliga områden.

Att inte orsaka ansamling eller dämning av vatten i känsliga punkter.

Att tänka på:

Rensa endast diket om behov verkligen finns.

Planera åtgärden i fält vid barmark och upprätta skriftliga direktiv som kommuniceras till samtliga berörda.

Rensa vid lågvattenflöde, med små maskiner och utan att skada kringliggande mark eller dikeskanter.

Koncentrera rensningen till dikesbotten och behåll stabiliserande vegetation i slänter och dikeskanter.

Gör aktiva åtgärder för att hålla vattnets hastighet låg, som till exempel att släppa vattnet över orensade partier, låta diket meandra eller anlägga olika ”trappor” som bromsar.

Erosionssäkra extra känsliga områden som till exempel vattenkorsningar, dikesavslut och in- och utlopp till trummor.

Underhåll alltid trummor som kommer att beröras av vatten från det rensade området. Rensa trummorna, samt deras in- och utlopp och byt ut trasiga trummor. Byt även till större dimension om det kommer mycket material i trumman eller om det finns spår av höga vattenflöden över trumman.

Dikessystem i produktionshöjande syfte är inte vanligt inom kraftigt lutande erosionskänsliga marker, eftersom avrinningen från dessa marker generellt är naturligt hög. Dikessystem som avslutas, eller där vattnet släpps i kraftigt lutande slänter, förekommer dock. Rensning av befintliga diken, till tidigare djup och läge, med syfte

att upprätthålla markens produktionsförmåga, är lagligt och sker när dikets funktion försämras eller i samband med till exempel avverkning. I samband med rensningar av dikessystem som finns inom eller mynnar ut i slätter med kraftig lutning bör man dock vara försiktig för att inte orsaka erosion, ras eller slamströmmar.

Vattenhastigheten måste dämpas genom en rad åtgärder. Lutning av dikessystems botten ska generellt vara låg, kring 2–4 promille och lutningen i trummor bör inte överskrida 1 procent, inom flacka marker. Syftet är att erhålla en vattenhastighet (max 0,5 m/s) som inte skapar erosion och slamtransport. Eftersom dikets botten huvudsakligen följer markytan är det omöjligt att uppnå denna lutning inom områden som lutar mer. Vattenhastigheten i diken över sluttningar blir därför vanligen högre där. För att motverka vattnets eroderande kraft behöver vattenhastigheten därför dämpas, vilket kan göras genom en rad olika åtgärder. Exempel på åtgärder är att släppa dikets vatten över orensade partier, våtmarker eller mer flacka partier för att därefter fångas upp igen nedanför området (se *figur 40*).



Figur 40. Genom att låta delar av dikessystemet förbli orensade, till exempel våtmarker eller flackare partier där man kan låta vattnet breda ut sig, ökar man vattnets uppehållstid i landskapet och sänker vattenhastigheten. Det orensade diket syns som en försänkning till vänster i bild och går utför sluttningen. Foto: A. Lomander

Att öka dikets meandring (slingrighet) genom att till exempel lägga i större stenar är också ett sätt att sänka vattenhastigheten (se *figur 41*), liksom att med hjälp av stockar eller sten skapa trappor i dikessystemet så att vattnets hastighet sänks (se *figur 42*). Ytterligare exempel är att anlägga stenkistor eller bygga kraftiga risproppar i diket som dels bromsar vattenhastigheten, dels fångar slam, det vill säga jordmaterial (se *figur 43*). Det finns även en rad andra tekniker för att reducera vattenhastigheten, och därmed dämpa vattnets eroderande kraft. Flera av dessa tekniker används vid åtgärder i utomlands eller i vägdiken (se även *avsnitt 5.2.3*).



Figur 41. Vattnets hastighet kan sänkas genom att lägga ut stora stenar i dikessystemen för att öka slingrigheten, med andra ord meandringen. Bilden är ett exempel från en dikesrensning i Finland. Foto: A. Lomander



Figur 42. Genom att skapa trappor av stockar eller sten kan man också få vattnet att tappa energi och därmed rinna långsammare. Exemplet visar åtgärder i naturliga bäckar, men åtgärderna lämpar sig i såväl produktionsdiken på skogsmark som längs vägdiaken. Vid åtgärder i rensade rätade vattendrag eller naturliga vattendrag måste alltid kontakt med Länsstyrelsen tas då denna typ av åtgärd kan orsaka vandringshinder för fisk. Foton: K. Lundström och J. Hagström



Figur 43. Anläggande av stenkistor eller risproppar är ytterligare alternativ för att bromsa upp vattenhastigheten. Foton: H. Krekula & M. Gjåls

Erosionssäkring av dikessystem kan behöva göras om man befarar kraftigt ökade flöden, till exempel som följd av ökad ytavrinning från ett avverkat område eller rensningar av angränsande diken. Åtgärden kan främst behövas i krökar, fall (mindre område där vattnet rinner snabbare till följd av nivåskillnad), korsningar av diken, avslut av diken samt vid in- och utlopp till trummor. Åtgärder kan även behövas när man riskerar höga koncentrerade flöden på en viss punkt. Exempel på åtgärder för erosionssäkring beskrivs under *avsnitt 5.2.3*. Utöver detta kan man fördela dikets vattenflöde över ett bredare område eller på flera punkter och därefter fånga upp det igen nedan sluttningen med ett avskärningsdike.

I *bilaga 2* visas Hjulströms diagram vilket illustrerar vattnets förmåga att lossöra, transportera och sedimentera partiklar av en viss storlek. Med kännedom om markens jordart och vattenhastigheten i diket kan man från detta avläsa om man riskerar erosion och därmed även transport av grumligt vatten och utifrån det anpassa åtgärderna för att dels minska erosionen i och kring diket, dels minska risken för negativ påverkan på vattenkvalitén.

Valet av teknik för dikesrensning diskuteras idag inom svenskt skogsbruk. Rensning med små, lätta, bandförsedda maskiner som inte kräver att gator huggs upp längs diket, det vill säga att vegetationen kan bibehållas, och inte river upp eller kompakterar marken, bör användas. Dessutom bör små gripskopor som endast kan lyfta upp slam och nedrasat material från botten, utan att ta bort och skada stabiliserande vegetation i dikesslänterna, användas (se *figur 44*). Vid användande av profilskopor ökar risken för att stabiliserande vegetation avlägsnas längs kanterna (se *figur 44*) vilket ökar angreppsytan för erosion markant. Detta gör att man bör använda en slät skopa vilken inte river upp den stabiliserande vegetationen lika mycket som en skopa med tänder.



Figur 44. Små, lätta maskiner och gripskopor som endast lyfter bort nedrasat material från dikets botten är att föredra. Tekniken bidrar till att bevara den skyddande och stabiliserande vegetationen på dikeskanterna och river inte upp eller kompakterar marken i anslutning till diket (vänstra bilden). Används en större grävmaskin måste mer vegetation avlägsnas för maskinens framkomlighet och risken för markskador ökar. Används dessutom profilskopa riskerar man att blottlägga en större andel mineraljord längs dikeskanterna, vilket ökar risken för erosion (högra bilden). Foton: A. Lomander

Valet av tidpunkt för rensningen är också viktigt. Genom att rensa under den tid man har en vattensugande vegetation och lite nederbörd, det vill säga vid lågvattenflöde, minskar risken för erosion i samband med åtgärden. Risken för markskador i anslutning till rensningen minskar också under torrperiod. Många gånger sker rensning av skogsdiken direkt efter att man avverkat, under hyggesfasen. Inom eller i anslutning till slänter med draftig lutning bör detta undvikas. Under hyggesfasen ökar avrinningen från hygget och kombineras det med en rensning, ökar avrinningen ytterligare. För att minska riskerna för kraftig erosion bör därför eventuell rensning ske i växande bestånd. Man bör inte heller släppa vatten från dikessystem ut över avverkade slänter. Vattnet bör istället ledas från diket och släppas i flack skogbevuxen terräng.

Trummor och andra tekniker för korsande av rinnande vatten och dikessystem hanteras under *avsnitt 5.3.4*.

5.3.3 Skyddsdikning

Syfte med anpassning av skyddsdikning:

Att inte skapa koncentrerade flöden i slänter med kraftig lutning.

Att inte blottlägga mineraljord.

Att tänka på:

Skyddsdikning med syfte att säkerställa återbeskogning är varken lämpligt eller av behov i slänter med kraftig lutning.

Släpp inte vatten från skyddsdikade områden ut i slänter med kraftig lutning.

Syftet med skyddsdikning är att tillfälligt leda bort överskottsvatten som uppstått till följd av avverkning, för att snabbt kunna etablera ny skog. Djupet på dessa diken får maximalt vara 50 centimeter och de ska vara flacka och lämnas att växa igen. Inom skogsbruket tillämpas skyddsdikning för att leda bort vatten från blöta partier eller skära av vattenflöden längs sluttningar för att minska försumpningen nedanför. Förutom kanalisering av vattenflöden medför åtgärden skapandet av breda, grunda flacka diken. Detta innebär ofta att en stor yta av mineraljord blottläggs, vilket ökar risken för erosion (se *figur 45*). Dessa risker gör att skyddsdikning för beståndets skull bör undvikas inom eller i anslutning till områden med kraftig lutning. Planering av hyggets storlek, liksom val av metod för avveckling av beståndet och kommande trädslagsval, bör istället användas för att återbeskoga.



Figur 45. Ett grunt och flackt skyddsdikey som ska lämnas att växa igen då beståndet etablerats och återfått sin vattensugande förmåga. Foto: A. Lomander

Grunda avskärningsdiken, med syfte att skära av tillrinningen av ytvatten till en slänt eller begränsa ytavrinningen längs en slänt, skulle kunna användas för att begränsa risken för erosion och ras i samband med olika åtgärder i en slänt. Då dessa diken primärt inte har som syfte att gynna återbeskogningen är det oklart om de kan benämnas skyddsdikning, även om utformningen av dem torde vara likartad. Det är således oklart om de faller inom Skogsvårdslagens eller miljöbalkens lagrum. Trots behovet av juridisk utredning här, har grunda avskärningsdiken en viktig funktion att fylla. Förutom att hindra pårinnande eller fånga upp avrinnande vatten i samband med avverkning eller gallring, kan de användas för att avleda vatten från till exempel körspår eller rotvälter i sluttning (se *figur 17* och *26*). De har således en viktig funktion som åtgärd för att förhindra skador samt vid återställande av skador.

