



En fullastad skotare på väg mot avlägget. Basmaskinen väger 20 ton. Med 16 ton last och boggiband som väger 4 ton blir totalvikten ca 40 ton. Foto: Tomas Nordfjell.

Minska risken för markskador!

Del 2: Åtgärder för att minska risken för markskador

Mekaniserad avverkning medför tung terrängtrafik. Längs basvägar och huvudstråk kan skogsmarken belastas med flera tusen ton under arbetet. Om skogsmarkens bärighet överskrids uppstår markskador i form av kompaktering och spårbildning. I denna andra del visas hur risken för skador på marken kan minskas genom hänsyn till bärighetsförhållandena vid planering, teknikval och olika åtgärder under genomförande av avverkningen.

Rekommendationer för minskade markskador vid drivningsarbete

En god planering lägger grunden

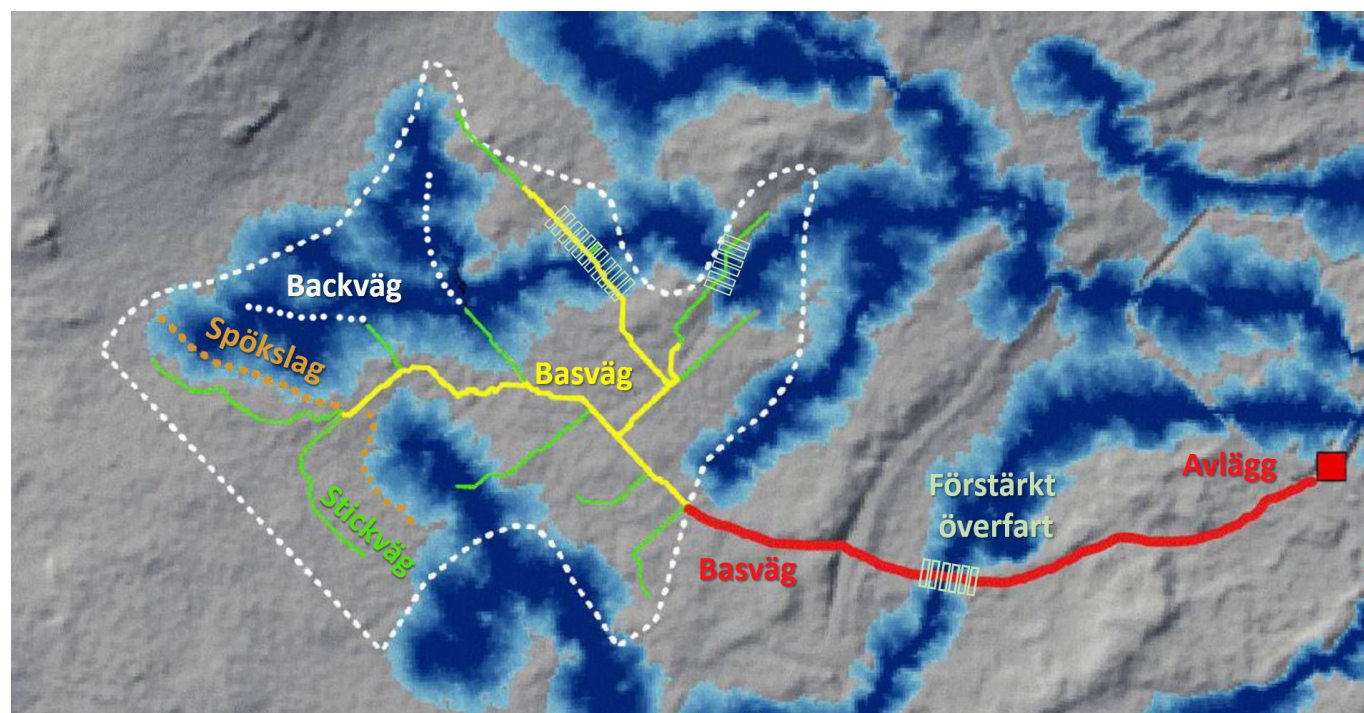
Det är i samband med drivningsplaneringen de största möjligheterna finns att minska risken för markskador på kort sikt. Är trakten lämplig/möjlig att avverka under alla årstider och väderförhållanden eller krävs att marken är mycket torr eller till och med tjälad?