5.3.4 Korsande av vatten

Syfte med anpassning vid korsande av vatten:

Att inte blottlägga mineraljord eller på annat sätt skada marken i anslutning till vattendraget eller diket.

Att inte förändra vattnets flödesväg i eller kring vattendraget eller diket.

Att inte orsaka dämning av vattendraget eller diket.

Att tänka på:

Planera åtgärderna noga och minimera antalet överfarter.

Använd alltid någon form av bro eller trumma vid korsande av vatten.

Dimensionera bron eller trumman så att den fungerar även vid höga vattenflöden.

Skydda på och avfarterna noga så att markskador inte uppstår.

Avlägsna alternativt underhåll noga anlagda broar och trummor.

Skogsbruket jobbar idag efter principen ”inte nudda vatten” vid överfart av vatten. Denna princip gäller även då vatten ska korsas i sluttningar eller när ravinformationer finns uppströms. Det innebär att bro eller trumma ska användas och marken i anslutning till överfarten, det vill säga på- och avfart, ska skyddas så att den inte körs sönder. Denna princip bör aldrig frångås inom erosionskänsliga områden eller när raviner finns uppströms, i de fall ett vattendrag eller dike måste korsas. Man ska minimera antalet överfarter.

Tillfälliga broar kan användas för att korsa vattendrag längs en bas- eller stickväg ute på en trakt. De kan konstrueras av markskonare (se *figur 46*) eller byggas på plats av befintligt virke, av skördaren (se *figur 21* och *47*). Platsen för bron/överfarten bör väljas så att marken lutar så lite som möjligt och där stabilast möjliga kant kan erhållas. Kanten ska dock alltid förstärkas, till exempel med tvärgående stockar, och på- och avfart stabiliseras med ris och toppar. En tillfällig bro kan lämnas kvar och vid behov nyttjas vid alla efterkommande åtgärder. Eftersom livslängden är lång för dessa broar vill många ha kvar dem för att kunna nyttja dem framöver. Inom känsliga områden är det dock viktigt att de underhålls eller rivs när de börjar ruttna. Det är viktigt att de inte rasar ned och dämmer upp vattendrag och diken eller ändrar vattenflöden då detta kan ge upphov till erosion och ras med stora konsekvenser långt nedströms. Speciellt viktigt är det att förhindra dämning i områden med raviner. Där man kan anta eller upptäcker att vattnet för med sig stora mängder material som sten och jord eller grenar, buskar, träd mm som rivits loss, bör man anlägga ett skydd för bron/trumman som hindrar dessa från att sättas igen (se *figur 48*).



Figur 46. Tillfällig bro byggd med markskonare. Kanterna på vattendraget är stabiliserade med tvärgående stockar, som förhindrar markskonarna att tryckas ned i marken. På- och avfarterna är förstärkta med ris och grova toppar. Foto: A. Lomander



Figur 47. Med hjälp av virke och ris kan en skördare bygga broar över vattendrag på upp emot 10 meters bredd. Foto: J. Hagström



Figur 48. Exempel på gallerskydd för trumma för att förhindra att den sätter igen. Denna typ av skydd är lämpligt när risken är stor för att vattnets flöde under bron eller genom trumman hindras av material som förts med vattnet och där en dämning kan få stora konsekvenser i form av risk för erosion, ras och slamström. Foto: K. Lundström

Förutom olika former av tillfälliga broar kan trummor användas vid korsande av grävda vägdiken, breda fuktiga stråk/utströmningsområden eller isolerade diken. Syftet med dem är främst att bibehålla ett vattenflöde och inte skapa en dämning. Utifrån detta är det viktigt att dimensionera dem utifrån uppskattat högvattenflöde vad gäller storlek och antal (se *tabell 3*). Trumman bör anpassas till dikets bredd och grävas ned så att den ligger mellan 30 och 50 cm under dikesbotten, det djupare läget gäller för slänter med kraftig lutning. Vattenhastigheten genom trumman bör begränsas och helst inte överstiga 0,5 m/s. Inflöde och utflöde från trumman bör erosionssäkras. Slutligen bör trummorna alltid underhållas kontinuerligt och eventuella proppar avlägsnas för att undvika översvämning, erosion eller slamströmmar. För mer ingående beskrivning av anläggande av diken, trummor och erosionssäkring hänvisas till *avsnitt 5.2.3*.

Halvtrummor, valvbågar eller andra former av permanenta brokonstruktioner (se *figur 49*) bör generellt användas vid korsande av naturliga vattendrag. Trummor kan dock behöva användas när kanterna i anslutning till vattendraget är mycket mjuka och därmed inte kan bära upp en valvbåge. För dessa vatten används lämpligen trummor med en plan botten, som kan bära upp trumman bättre. Dessa trummor har ett mer triangulärt utseende och är bredare i botten vilket bidrar till en lägre vattenhastighet (se *figur 50*). Dessutom kan de grusas invändigt eller förses med en skrovligare yta som bidrar till reducerad vattenhastighet vilket gör det möjligt för fisk att passera. Samma dimensionering som beskrivs ovan, det vill säga anpassning efter vattendragets bredd och nivå för högt flöde, tillämpas oftast.

Anläggande och användning av trummor, valvbågar, broar med mera, i naturliga vattendrag betraktas som vattenverksamhet. Åtgärderna riskerar även erosion med påverkan på vattenkvalitet och därmed även påverkan på vattenlevande organismer.

Konstruktions måste därför anpassas till förutsättningarna på platsen samt vattendragets karaktär och kvalitet. Utförligare och mer lokalanpassad information om vägtrummor och flöden hittar du under länsstyrelsernas (www.lansstyrelsen.se), smhi:s vattenwebb (www.smhi.se) och Trafikverkets (www.trafikverket.se) hemsidor.



Figur 49. Exempel på halvtrumma/valvbåge som har använts för korsande av naturliga vattendrag. Stenar har lagts i och bibehållits på botten för att inte störa fisk och andra vattenlevande organismer. Inlopp och vägslånter är erosionssäkrade. Foton: S. Gunnarsson, J. Hagström



Figur 50. När botten och kanterna på vattendraget inte är stabila kan trummor med en bredare, plan botten vara en lösning. Dessa trummor bärs upp bättre och den bredare botten bidrar även till en sänkt vattenhastighet i trumman. Foto: F. Rangsmo

6 Åtgärdande av felaktigt utförda åtgärder

6.1 Felaktigt avlägsnad vegetation

Syftet med att skydda ett område där vegetationen avlägsnats felaktigt:

Att förhindra erosion och ras till följd av ökande grundvattennivåer.

Att förhindra erosion och ras till följd av att marken inte längre skyddas av vegetationen och dess armerande rötter.

Att tänka på:

Försök leda bort vatten från området eller minska mängden av vatten som rinner in mot området i fråga.

Orsaka inte markskador i samband med olika åtgärder.

Täck över eller skydda blottlagd mineraljord i till exempel rotvältor eller andra markskador.

Återplantera snarast.

Eftersom kartunderlag över erosionskänsliga områden idag saknas inom skogsbruket kan avverkningar komma att ske utan att Skogsstyrelsen, andra tillsynsmyndigheter eller markägaren reagerar och anpassar avverkningen. I de fall en större avverkning skett i brant erosionskänslig terräng och man bedömer att risk för erosion/ras föreligger bör man se till att området planteras omgående utan att markberedning genomförs.

Körning inom området ska minimeras och eventuella markskador ska åtgärdas. Metoder för lagning av körskador beskrivs i *avsnitt 6.2* om markskador.

En inventering över mängd vatten och vart avrinnande vatten från hygget tar vägen behöver göras. Kontrollera uppfångande diken, vägdiken och trummor och se till att de är av rätt dimension och antal så att koncentrerade punktvis höga flöden inte skapas. I de fall aktiviteter i en slänt, dike eller vattendrag kan antas komma att beröra allmänna, kommunala och enskilda vägar bör en kontakt tas med respektive ägare (Trafikverket, kommun eller enskild person). Rensa även igensatta trummor eller vägdiken samt anlägg vid behov olika erosionskydd kring dem (se *avsnitt 5.2.2*). Vidta även åtgärder för att bromsa höga vattenhastigheter (se *avsnitt 5.2.2*).

För att öka områdets stabilitet kan man även försöka minska mängden vatten som rinner ned för en sluttning mot det avverkade området. Grunda avskärningsdiken längs med sluttningen kan till exempel läggas ovanför det avverkade området för att avleda pårinnande ytvatten. Om vatten måste ledas ner för en brant sluttning bör det göras utan att ytterligare erosion skapas. Diken där vattenhastigheten bromsas genom erosionsdämpande trappor av sten eller trä (se *figur 42*) är bra exempel liksom användande av en ränna/ kluvet rör för att leda vatten över ett känsligt område (se *figur 51*).



Figur 51. Ett exempel från Näsåker där vatten från uppströmssidan av vägen leds först i trumma under vägen och sedan i denna öppna trumma nedför den känsliga sluttningen. Foto: K. Lundström

Nyupptagna hyggeskanter är ofta känsliga för stormfällning. Vid omhändertagande av stormfällt virke är det viktigt att eventuell uttransport sker planerat och så att markskador inte uppstår. Detta kan vara problematiskt då storm ofta är förenat med större nederbörds mängder och blöta markförhållanden, vilket ökar risken för markskador. Att köra ut stormfällt virke från känsliga marker bör därför göras under tjälade förhållanden. Det är viktigt att inte lämna kvar mer obehandlat färskt virke än vad som är tillåtet enligt Skogsvårdslagen eftersom det kan leda till omfattande barkborrenagrep. Resultatet kan i sin tur bli stora problem med döende skog, vilket inte heller är bra ur stabilitetssynpunkt. I de fall färskt virke inte upparbetas måste det barkas för att få lämnas kvar.

Rotvältor leder till att mineraljord blottläggs och gropar där vatten kan ansamlas skapas. Detta kan bidra till erosion och infiltration av vatten. Om det är möjligt kan en lösning vara att skördaren försöker trycka tillbaka rotvältorna när vindfällena upparbetas. Möjligheten till detta beror dock på hur vältorna ligger i sluttningen. Blottlagd mineraljord kan också täckas med det ris som eventuellt skapas om vindfällena upparbetas. Är problemet omfattande kan avskärningsdiken för pårinnande ytvatten till rotvältan också vara ett alternativ.

6.2 Markskador

Syfte med att åtgärda markskador:

Att förhindra att erosion påbörjas i ytor av blottlagd mineraljord.

Att förhindra att vattnets flöde förändras och koncentreras i till exempel hjulspår, vilket kan orsaka erosion och ras.

Att tänka på:

Lagningen ska inte orsaka ytterligare skador i form av till exempel spår och blottlagd mineraljord.

Bromsa upp och fördela vatten som samlas och rinner i spår från till exempel körning eller harvning, ut i terrängen.

Bromsa flödes hastigheten av vatten i spår med till exempel proppar av ris eller halm. Är sluttningen lång bör proppar läggas med täta intervall för att hålla nere vattenhastigheten.

Skydda blottlagd mineraljord med ris, halm eller förna.

Försök få vegetation i form av gräs och buskar att snabbt etableras över området.

Oavsett hur markskadorna uppkommit bör de ofta åtgärdas på något sätt, inom kraftigt lutande områden. Även om utförandet varierar så bygger principen på att avleda och fördela koncentrerade flöden av vatten från hjulspår ut i terrängen, samt att skydda blottlagd mineraljord.

Om inte åtgärden leder till för kraftig störning av marken kan spåren fösas igen och jämnas ut så att vattenflödet trycks ut i terrängen och vattenerosionen avtar. Detta brukar ofta leda till en relativt snabb återetablering av gräs, speciellt i gynnsamma lägen (se figur 52).



Figur 52. Lyckas man bromsa vattenhastigheten genom att avleda vatten och trycka samman spåren, får man ofta en relativt snabb återetablering av vegetation över området. På bilden syns spåren innan lagning (februari) respektive 6 månader efter lagning (augusti). Foton: A. Lomander

Vatten kan även ledas av från hjulspåren och ut i terrängen, längs ett flertal punkter (se figur 16). Fungerar inte detta till följd av den lokala topografin (spåret ligger i en sänka längs sluttningen) kan vattenhastigheten i spåret behöva bromsas istället. Det

kan ske genom att man anlägger ett antal proppar av ris, halm, stockar, stenblock eller likande längs spåret. Antalet och avståndet mellan dem styrs av flöde och lutning.

Markpackning är också en form av markskada, men uppmärksammas vanligen inte då den inte syns lika påtagligt som ett spår. Den kan dock ha inverkan på avrinning och infiltrationskapacitet i marken. En kompaktare jord gör att vatten inte kan tränga ned i marken lika lätt och ytavrinningen kan öka. Det är därför viktigt att kompaktering av dessa marker förhindras. Om det ändå skulle inträffa så är det viktigt att försöka minska mängden ytvatten som når den kompakterade ytan, vilket kan göras med avskärande diken ovan ytan. Tidig återplantering av den kompakterade ytan är också viktigt så att ny vegetation kommer upp. Förutom att vegetationen skyddar markytan mot erosion, bidrar rötterna till att luckra upp marken, samt öka vattenupptaget inom området.

6.3 Återställa skada till följd av felaktigt ledande av vatten

Syfte med att åtgärda vattenflöden som inte är planerade:

Förhindra erosion och ras till följd av för mycket vatten inom ett område.

Förhindra erosion och ras till följd av för snabbt rinnande vatten.

Förhindra dämning.

Att tänka på:

Det är svårt att förutse förändringar av vattenmängder och flöden till följd av olika åtgärder eller väderlek.

Följ och kontrollera avrinningen av vatten från åtgärdat område under flera år efter åtgärd. Var extra noga efter episoder av högflöde.

Åtgärda uppkomna problem omgående.

Det kan vara svårt att förutse hur åtgärder och väder kan komma att påverka flödena av vatten inom ett område. Åter gäller den enkla tumregeln att följa vattnets väg och fundera kring vad som skulle kunna ske. Fundera över var rinnande vatten tar vägen. Titta om det finns slänter med kraftig lutning, spår som tyder på erosionskänslig mark, markskador som hjulspår, trummor som riskerar att däckas. Fundera hur du kan leda vattnet på bästa sätt. Efter eventuellt vidtagna åtgärder är det sedan viktigt att kontrollera avrinningen av ytvatten in mot, respektive från ett brant och erosionskänsligt område, under flera år efter utförd åtgärd. Vattnet kanske inte alls rinner där man trott att det ska rinna, mängden vatten som rinner är större än vad man trott eller vattenhastigheten är för hög. Syftet är att upptäcka eventuella begynnande problem med erosion eller ras och då kunna åtgärda dem, innan de hinner utvecklas till ett större problem.

Är mängden vatten högre än man planerat för, kan nya och fler trummor behöva läggas. Dimensionen på trummorna kan också behöva ökas. Avskärningsdiken kan behöva anläggas. Eventuella diken eller vägdken kan behöva rensas från nederoderade

jordmassor. In- och utlopp på trummor och öppna diken kan också behöva rensas (se *figur 53*). Vidare kan man lokalisera var eventuell erosionssäkring behövs. Kritiska områden är bland annat dikes- och vägslänter, krökar av diken, in- och utlopp av trummor, branta sluttningar. Även andra ytor av blottlagd mineraljord kan behöva skyddas mot vattnets eroderande krafter, som till exempel vägplanet på stabila basvägar.



Figur 53. En anlagd valvtrumma som börjat att fyllas av material som eroderat från vägbanken och spolats in i trumman. Om inte detta rensas bort och inloppet till trumman erosionsssäkras finns risk finns att proppen byggs på och trumman sätts igen. Effekten kan bli översvämning med erosion och ras av vägbank eller kringliggande mark som följd. Foto: P. Hallgren

7 Vad gör man om det rasar?

Effekterna av erosion, ras och slamströmmar kan, som beskrivs inledningsvis, vara många och av den orsaken är det svårt att ge ett generellt svar kring vad man ska göra. Åtgärden måste anpassas till den eller de effekter som erhållits eller riskerar att erhållas till följd av erosionen eller raset.

Ras, erosion och slamströmmar är snabba jordrörelser som ofta inträffar utan förvarning. Men det finns tecken och situationer som man bör vara observant på (se figur 54):

- Lutande träd och stolpar.
- Nyutvecklade och växande sprickor i marken (se figur 55).
- Sättningar i marken, det vill säga att marken har sjunkit ihop (se figur 56).
- Brott på ledning och kablar i marken.
- Erosionsskador i slänter mot vattendrag eller vägar (se figur 57).
- Ett plötsligt förändrat, minskat flöde i vattendrag kan tyda på ras längre uppströms som dämmer flödet. Fördämningen kan brista och orsaka stor skada nedströms. Kontrollera förhållandena före arbeten i anslutning till vattendraget.
- I samband med intensiva och/eller långvariga regn försämras en slänts stabilitet och förutsättningar ökar för höga flöden i bäckdalar (som kan orsaka slamströmmar). Undvik om möjligt arbeten under dessa förhållanden.
- Högar med jordmaterial längs bottnar i bäckraviner och spår av erosion längs bottnar och sidoslänter är tecken på slamströmmar (se figur 58). I dessa vattendrag bör man inte vistas vid intensiva nederbördstillfällen.



Färiska erosionsskador i slänter mot vattendrag.



Brott på ledningar och kablar i marken.



Plötsliga sprickor och sättningar i marken.



Träd och stolpar som börjar luta.

Figur 54. Färiska erosionsskador vid vattendrag, sprickor i marken, brott på ledningar och kablar i marken samt träd och stolpar som lutar i slänter, kan vara tecken på att det finns risk för ras inom ett område.

Illustration: R. Källgren



Figur 55. Nyligen uppkomna sprickor i marken kan vara ett tecken på att det finns risk för ras. Här har sprickorna uppkommit efter en avverkning i en sluttning. Foto: K. Lundström



Figur 56. Exempel på en sluttning där sättningar och små ras sker kontinuerligt. Foto: A. Lomander



Figur 57. Erosion av vägslänter inom branta områden är en indikation på att det kan finnas risk för erosion och ras. Foto: K. Lundström



Figur 58. Den vänstra bilden visar spår av kraftig erosion längs botten och sidoslätten av bäcken. I den högra bilden visas högar med jordmaterial som avsatts längs botten längre ned i en bäckravin. Detta är tecken på att området är känsligt och att en slamström gått. Foton: K. Lundström

Om man befinner sig i en maskin och marken omkring börjar röra på sig är det bäst att sitta kvar tills rörelsen avstannat och därefter fortast möjligt ta sig ut från rasområdet och den angränsande sluttningar. Ofta kan ett ras följas av flera mindre rörelser och därför bör man ta sig en bra bit bort från rasområdet. Viktigt att tänka på är att jord är tungt; en kubikmeter jord väger mellan 1,6 och 2 ton. Att få jord över sig kan innebära en livsfara.

Om ett ras inträffat bör man kontakta kommunen. Vid en akut situation kontaktas Räddningstjänsten som gör en första bedömning av läget och kallar vid behov in expertis. Om raset/slamströmmen har påverkat eller kan antas komma att påverka en allmän väg eller järnväg bör även Trafikverket kontaktas (tjänsteman i beredskap). Påverkas kommunal eller privat väg kontaktas istället kommun eller privatperson.

Återställning av mark som rasat bör endast göras efter kontakt med sakkunnig person. Risken finns annars för att man orsakar ytterligare rörelser och att man äventyrar säkerheten för de som utför åtgärden.

8 Planering och kommunikation

En grundlig planering i fält under barmarksperiod är centralt vid genomförande av alla typer av åtgärder inom slänter med krftig lutning. Ett klart och tydligt planeringsunderlag bestående av informativt och aktuellt kartunderlag med tydliga beskrivningar av vad som ska göras, när och på vilket ställe, är en nödvändighet. Tänk på att även nyanlagda skogsbilvägar och avverkningar, som kanske ännu inte framgår av kartunderlag, men som påverkar eller kan påverkas, ska ingå. Tid för att gå över det känsliga området behövs således.