Bedöm jordart och fukthalt

Eftersom bärigheten bestäms av jordart och fukthalt bör planeringen utgå från en bedömning av dessa

faktorer, om möjligt även jordartsvariationer inom området. Jordarten kan bedömas för både sediment- och moränjordar genom rull- och skakprov. Med en jordsond kan du snabbt ta ett jordprov. Hur du gör rull- och skakprov beskrivs till exempel på skogskunskap.se via denna [länk](#).

Man behöver också bedöma hur fuktig marken är. Topografi och fältskiktsflora är ganska avslöjande, men en ännu bättre överblick kan du få genom en så kallad vattenkarta. Dessa har visat sig vara till stor hjälp för bedömning av markfuktighet i olika terrängavschnitt (Figur 1).



Figur 1. Här har vattenkartan projicerats på den digitala terrängmodellens topografiska raster. Det är en god hjälp vid planering. Placering av huvudbasvägar, överfarter och avsnitt som måste planeras med särskild omsorg blir enklare och kan snabbt kontrolleras i fält (efter Ring m fl 2020, Arbetsrapport 1051-2020, Skogforsk).

Drivningsplanering och skotningstaktik

Planera drivningen så att de mest trafikerade körvägarna i möjligaste mån ligger i områden med hög bärighet. Sträva efter att få så kort total körvägslängd som möjligt. Det är en god tumregel att premiera stickvägsdragning som "leder mot avlägget". *Spökslag*, där skördaren lägger upp virket emot fastmark, kan utnyttjas för att minska behovet av körning med den tunga skotaren i känsliga terrängavsnitt. Rakt draga *backvägar*, där skotaren kan backa in, och sedan köra ut under lastning minskar behovet av svängar, som sliter på marken. Man bör av effektivitetsskäl undvika att göra korta stickvägar. Vid skotningen bör man eftersträva att optimera samlastning av olika sortiment på så sätt att den totala körsträckan blir så kort som möjligt, ju bättre man lyckas med detta ju mindre risk för markskador. Om marken har god bärighet blir strävan efter kortast möjliga körsträcka givetvis underordnad målet med så låg tidsåtgång som möjligt.

Trots god planering finns risk att markskador kan uppstå. Föraren måste under arbetet vara uppmärksam på denna risk, och vid behov ytterligare förstärka vägen med grot, kavling eller rent av söka ny vägsträckning.

Åtgärder för att minska risken för körskador vid drivning

Grot kan användas för att förbättra markens bärighet och fungerar som en förstärkning av markens översta armerade skikt. Maskinens massa fördelas över en större yta om körstråket risas. Tillgång och kvalitet på grot varierar, beroende på form av avverkning, uttagen volym, trädslag och om grot tas ut som skogsbränsle. Använd hellre grot som markförstärkning än för uttag, om det är nödvändigt för att hindra markskador. Utnyttja möjligheten till markförstärkning av känsliga partier och där man kan förutse att många överfarter kommer att ske. För att groten ska få god effekt som markförstärkare krävs ganska stora mängder grot i körvägarna. Extra grot bör alltid finnas upplagd för komplettering av risningen vid känsliga överfarter.

Om det på mycket känsliga terrängavschnitt inte räcker med grot som markförstärkning kan man använda rundvirke att köra på. Rundvirke kan även utnyttjas för att bygga broar över smalare vattendrag. Kör aldrig över ett oskyddat vattendrag på avverkningstrakten! En bra beskrivning av hur man kan bygga tillfälliga broar över bäckar och diken eller kavelbroar över svaga markpartier och komplettera med grot finns på skogskunskap.se på denna [länk](#). För kavling används mindre värdefulla sortimentet; lövmassaved har oftast högre hållfasthet än barmassaved varför det är att föredra (Figur 2). För tillfälliga broar behövs oftast grovt