Därefter måste planeringsunderlaget kommuniceras till samtliga som berörs vid utförandet av åtgärden. Det är även viktigt att de som utför åtgärden förstår riskerna och därmed även orsaken till varför man väljer att anpassa en viss åtgärd på ett visst sätt. Ges man endast instruktioner utan att få kunskap och därmed förståelse, är risken större att man gör fel eller inte uppfattar faror. Utöver detta är det viktigt att samtliga berörda tar sitt ansvar och följer uppgjorda planer, samt återkopplar eventuella problem som uppstår under arbetes gång. En tydlig ansvarsfördelning vid utförandet av åtgärder inom dessa områden är därför också viktigt.

Ansvarsfördelning och utförarkedjan ser olika ut för olika verksamheter som berörs i denna rapport. Dessutom är ansvarsfördelningen mellan myndigheter som berörs av frågeställningarna oklar. Detta är en av slutsatserna av den juridiska genomgång som gjorts av ansvar vid utförande av åtgärder inom känsliga områden, som gjorts inom projektet "Möjligheter att minska stabilitetsrisker i raviner och slänter vid skogsbruk och exploatering". Vi gör därför ingen ytterligare genomgång av detta i föreliggande rapport utan hänvisar till Skogsstyrelsens Rapport 8:2016 (Jontell, m.fl., 2016), för ytterligare information.

9 Referenser

- Gunnarsson, S., Hallgren P., Christoffersson P. 2011. Anvisningar för projektering och byggande av skogsbilvägar klass 3 och 4. Skogsstyrelsen. Jönköping.
- Jontell, A., Kock-Hansson, G., Niord, F.& Öhman. 2016. Möjligheter att minska stabilitetsrisker i raviner och slänter vid skogsbruk och exploatering. Genomgång av ansvar vid utförande av skogliga förändringar, ansvar för tillsyn samt ansvar vid inträffad skada. Skogsstyrelsen, Rapport 8:2016.
- Lundström, K., Andersson, M. 2008. Växter som skydd mot erosion och ytliga ras i branta jordslänter. Demonstrationsförsök i Bispgården och Bydalen. Statens geotekniska institut, SGI. Varia 593. Linköping.
- Lundström, K., Andersson, M., Olsson, P., & Hedfors, J. 2016. Möjligheter att minska stabilitetsrisker i raviner och slänter vid skogsbruk och exploatering. Metodik för identifiering av slänter och raviner känsliga för vegetationsförändringar till följd av skogsbruk eller exploatering. En beskrivning av framtagna metodik och presentation av resultat från testkörning. Skogsstyrelsen, Rapport 10:2016.
- Lundström, K., Lomander, A., Olsson, P., Andersson, M., Hedfors, J. 2016. Metodik för identifiering av slänter och raviner känsliga för vegetationsförändringar till följd av skogsbruk eller exploatering. Nordic Geotechnical Meeting, NGM 2016, 17, Reykjavik, Iceland, 25-28 May, 2016. Proceedings. Vol. 1.
- Lundström, K. & Lomander, A. 2016. Möjligheter att minska stabilitetsrisker i raviner och slänter vid skogsbruk och exploatering. Slutrapport. Skogsstyrelsen, Rapport 11:2016.
- Persson, P.-E. 2013. Arbete i avverkningslag – arbete, kvalitet, produktion. Del 1 och 2.
- Rankka, K. 2002. Väx upp och slå rot. Vegetation som förstärkningsmetod. Litteraturstudie. Räddningsverket, Karlstad.
- Statens geotekniska institut, SGI. 2016. Möjligheter att minska stabilitetsrisker i raviner och slänter vid skogsbruk och exploatering. Litteraturstudie. Uppdragsrapport, uppdragsnummer 15248, diarienummer 1.1-1401-0079. Linköping.
- Trafikverket 2016. Upplag av virke och skogsbränsle vid allmän och enskild väg. Trafikverket, Borlänge.

10 Läs mer

- Alsaker Hopland, A., Traae, E. & Myrabø, S. 2016. Eksempel på dreneringstiltak i små nedbørsfelt. Norges vassdrags- og energidirektorat. Rapport nr 26-2016. ISBN: 978-82-410-1217-4. ISSN: 1501-2832.
- Breien, H., Høydal, Ø. A. & Jensen, O. A. 2015. Oppsummeringsrapport for skog og skredprosjektet. Samanstilling av rapportar frå prosjektet. Norges vassdrags- og energidirektorat. Rapport 92-2015. ISBN 978-82-410-1144-3.
- Cedergren, J. 2008. Kontinuitetsskogar och hyggesfritt skogsbruk. Skogsstyrelsen. Meddelande 2008:1. Coppin N.J., Richards, I.G. 1990. Use of vegetation in civil engineering. CIRIA. Westminster.
- Dahlberg, A. 2011. Kontinuitetsskogar och hyggesfritt skogsbruk - Slutrapport för delprojekt naturvärden. Skogsstyrelsen. Rapport 7:2011.
- Fergus, T., Høydal, Ø. A., Johnsrud, T-E., Sandersen, F. & Schanche, S. 2011. Skogsveger og skredfare – veileder. Landbruks- og matdepartementet ISBN: 978-82-7333-178-6.
- Fischer, L., Rubensdotter, L. & Stalsberg, K. 2014. Aktsomhetskart jord- og flomskred: Metodeutvikling og landsdekkende modellering. Norges geologiske undersøkelse. Rapport 2014.019. ISSN 0800-3416.
- Hazell, P. & Thomason, T. 2008. Hyggesfritt skogsbruk i ädellövskog - En litteratursammanställning. Skogsstyrelsen. Rapport 2008:19.
- Gillies C. 2007. Erosion and sediment control practices for forest roads and stream crossings. A practical operations guide. Advantage Vol 9 no 5. Vancouver.
- Høydal Ø.A., Breien H., Sandersen F. 2013. Forslag til kriterier for vernskog mot skred NGI Rapport 20120078-01-R. Oslo.
- Information om brukande och ägande av skog – samarbete mellan LRF, Skogsforsk och Skogsstyrelsen: www.kunskapdirekt.se/.
- Information om vägtrummor och flöden: länsstyrelsernas (www.lansstyrelsen.se), Havs (www.havochvattenmyndigheten.se) och Trafikverkets (www.trafikverket.se) hemsidor samt SMHI:s vattenwebb (www.smhi.se).
- Jensen, O. A., Verhage, A. & Sørgaard, K. 2015. Skog og naturfare Naturfareprosjektet: Delprosjekt 1 Naturskadestrategi. Rapport nr 129-2015.
- Johnsrud T-E. 2013. Normaler för landbruksveirer med byggebeskrivning. Landbruks- och matdepratementet och Statens landbruksforvalning. Biri.

- Jonsson P. (1998). En jämförande studie av grunt grundvatten i skog och hygge. Projektarbete. Geovetarcentrum Göteborgs Universitet. Göteborg.
- Kuglerová L. 2010. Effects of forest harvesting on the hydrology of boreal streams. The importance of vegetation for the water balance of a boreal forest. Examensarbete i biologi. Institutionen för skogens ekologi och skötsel. SLU. Umeå.
- Landbruks- og matdepartementet. 2013. Normaler for landbruksveier med byggebeskrivelse. Jonserud, T. E. (Red.) ISBN: 978-82-7333-185-4. www.skogkurs.no.
- Lundmark J-E. 1986. Skogsmarkens ekologi. Ståndortsanpassat skogsbruk. Skogsstyrelsen. Jönköping.
- Lundström, K, Odén, K, Rankka, W. 2015. Schakta säkert - säkerhet vid schaktning i jord. Svensk Byggtjänst. Stockholm.
- Ministry of Forest. 1999. Mapping and assessing terrain stability guidebook. British Columbia. Ministry of Forests. II Series: Forest practices code of British Columbia.
- Ministry of Forest. 2002. Forest road engineering guidebook. For. Prac. Br., B.C. Min. For., Victoria, B.C. Forest Practices Code of British Columbia Guidebook. Victoria.
- Morgan, R. P. C. & Rickson, R. J. 1995. Slope stabilisation and erosion control. A bioengineering approach. E & FN SPON, London.
- New Hampshire. 2004. Department of Resources & Economic Development, Division of Forests & Lands. Best management practices for Erosion Control on Timber Harvesting Operations in New Hampshire.
- Nolbrant, P., Kling, J. & Henriksson, L. Vattendrag och svämplan – helhetssyn på hydromorfologi och biologi. WWF Information. www.wwf.se. Oleskog, G., Nilsson, K. & Wikberg, P-E. 2008. Kontinuitetsskogar och Kontinuitetsskogsbruk Slutrapport för delprojekt Skötsel - hyggesfritt skogsbruk. Skogsstyrelsen. Rapport 2008:22.
- Pike R. G., Redding T. E., Moore R.D., Winkler R. D., Bladon K. D. 2010. Compendium of Forest Hydrology and Geomorphology in British Columbia, volume 2. B.C. Ministry of Forests and Range Research Branch. Victoria, B.C.
- Rankka K. 2002. Slå rot och väx upp. Vegetation som förstärkningsmetod en litteraturstudie. Statens Räddningsverk. Karlstad.
- Rankka, K, Fallsvik, J. 2003. Förstärkningsåtgärder för slänter och raviner i morän och annan grov sedimentjord. Räddningsverket. Karlstad.

Rankka, K, Fallsvik, J. 2005. Stability and run-off conditions - Guidelines for detailed investigation of slopes and torrents in till and coarse-grained sediments. Rapport 68. Statens geotekniska institut. Linköping.

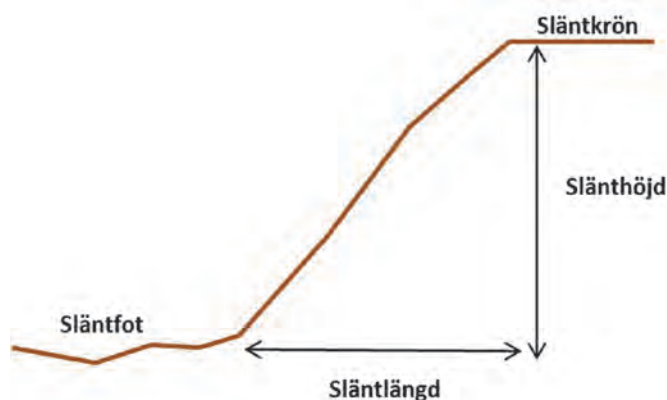
Rosell, S. 2012. Kunskapssammanställning och bedömningsgrunder för hyggesfritt skogsbruk. Projekt kontinuitetsskog och hyggesfritt skogsbruk. Skogsstyrelsen.

Skogsskötselserien - en sammanställning av kunskap om skogsskötsel.
www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien.

Skogsstyrelsens information till markägare och brukare:
www.skogsstyrelsen.se/Aga-och-bruka/Skogsbruk/.

Talbot, B. 2013. Forprosjekt – evaluering av gravedrifter. Norsk institutt for for skog og landskap, Publikation 115. Ås.

Syftet med denna bilaga är att ge en praktisk förståelse för lutning av sluttningar och hur man enkelt kan skatta det i fält.



Figuren illustrerar begreppen släntfot, slänthöjd, slänthöjd samt slänthöjd.

Lutning avser förhållandet mellan slänthöjd och slänthöjd. Lutningen kan antingen uttryckas som en kvot, i grader eller i procent.

- Kvoten mellan släntens höjd och längd uttrycks exempelvis som lutningen 1/10 om slänten är 1 meter hög och 10 meter lång, eller multipler av det som exempelvis 2 meter hög och 20 meter lång och så vidare.
- Slänthöjningen i grader avser det matematiska uttrycket tangens för höjd delat med längd. En lutning 1/10 motsvarar 5,7 grader.
- Slänthöjning uttryckt i procent avser kvoten mellan höjd och längd uttryckt i procent, exempelvis $1/10=0,01=1$ procent.

Vid bestämning av slänthöjning i fält används ofta en lutningsmätare. De finns bland annat hos företag som säljer skogsmaterial. Förenklat kan man även bestämma lutningen på följande sätt i fält:

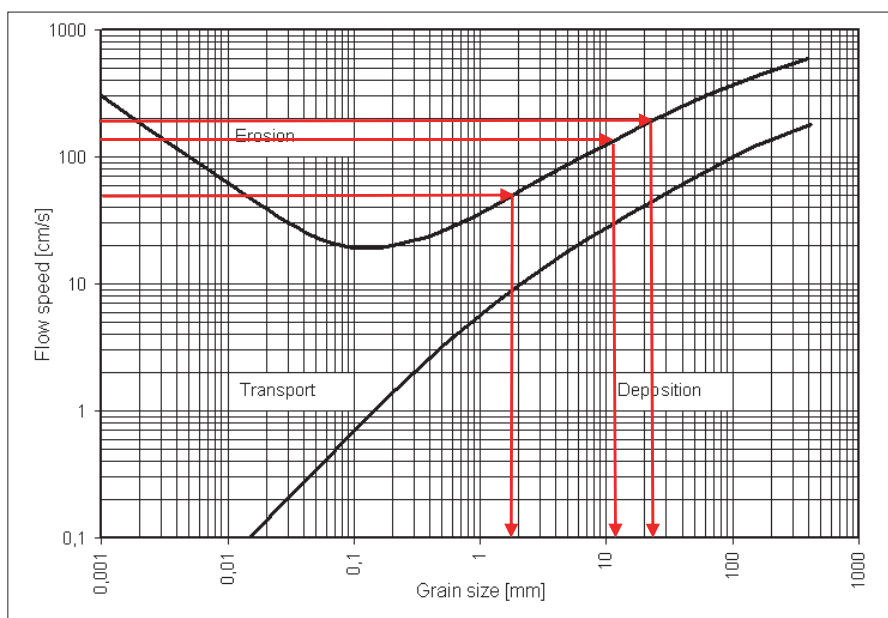


Två personer med känd längd ställer sig i slänten så att den personen som står längst ner ser den andres fötter när hen tittar horisontellt framåt. På detta sätt skattar man slänthöjden, i figuren kallad h. Därefter stegar man avståndet mellan personerna uppför slänten, vilket ger längd a i figuren. Slänthöjden bestäms utifrån ett matematiskt samband (Pytagoras sats) och släntens lutning, det vill säga kvoten mellan slänthöjd och slänthöjd, beräknas som $h/(\sqrt{a^2-h^2})$.

Lathund för omvandling av släntlutningar angivet i kvot, procent och grader, samt benämning av dessa lutningar.

Kvot längd/höjd	Lutning		Benämning
	Procent	Grader	
1/20	5	2,9	Svag lutning
1/10	10	5,7	
1/8	13	7,1	
1/5,8	17	9,8	
1/5,7	18	10,0	Måttlig lutning
1/5	20	11,3	
1/3,1	32	17,9	
1/3	33	18,4	Kraftig lutning
1/2,2	45	24,5	
1/2,15	47	25,0	Mycket kraftig lutning
1/2	50	26,6	
1/1	100	45,0	

I denna bilaga visas Hjulströms diagram som visar sambandet mellan erosion, vattenhastighet och avsättning av partiklar, samt ett diagram från Trafikverket för dimensionering av erosionsskydd.

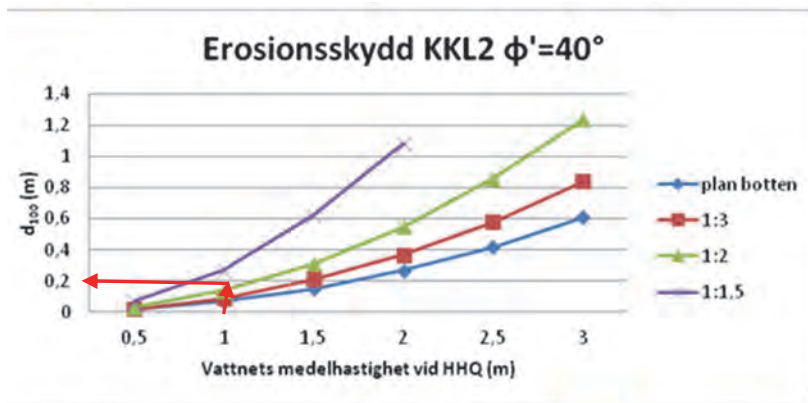


Exempel på hur man läser Hjulströms diagram:

Vattenhastigheten i bäckar i sluttande terräng (15–30 procent motsvarande 8–17 grader) kan antas till 2–3 m/s, vilket motsvarar 200–300 cm/s. Enligt Hjulströms diagram sker erosion om vattnet rinner med 200 cm/s i jordar med en kornstorlek mindre än 23 millimeter.

Vatten i diken längs skogsbilvägar i kraftigt sluttande terräng kanske kan ha en hastighet av 1–1,5 m/s vilket motsvarar 100–150 cm/s. Enligt Hjulströms diagram sker erosion om vattnet rinner med en hastighet av 150 cm/s i jordar med en kornstorlek mindre än 12 millimeter.

Vattenhastigheten över slänter i kraftigt sluttande terräng kan vara omkring 0,5 m/s, vilket motsvarar 50 cm/s. Enligt Hjulströms diagram sker en erosion om vattnet rinner 50 cm/s i jordar med en kornstorlek mindre än 1,8 millimeter.



Med hjälp av detta diagram kan man utifrån känd lutning och vattenhastighet, avläsa vilken diameter (kornstorlek) som behövs på det material som ska användas för erosionsskydd. Dimensioneringen av erosionsskyddet utgår från Trafikverkets regelverk TK Geo.

Exempel på hur man avläser diagrammet:

Om vattnet rinner med en medelhastighet av 1 m/s ger det en kornstorlek på erosionsskyddet av $d_{100} = 2$ decimeter, vilket innebär samkross 0–200 millimeter.

Av Skogsstyrelsen publicerade Rapporter:

- 1988:1 Mallar för ståndortsbonitering; Lathund för 18 län i södra Sverige
- 1991:1 Tätortsnära skogsbruk
- 1992:3 Aktiva Natur- och Kulturvårdande åtgärder i skogsbruket
- 1993:7 Betespräglad äldre bondeskog – från naturvårdssynpunkt
- 1994:5 Historiska kartor – underlag för natur- och kulturmiljövård i skogen
- 1995:1 Planering av skogsbrukets hänsyn till vatten i ett avrinningsområde i Gävleborg
- 1995:2 SUMPSKOG – ekologi och skötsel
- 1996:1 Women in Forestry – What is their situation?
- 1996:2 Skogens kvinnor – Hur är läget?
- 1997:2 Naturvårdsutbildning (20 poäng) Hur gick det?
- 1997:5 Miljeu96 Rådgivning. Rapport från utvärdering av miljeurådgivningen
- 1997:6 Effekter av skogsbränsleuttag och askåterföring – en litteraturstudie
- 1997:7 Målgruppsanalys
- 1997:8 Effekter av tungmetallnedfall på skogslevande landsnäckor (with English Summary: The impact on forest land snails by atmospheric deposition of heavy metals)
- 1997:9 GIS-metodik för kartläggning av markförsurning – En pilotstudie i Jönköpings län
- 1998:1 Miljökonsekvensbeskrivning (MKB) av skogsbränsleuttag, asktillförsel och övrig näringskompensation
- 1998:3 Dalaskog – Pilotprojekt i landskapsanalys
- 1998:4 Användning av satellitdata – hitta avverkad skog och uppskatta lövröjningsbehov
- 1998:5 Baskatjoner och aciditet i svensk skogsmark – tillstånd och förändringar
- 1998:6 Övervakning av biologisk mångfald i det brukade skogslandskapet. With a summary in English: Monitoring of biodiversity in managed forests.
- 1998:7 Marksvampar i kalkbarrskogar och skogsbeten i Gotländska nyckelbiotoper
- 1999:1 Miljökonsekvensbeskrivning av Skogsstyrelsens förslag till åtgärdsprogram för kalkning och vitalisering
- 1999:2 Internationella konventioner och andra instrument som behandlar internationella skogsfrågor
- 2000:1 Samordnade åtgärder mot försurning av mark och vatten – Underlagsdokument till Nationell plan för kalkning av sjöar och vattendrag
- 2000:4 Skogsbruket i den lokala ekonomin
- 2000:5 Aska från biobränsle
- 2000:6 Skogsskadeinventering av bok och ek i Sydsverige 1999
- 2001:1 Landmolluskfaunans ekologi i sump- och myrskogar i mellersta Norrland, med jämförelser beträffande förhållandena i södra Sverige
- 2001:2 Arealförluster från skogliga avrinningsområden i Västra Götaland
- 2001:3 The proposals for action submitted by the Intergovernmental Panel on Forests (IPF) and the Intergovernmental Forum on Forests (IFF) – in the Swedish context
- 2001:4 Resultat från Skogsstyrelsens ekenkät 2000
- 2001:5 Effekter av kalkning i utströmningsområden med kalkkross 0–3 millimeter
- 2001:6 Biobränslen i Söderhamn
- 2001:7 Entreprenörer i skogsbruket 1993–1998
- 2001:8A Skogspolitisk historia
- 2001:8B Skogspolitiken idag – en beskrivning av den politik och övriga faktorer som påverkar skogen och skogsbruket
- 2001:8C Gröna planer
- 2001:8D Föryngring av skog
- 2001:8E Fornlämningar och kulturmiljöer i skogsmark
- 2001:8G Framtidens skog
- 2001:8H De skogliga aktörerna och skogspolitiken
- 2001:8I Skogsbilvägar
- 2001:8J Skogen sociala värden
- 2001:8K Arbetsmarknadspolitiska åtgärder i skogen
- 2001:8L Skogsvårdsorganisationens uppdragsverksamhet
- 2001:8M Skogsbruk och rennäring
- 2001:8O Skador på skog
- 2001:9 Projekterfarenheter av landskapsanalys i lokal samverkan – (LIFE 96 ENV S 367) Uthålligt skogsbruk byggt på landskapsanalys i lokal samverkan
- 2001:11A Strategier för åtgärder mot markförsurning
- 2001:11B Markförsurningsprocesser
- 2001:11C Effekter på biologisk mångfald av markförsurning och motåtgärder
- 2001:11D Urvalskriterier för bedömning av markförsurning