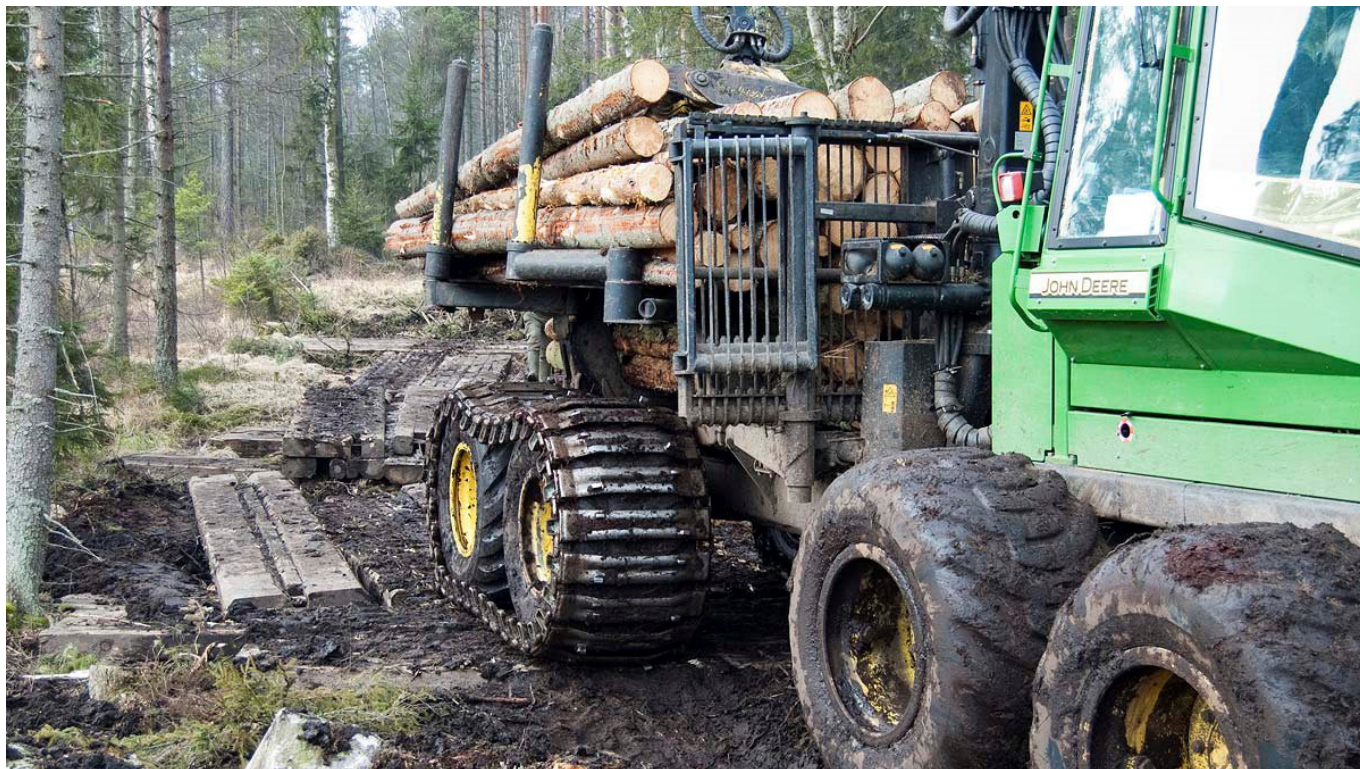
Figur 2. Kavelbro av massaved över en myrhaps, körbanan täcks med grot. Foto: Tomas Nordfjell.



Figur 3. Bro av timmer över en bäck, körbanan ska täckas med grot. Foto: Erik Viklund.

sågtimmer för tillräcklig hållfasthet (Figur 3). Efter avslutad avverkning kan virket tas tillvara, och beroende på hur sönderkört och nersmutsat det blivit kan det användas som vanligt rundvirke eller bränsleved. Ofta lämnas en kavelbro kvar för att den är kraftigt nersmutsad. Den kan även behövas av grotskotare och markberedare i ett senare skede.

Speciellt tillverkade "markskonare" (stockmattor) kan läggas ut för att låta en basväg passera över ett kortare avsnitt med mycket dålig bärighet (Figur 4). Markskonare kan också användas för överfart av diken och bäckar eller för att skydda en väglänt. De är vanligen tillverkade av utsågade block från stockar av låg kvalitet med tjocklek och bredd på 17,5 eller 20 cm med en längd av 4,5–6,0 m. Vanligen är fyra eller fem block ihopsatta med genomgående bultar till en bredd av ca 90 cm. Studier visar att markskonare kan reducera spår djupet till mindre än 10 cm, där man annars får 40–50 cm djupa spår. Spårbildning, som kan bli påtaglig på en finkornig och fuktig mark, blir nästan obefintlig vid användning av markskonare. Det samma bör gälla för välbyggda kavelbroar av rundvirke. Markskonare kan återanvändas många gånger, men ska transporteras mellan och inom avverkningstrakter. Det ökar drivningens logistiska komplexitet.



Figur 4. Markskonare utlagda över en sträcka med mycket dålig bärighet. Foto: Eva Ring.