2001:11E	Effekter på kvävedynamiken av markförsurning och motåtgärder
2001:11F	Effekter på skogsproduktion av markförsurning och motåtgärder
2001:11G	Effekter på tungmetallers och cesiums rörlighet av markförsurning och motåtgärder
2002:1	Ekskador i Europa
2002:2	Gröna Huset, slutrapport
2002:3	Project experiences of landscape analysis with local participation – (LIFE 96 ENV S 367) Local participation in sustainable forest management based on landscape analysis
2002:4	Landskapsekologisk planering i Söderhamns kommun
2002:5	Miljöriktig vedeldning – Ett informationsprojekt i Söderhamn
2002:6	White backed woodpecker landscapes and new nature reserves
2002:7	ÄBIN Satellit
2002:8	Demonstration of Methods to monitor Sustainable Forestry, Final report Sweden
2002:9	Inventering av frötäktssbestånd av stjäkke, bergesk och rödek under 2001 – Ekdöd, skötsel och naturvård
2002:10	A comparison between National Forest Programmes of some EU-member states
2002:11	Satellitbildsbaserade skattningar av skogliga variabler
2002:12	Skog & Miljö – Miljöbeskrivning av skogsmarken i Söderhamns kommun
2003:1	Övervakning av biologisk mångfald i skogen – En jämförelse av två metoder
2003:2	Fågelfaunan i olika skogsmiljöer – en studie på beståndsnivå
2003:3	Effektivare samråd mellan rennärning och skogsbruk – förbättrad dialog via ett utvecklat samrådsförfarande
2003:4	Projekt Nissadalen – En integrerad strategi för kalkning och askspridning i hela avrinningsområden
2003:5	Projekt Renbruksplan 2000–2002 Slutrapport, – ett planeringsverktyg för samebyarna
2003:6	Att mäta skogens biologiska mångfald – möjligheter och hinder för att följa upp skogspolitikens miljömål i Sverige
2003:7	Vilka botaniska naturvärden finns vid torplämningar i norra Uppland?
2003:8	Kalkgranskogar i Sverige och Norge – förslag till växtsociologisk klassificering
2003:9	Skogsägare på distans – Utvärdering av SVO:s riktade insatser för utbor
2003:10	The EU enlargement in 2004: analysis of the forestry situation and perspectives in relation to the present EU and Sweden
2004:1	Effektuppföljning skogsmarkskalkning tillväxt och trädvitalitet, 1990–2002
2004:2	Skogliga konsekvensanalyser 2003 – SKA 03
2004:3	Natur- och kulturinventeringen i Kronobergs län 1996–2001
2004:4	Naturlig föryngring av tall
2004:5	How Sweden meets the IPF requirements on nfp
2004:6	Synthesis of the model forest concept and its application to Vilhelmina model forest and Barents model forest network
2004:7	Vedlevande arters krav på substrat – sammanställning och analys av 3 600 arter
2004:8	EU-utvidgningen och skogsindustrin – En analys av skogsindustrins betydelse för de nya medlemsländernas ekonomier
2004:10	Om virkesförrådets utveckling och dess påverkan på skogsbrukets lönsamhet under perioden 1980–2002
2004:11	Naturskydd och skogligt genbevarande
2004:12	När vi skogspolitikens mångfaldsmål på artnivå? – Åtgärdsförslag för uppföljning och metodutveckling
2005:1	Access to the forests for disabled people
2005:2	Tillgång till naturen för människor med funktionshinder
2005:3	Besöksstudier i naturområden – en handbok
2005:4	Visitor studies in nature areas – a manual
2005:5	Skogshistoria år från år 1177–2005
2005:6	Vägar till ett effektivare samarbete i den privata tätortsnära skogen
2005:7	Planering för rekreation – Grön skogsbruksplan i privatägd tätortsnära skog
2005:8a-8c	Report from Proceedings of ForestSAT 2005 in Borås May 31 – June 3
2005:9	Sammanställning av stormskador på skog i Sverige under de senaste 210 åren
2005:10	Frivilliga avsättningar – en del i Miljökvalitetsmålet Levande skogar
2005:11	Skogliga sektorsmål – förutsättningar och bakgrundsmaterial
2005:12	Målbilder för det skogliga sektorsmålet – hur går det med bevarandet av biologisk mångfald?
2005:13	Ekonomiska konsekvenser av de skogliga sektorsmålen
2005:14	Tio skogsägares erfarenheter av stormen
2005:15	Uppföljning av skador på fornlämningar och övriga kulturlämningar i skog
2005:16	Mykorrhizasvampar i örtrika granskogar – en metodstudie för att hitta värdefulla miljöer
2005:17	Forskningsseminarium skogsbruk – rennärning 11–12 augusti 2004

2005:18	Klassning av renbete med hjälp av ståndortsboniteringens vegetationstypsindelning
2005:19	Jämförelse av produktionspotential mellan tall, gran och björk på samma ståndort
2006:1	Kalkning och askspridning på skogsmark – redovisning av arealer som ingått i Skogsstyrelsens försöksverksamhet 1989–2003
2006:2	Satellitbildsanalys av skogsbilvägar över våtmarker
2006:3	Myllrande Våtmarker – Förslag till nationell uppföljning av delmålet om byggande av skogsbilvägar över värdefulla våtmarker
2006:4	Granbarkborren – en scenarioanalys för 2006–2009
2006:5	Överensstämmelse anmält och verkligt GROT-uttag?
2006:6	Klimathotet och skogens biologiska mångfald
2006:7	Arenor för hållbart brukande av landskapets alla värden – begreppet Model Forest som ett exempel
2006:8	Analys av riskfaktorer efter stormen Gudrun
2006:9	Stormskadad skog – föryngring, skador och skötsel
2006:10	Miljökonsekvenser för vattenkvalitet, Underlagsrapport inom projektet Stormanalys
2006:11	Miljökonsekvenser för biologisk mångfald – Underlagsrapport inom projekt Stormanalys
2006:12	Ekonomiska och sociala konsekvenser i skogsbruket av stormen Gudrun
2006:13	Hur drabbades enskilda skogsägare av stormen Gudrun – Resultat av en enkätundersökning
2006:14	Riskhantering i skogsbruket
2006:15	Granbarkborrens utnyttjande av vindfällan under första sommaren efter stormen Gudrun – (The spruce bark beetle in wind-felled trees in the first summer following the storm Gudrun)
2006:16	Skogliga sektorsmål i ett internationellt sammanhang
2006:17	Skogen och ekosystemansatsen i Sverige
2006:18	Strategi för hantering av skogliga naturvärden i Norrtälje kommun ("Norrtäljeprojektet")
2006:19	Kantzonen ekologiska roll i skogliga vattendrag – en litteraturöversikt
2006:20	Ägoslag i skogen – Förslag till indelning, begrepp och definitioner för skogsrelaterade ägoslag
2006:21	Regional produktionsanalys – Konsekvenser av olika miljöambitioner i länen Dalarna och Gävleborg
2006:22	Regional skoglig Produktionsanalys – Konsekvenser av olika skötselregimer
2006:23	Biomassafflöden i svensk skogsnäring 2004
2006:24	Trädbränslestatistik i Sverige – en förstudie
2006:25	Tillväxtstudie på Skogsstyrelsens obsytor
2006:26	Regional produktionsanalys – Uppskattning av tillgängligt trädbränsle i Dalarnas och Gävleborgs län
2006:27	Referenshägn som ett verktyg i vilt- och skogsförvaltning
2007:1	Utvärdering av ÄBIN
2007:2	Trädslaget betydelse för markens syra-basstatus – resultat från Ståndortskarteringen
2007:3	Älg- och rådjursstammarnas kostnader och värden
2007:4	Virkesbalanser för år 2004
2007:5	Life Forests for water – summary from the final seminar in Lycksele 22–24 August 2006
2007:6	Renskadorna i plant- och ungskog – en litteraturöversikt och analys av en taxeringsmetod
2007:7	Övervakning och klassificering av skogsvattendrag i enlighet med EU:s ramdirektiv för vatten – exempel från Emån och Öreälven
2007:8	Svenskt skogsbruk möter klimatförändringar
2007:9	Uppföljning av skador på fornlämningar i skogsmark
2007:10	Utgör kvävegödning av skog en risk för Östersjön? Slutsatser från ett seminarium anordnat av Baltic Sea 2020 i samarbete med Skogsstyrelsen
2008:1	Arenas for Sustainable Use of All Values in the Landscape – the Model Forest concept as an example
2008:2	Samhällsekonomisk konsekvensanalys av skogsmarks- och ytvattenkalkning
2008:3	Mercury Loading from forest to surface waters: The effects of forest harvest and liming
2008:4	The impact of liming on ectomycorrhizal fungal communities in coniferous forests in Southern Sweden
2008:5	Långtidseffekter av kalkning på skogsmarkens kol- och kväveförråd
2008:6	Underlag för en nationell strategi för skötsel och skydd av sumpskogar
2008:7	Regionala analyser om kontinuitetsskogar och hyggesfritt skogsbruk
2008:8	Frötäkt och frötäktsområden av gran och tall i Sverige
2008:9	Vägledning vid skogsmarkskalkning
2008:10	Områden som skogsmarkskalkats inom Skogsstyrelsens försöksverksamhet 2005–2007
2008:11	Inventering av ädellövplanteringar på stormhyggen från 1999 i Skåne
2008:12	Aluminiumhalter i skogsbäckar och variationen med avrinningsområdenas egenskaper
2008:13	Åtgärder för ett hållbart brukande av skogsmarken – resultat från studier finansierade inom Movib
2008:14	Användningen av växtskyddsmedel inom skogsbruket
2008:15	Skogsmarkskalkning
2008:16	Skogsmarkskalkningens effekter på kemin i mark, grundvatten och ytvatten i SKOKAL-områdena 16 år efter behandling

2008:18	Effekter av skogsbruk på rennärningen – en litteraturstudie
2008:19	Hyggesfritt skogsbruk i ädellövskog – En litteratursammanställning
2008:20	Kontinuitetsskogar och hyggesfritt skogsbruk i ädellövskogar – slutrapport för delprojekt Ädellöv
2008:21	Skoglig kontinuitet och historiska kartor – en metodstudie för bokskog
2008:22	Kontinuitetsskogar och Kontinuitetsskogsbruk – Slutrapport för delprojekt Skötsel – hyggesfritt skogsbruk
2008:23	Naturkultur – Utvecklingen i försöksserien de 10 första åren
2008:24	Jämförelse av ekonomi och produktion mellan trakthyggesbruk och blädning i skiktad granskog – analyser spå bestånds nivå baserade på simulering
2008:25	Skogliga konsekvensanalyser 2008 – SKA–VB 08
2009:1	Åtgärdsplanering i reglerade vattendrag – arbetsgång och åtgärdsförslag i övre Ångermanälven
2009:2	Skog & Historia i Uppland – Gröna Jobb 2004–2008
2009:3	Utvärdering av metoder för kvantifiering av epifytiska hänglavar
2009:4	Kartläggning och Identifiering av kontinuitetsskog
2009:5	Skogsproduktion i stormområdet: Ett underlag för Skogsstyrelsens strategi för uthållig skogsproduktion
2009:6	Ekonomisk beskrivning av konsekvenser i samband med ledningsintrång i skogsmark
2009:7	Avverkning av nyckelbiotoper och objekt med höga naturvärden – en GIS-analys och inventeringsdata från Polytax
2009:8	Produktionsanalys i Gävleborgs län
2009:9	Skogsstyrelsens erfarenheter kring samarbetsnätverk i landskapet
2010:1	Föryngra – Vårda – Skydda – Underlag för Skogsstyrelsens strategi för hållbar skogsproduktion
2010:2	Effektiv rådgivning – Slutrapport
2010:3	Markägarenkäten. Skogsstyrelsens delrapport för undersökningarna om processen för formellt skydd 2005–2008
2010:4	Landskapsansats för bevarande av skoglig biologisk mångfald – en uppföljning av 1997 års regionala bristanalys, och om behovet av samverkan mellan aktörer
2010:5	Översyn av Skogsstyrelsens virkesmättningsföreskrifter – Analys och förslag
2010:6	Polytax 5/7 återväxttaxering: Resultat från 1999–2008
2010:7	Behöver omvandlingstalen mellan m ³ f ub och m ³ sk revideras? – En förstudie
2010:8	Åtgärdsprogram för bevarande av vitryggig hackspett och dess livsmiljöer 2005–2009 – Slutrapport
2010:9	Störningskänslighet hos lavar i barrskogar
2011:1	Polytax 5/7 återväxttaxering: Resultat från 1999–2009
2011:3	Möjligheter att förbättra måluppfyllelse vad gäller miljöhänsyn vid föryngringsavverkning: Rapport efter en analys och rådgivande prioritering av åtgärder
2011:4	Fastighetsavtal – vidareutveckling av modell till flygfärdig produkt, Slutrapport
2011:5	Nedre Ångermanälven och Faxälven – förslag till miljöförbättrande åtgärder
2011:6	Upprättade renbruksplaner – 2005–2010
2011:7	Kontinuitetsskogar och hyggesfritt skogsbruk – Slutrapport för delprojekt naturvärden
2011:8	Utredningsrapport – Långsiktig plan för Skogsstyrelsens inventeringar och uppföljningar
2012:1	Kommunikationsstrategi för Renbruksplan
2012:2	Förstudierapport, dialog och samverkan mellan skogsbruk och rennärning
2012:3	Hänsyn till kulturmiljöer – resultat från P3 2008–2011
2012:4	Kalibrering för samsyn över myndighetsgränserna avseende olika former av dikningsåtgärder i skogsmark
2012:5	Skogsbrukets frivilliga avsättningar
2012:6	Långsiktiga effekter på vattenkemi, öringsbestånd och bottenfauna efter ask- och kalkbehandling i hela avrinningsområden i brukad skogsmark – utvärdering 13 år efter åtgärder mot försurning
2012:7	Nationella skogliga produktionsmål – Uppföljning av 2005 års sektorsmål
2012:8	Kommunikationsstrategi för Renbruksplan – Är det en fungerande modell för samebyarna vid samråd?
2012:9	Ökade risker för skador på skog och åtgärder för att minska riskerna
2012:10	Hänsynsuppföljning – grunder
2012:11	Virkesproduktion och inväxning i skiktad skog efter höggallring
2012:12	Tillståndet för skogsgenetiska resurser i Sverige. Rapport till FAO
2013:1	Återväxtstöd efter stormen Gudrun
2013:2	Förändringar i återväxtkvalitet, val av föryngringsmetoder och trädslagsanvändning mellan 1999 och 2012
2013:3	Hänsyn till forn- och kulturlämningar – Resultat från Kulturpolytaxen 2012
2013:4	Hänsynsuppföljning – underlag inför detaljerad kravspecifikation, En dellerans från Dialog om miljöhänsyn
2013:5	Målbilder för god miljöhänsyn – En dellerans från Dialog om miljöhänsyn

2014:1	Effekter av kvävegödsling på skogsmark – Kunskapssammanställning utförd av SLU på begäran av Skogsstyrelsen
2014:2	Renbruksplan – från tanke till verklighet
2014:3	Användning och betydelsen av RenGIS i samrådsprocessen med andra markanvändare
2014:4	Hänsynen till forn- och kulturlämningar – Resultat från Hänsynsuppföljning Kulturmiljöer 2013
2014:5	Förstudie – systemtillsyn och systemdialog
2014:6	Renbruksplankoncept – ett redskap för samhällsplanering
2014:7	Förstudie – Artskydd i skogen – Slutrapport
2015:1	Miljöövervakning på Obsytorna 1984–2013 – Beskrivning, resultat, utvärdering och framtid
2015:2	Skogsmarksgödsling med kväve – Kunskapssammanställning inför Skogsstyrelsens översyn av föreskrifter och allmänna råd om kvävegödsling
2015:3	Vegetativt förökad skogsodlingsmaterial
2015:4	Global framtida efterfrågan på och möjligt utbud av virkesråvara
2015:5	Satellitbildskartering av lämnad miljöhänsyn i skogsbruket – en landskapsansats
2015:6	Lägsta ålder för föryngringsavverkning (LÅF) – en analys av följder av att sänka åldrarna i norra Sverige till samma nivå som i södra Sverige
2015:7	Hänsynen till forn- och kulturlämningar – Resultat från Hänsynsuppföljning Kulturmiljöer 2014
2015:8	Uppföljning av skogliga åtgärder längs vattendrag för att gynna lövträd och lövträdetablering.
2015:9	Ångermanälvsprojektet – förslag till miljöförbättrande åtgärder i mellersta Ångermanälven och nedre Fjällsjöälven
2015:10	Skogliga konsekvensanalyser 2015–SKA 15
2015:11	Analys av miljöförhållanden – SKA 15
2015:12	Effekter av ett förrändrat klimat–SKA 15
2015:13	Uppföljning av skogliga åtgärder längs vattendrag för att gynna lövträd och lövträdetablering
2016:1	Uppföljning av biologisk mångfald i skog med höga naturvärden – Metodik och genomförande
2016:2	Effekter av klimatförändringar på skogen och behov av anpassning i skogsbruket
2016:4	Alternativa skogsskötselmetoder i Vildmarksriket – ett pilotprojekt
2016:5	Hänsyn till forn- och kulturlämningar - Resultat från Hänsynsuppföljning Kulturmiljöer 2015
2016:6	METOD för uppföljning av miljöhänsyn och hänsyn till rennärningen vid stubbskörd
2016:7	Nulägesbeskrivning om nyckelbiotoper
2016:8	Möjligheter att minska stabilitetsrisker i raviner och slänter vid skogsbruk och exploatering – Genomgång av ansvar vid utförande av skogliga förändringar, ansvar för tillsyn samt ansvar vid inträffad skada
2016:10	Möjligheter att minska stabilitetsrisker i raviner och slänter vid skogsbruk och exploatering – Metodik för identifiering av slänter och raviner känsliga för vegetationsförändringar till följd av skogsbruk eller expoatering
2016:12	Nya och reviderade målbilder för god miljöhänsyn – Skogssektors gemensamma målbilder för god miljöhänsyn vid skogsbruksåtgärder
2016:13	Målanpassad ungskogsskötsel
2016:14	Översyn av Skogsstyrelsens beräkningsmodell för bruttoavverkning
2017:2	Alternativa skötselmetoder i Råndalen - Ett projekt i Härjedalen
2017:4	Biologisk mångfald i nyckelbiotoper – Resultat från inventeringen – ”Uppföljning biologisk mångfald” 2009–2015