Maskinens marktryck och risken för markskador

Påkänningen på marken beror på skogsmaskinens massa (vikt) och på hur stor yta och på vilket sätt den överförs till marken via hjul/band. För en skotare måste man lägga till vikten hos virkeslasset. En fullt lastad skotare väger mellan 22 och 44 ton utan boggi-band.

Boggiband ökar kontaktytan mellan maskin och mark och reducerar därmed marktrycket. Effekten beror mest på att kontaktytan under hjulen blir bredare och till mindre del på längre kontaktytan mellan boggihjulen. Det är direkt under hjulen som trycket mot marken blir störst. Detta beror på att banden inte har något stöd mellan boggihjulen. Boggiband är tunga, ett band till en skotare väger mellan 1,0 och 1,4 ton, vilket ökar hjullasten med 0,5 till 0,7 ton.

Ju högre massa som belastar ett hjul desto djupare blir komprimeringen av marken. Den tekniska utvecklingen har länge medfört att hjullasten på en "normalskotare" har ökat. Hjullasten blir förstås lägre om vikten fördelas på flera hjul. Därför är det en fördel att utvecklingen har gått från sex- till åttahjuliga skotare. Det är också bra om hjullasten är jämnt fördelad mellan maskinens alla hjul. Men skotare har ojämn viktfordelning mellan fram- och bakvagn. Olastad är vikten fördelad med cirka 58 procent fram och 42 procent bak men vid full last med 33 procent fram och 67 procent bak. Vid 20–24 procent av lastkapacitet är viktfordelningen lika mellan fram- och bakvagn. Om viktfordelningen är olika mellan fram- och bakvagn bör deras respektive marktryck beräknas separat.

För jordbruksmark ska hjullasten vara lägre än 3–3,5 ton för att undvika att marken komprimeras på djupet. En fullastad skotare uppnår, som jämförelse, hjullaster mellan 3,7 och 7,4 ton på bakvagnen. Skogsmark tål högre hjullaster än jordbruksmark, eftersom den armeras av trädrötter, humuslager och markvegetation och trafikerats mera sällan. Hur stort skydd detta ger, vet vi inte idag.

Maskinens marktryck är starkt kopplat till spårbildning. Det nominella marktrycket beräknas genom att maskinens massa divideras med kontaktytan mellan maskin och mark. Marktrycket uttrycks i kPa, det vill säga kN/m². Kontaktytan beror på hjuldiameter, däckbredd och ringtryck och påverkas av däckets deflektion till följd av hjullast samt av markens plasticitet. Ju större diameter och bredd, desto större kontaktyta och lägre marktryck. Ett lägre ringtryck ger samma effekt: större kontaktyta och lägre nominellt marktryck. De ringtryck som tillämpas på dagens skogsmaskiner är höga, minst 400 kPa (4 bar). Detta möjliggör högre hastigheter och minskar risken för klämskador på däck. För att påtagligt reducera marktrycket genom sänkt ringtryck skulle det behöva sänkas under 100 kPa vilket kräver sänkt hastighet och dessutom medför stor risk att däck skadas.

Boggiband reducerar spårdjupet på mjuka marker, särskilt betydelsefullt på den bakre boggin pga de höga marktrycken bak på en lastad skotare. En teknisk lösning med en extra hjulaxel bakom bakre boggi ger möjlighet att montera extra långa band (Figur 5). Anläggningsytan mot marken fördubblas nästan och trots att den extra axeln och



Figur 5. Skotaren Ponsse Buffalo 10W med extra långa band på bakvagnen. Foto: Ponsse Pics.

de längre banden ökar bakvagnens vikt med drygt 2,5 ton, blir marktrycket nästan lika lågt på bakvagnen som på framvagnen. Det långa bandet gör dock att spårdjupet kan bli stort vid kurvtagning, på grund av skjuvande krafter. Man bör därför eftersträva raka körvägar vid körning på känslig

mark. Den extra hjulaxeln kan dock lyftas upp vid kurvtagning och vid körning på fast mark. Spårdjupet på mjuka marker halverades i genomsnitt med denna utrustning och skillnaden ökar med ökad vattenhalt i marken, det vill säga då grundförhållandena är riktigt dåliga.

TSGs syfte med publikationen **Minska risken för markskador!** är att öka kunskapen om markskador och visa hur god planering och aktiva åtgärder kan minska risken för skador.

Del 1 sammanfattar hur markskador uppstår vid mekaniserad avverkning, vilka effekter de har och hur man kan bedöma skogsmarkens bärighet.

Del 2 presenterar hur man kan minska risken för omfattande markskador på känsliga terrängavsnitt.