Av Skogsstyrelsen publicerade Meddelanden:

1991:2	Vägplan -90
1991:5	Ekologiska effekter av skogsbränsleuttag
1995:2	Gallringsundersökning 92
1995:3	Kontrolltaxering av nyckelbiotoper
1996:1	Skogsstyrelsens anslag för tillämpad skogsproduktionsforskning
1997:1	Naturskydd och naturhänsyn i skogen
1997:2	Skogsvårdsorganisationens årskonferens 1996
1998:1	Skogsvårdsorganisationens Utvärdering av Skogspolitiken
1998:2	Skogliga aktörer och den nya skogspolitiken
1998:3	Föryngringsavverkning och skogsbilvägar
1998:4	Miljöhänsyn vid föryngringsavverkning – Delresultat från Polytax
1998:5	Beståndsanläggning
1998:6	Naturskydd och miljöarbete
1998:7	Röjningsundersökning 1997
1998:8	Gallringsundersökning 1997
1998:9	Skadebilden beträffande fasta fornämningar och övriga kulturmiljövärden
1998:10	Produktionskonsekvenser av den nya skogspolitiken

1998:11	SMILE – Uppföljning av sumpskogsskötsel
1998:12	Sköter vi ädellövskogen? – Ett projekt inom SMILE
1998:13	Riksdagens skogspolitiska intentioner. Om mål som uppdrag till en myndighet
1998:14	Swedish forest policy in an international perspective. (Utfört av FAO)
1998:15	Produktion eller miljö. (En mediaundersökning utförd av Göteborgs universitet)
1998:16	De trädbevuxna impedimentens betydelse som livsmiljöer för skogslevande växt- och djurarter
1998:17	Verksamhet inom Skogsvårdsorganisationen som kan utnyttjas i den nationella miljöövervakning
1998:19	Skogsvårdsorganisationens årskonferens 1998
1999:1	Nyckelbiotopsinventeringen 1993–1998. Slutrapport
1999:3	Sveriges sumpskogar. Resultat av sumpskogsinventeringen 1990–1998
2001:1	Skogsvårdsorganisationens Årskonferens 2000
2001:2	Rekommendationer vid uttag av skogsbränsle och kompensationsgödsling
2001:3	Kontrollinventering av nyckelbiotoper år 2000
2001:4	Åtgärder mot markförurning och för ett uthålligt brukande av skogsmarken
2001:5	Miljöövervakning av Biologisk mångfald i Nyckelbiotoper
2001:6	Utvärdering av samråden 1998 Skogsbruk – rennärning
2002:1	Skogsvårdsorganisationens utvärdering av skogspolitiken effekter – SUS 2001
2002:2	Skog för naturvårdsändamål – uppföljning av områdesskydd, frivilliga avsättningar, samt miljöhänsyn vid föryngringsavverkning
2002:4	Action plan to counteract soil acidification and to promote sustainable use of forestland
2002:6	Skogsmarksgödsling – effekter på skogshushållning, ekonomi, sysselsättning och miljön
2003:1	Skogsvårdsorganisationens Årskonferens 2002
2003:2	Konsekvenser av ett förbud mot perimetrinbehandling av skogsplantor
2004:1	Kontinuitetsskogar – en förstudie
2004:2	Landskapsekologiska kärnområden – LEKO, Redovisning av ett projekt 1999–2003
2004:3	Skogens sociala värden
2004:4	Inventering av nyckelbiotoper – Resultat 2003
2006:1	Stormen 2005 – en skoglig analys
2007:1	Övervakning av insektsangrepp – Slutrapport från Skogsstyrelsens regeringsuppdrag
2007:2	Kvävegödsling av skogsmark
2007:3	Skogsstyrelsens inventering av nyckelbiotoper – Resultat till och med 2006
2007:4	Fördjupad utvärdering av Levande skogar
2007:5	Hållbart nyttjande av skog
2008:1	Kontinuitetsskogar och hyggesfritt skogsbruk
2008:2	Rekommendationer vid uttag av avverkningsrester och askåterföring
2008:3	Skogsbrukets frivilliga avsättningar
2008:4	Rundvirkes- och skogsbränslebalanser för år 2007 – SKA-VB 08
2009:1	Dikesrensningens regelverk
2009:2	Viltanpassad Skogsskötsel – Skogliga åtgärder för att minska skador
2009:3	Ny metod och nya definitioner i uppföljningen av frivilliga avsättningar
2009:4	Stubbskörd – kunskapssammanställning och Skogsstyrelsens rekommendationer
2009:5	Vidareutveckling av pågående viltskadeinventeringar
2009:6	En märkbar förändring i skogsägarnas vardag – Projekt Skogsägarnas myndighetskontakter
2009:7	Regler om användning av främmande trädslag
2010:1	Vattenförvaltningen i skogen
2010:2	Nationell tillämpning av FLEGT – Forest Law Enforcement, Governance and Trade
2011:1	Tillsyn enl 9 kap miljöbalken av verksamhet på mark som omfattas av skogsvårdslagen
2011:2	Skogs- och miljöpolitiska mål – brister, orsaker och förslag på åtgärder
2011:3	Skogliga inventeringsmetoder i en kunskapsbaserad älgförvaltning
2011:4	Uppdrag om nationella bestämmelser som kompletterar EU:s timmerförordning samt om revidering av virkesmätningsslagstiftningen
2011:5	Uppföljning av hänsyn till rennärningen
2011:6	Översyn av föreskrifter och allmänna råd för 30 paragrafen SvL – Del 1
2011:7	Hjortdjurens inverkan på tillväxt av produktionsträd och rekrytering av betesbegärliga trädslag – problembeskrivning, orsaker och förslag till åtgärder
2012:1	Förslag på regelförenklingar i skogsvårdslagstiftningen
2012:2	Uppdrag om nationella bestämmelser som kompletterar EU:s timmerförordning
2012:3	Beredskap vid skador på skog
2013:1	Dialog och samverkan mellan skogsbruk och rennärning
2013:2	Uppdrag om förslag till ny lagstiftning om virkesmätning
2013:3	Adaptiv skogsskötsel

2013:4	Ask och askskottsjukan i Sverige
2013:5	Förstudie om ett nationellt skogsprogram för Sverige – Förslag och ställningstaganden
2013:6	Förstudie om ett nationellt skogsprogram för Sverige – omvärldsanalys
2013:7	Ökad jämställdhet bland skogsägare
2013:8	Naturvårdsavtal för områden med sociala värden
2013:9	Skogens sociala värden – en kunskapssammanställning
2014:1	Översyn av föreskrifter och allmänna råd till 30 § SvL – Del 2
2014:2	Skogslandskapets vatten – en lägesbeskrivning av arbetet med styrmedel och åtgärder
2015:1	Förenkling i skogsvårdslagstiftningen – Redovisning av regeringsuppdrag
2015:2	Redovisning av arbete med skogens sociala värde
2015:3	Rundvirkes- och skogsbränslebalanser för år 2013 – SKA 15
2015:4	Renskogsavtal och lägesbeskrivning i frågö om skogsbruk–rennärning
2015:6	Utvärdering av ekonomiska stöd
2016:1	Kunskapsplattform för skogsproduktion – Tillståndet i skogen, problem och tänkbara insatser och åtgärder
2016:2	Analys av hur Skogsstyrelsen verkar för att miljömålen ska nås
2016:3	Delrapport - Främja anställning av nyanlända i de gröna näringarna och naturvärden
2016:4	Skogliga skattningar från laserdata
2016:5	Kulturarv i skogen
2016:6	Sektorsdialog 2014 och 2015
2016:7	Adaptiv skogsskötsel 2013-2015
2016:8	Agenda 2030 - underlag för genomförande - Ett regeringsuppdrag
2016:9	Implementering av målbilder för god miljöhänsyn
2016:10	Gemensam inlämningsfunktion för skogsägare
2016:11	Samlad tillsynsplan2017
2017:1	Skogens sociala värden i Skogsstyrelsens rådgivning och information
2017:2	Främja nyanländas väg till anställning i de gröna näringarna och naturvärden
2017:3	Regeringsuppdrag om jämställdhet i skogsbruket
2017:4	Avrapportering av regeringsuppdrag om frivilliga avsättningar

Beställning av Rapporter och Meddelanden

Skogsstyrelsen,
Böcker och Broschyrer
551 83 JÖNKÖPING
Telefon: 036 – 35 93 40
växel 036 – 35 93 00
fax 036 – 19 06 22
e-post: bocker@skogsstyrelsen.se
www.skogsstyrelsen.se/bocker

I Skogsstyrelsens Meddelande-serie publiceras redogörelser, utredningar med mera av officiell karaktär.

Innehållet överensstämmer med myndighetens policy.

I Skogsstyrelsens Rapport-serie publiceras redogörelser och utredningar med mera för vars innehåll författaren/författarna själva ansvarar.

Skogsstyrelsen publicerar dessutom fortlöpande: Foldrar, broschyrer, böcker med mera inom skilda skogliga ämnesområden. Skogsstyrelsen är också utgivare av tidningen Skogseko.

Under åren 2014 till 2016 har Trafikverket, Statens geotekniska institut, Skogsstyrelsen och Sveriges geologiska undersökning gemensamt drivit projektet ” Möjligheter att minska stabilitetsrisker i raviner och slänter vid skogsbruk och exploatering”. Projektet har i huvudsak finansierats av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.

Målet med projektet har varit att öka kunskapen om hur förändringar av vegetation, exempelvis i samband med avverkning, påverkar förutsättningarna för jordrörelser (ras, erosion, slamströmmar och ravintillväxt) samt hur man på olika sätt kan minska den negativa påverkan. Huvudsyftet med denna rapport är att ge exempel på hur man med olika anpassningar av enskilda åtgärder i samband med skogsbruk och exploatering, kan minska riskerna för erosion, ras och slamströmmar. Rapporten gör inte anspråk på att vara heltäckande utan är en exempelsamling med utgångspunkt från dels praktiskt skogsbruk i Sverige, Norge och Österrike, dels aktuell litteratur inom området.

Den primära målgruppen är planerare och entreprenörer inom skogsbruk och exploatering, men exempelsamlingen kan även nyttjas vid samhällets arbete med anpassning till ett förändrat klimat.