

SLUTAVVERKNING



Skogsskötselserien är en sammanställning för publicering via Internet av kunskap om skogsskötsel utan ställningstaganden eller värderingar.

Texterna har skrivits av forskare och har bearbetats redaktionellt både sakligt och språkligt. De är upphovsrättsligt skyddade och får inte användas för kommersiellt bruk utan medgivande.

I Skogsskötselserien ingår:

1. Skogsskötselns grunder och samband
2. Produktion av frö och plantor
3. Plantering av barrträd
4. Naturlig förnyring av tall och gran
5. Sådd
6. Røjning
7. Gallring
8. Stamkvistning
9. Skötsel av björk, al och asp
10. Skötsel av ädellövskog
11. Blädningsbruk
12. Skador på skog
13. Skogsbruk – mark och vatten
14. Naturhänsyn
15. Skogsskötsel för rekreation och friluftsliv
16. Produktionshöjande åtgärder
17. Skogsbränsle
18. Skogsskötselns ekonomi
19. Skogsträdsförädling
20. *Slutavverkning*

Skogsskötselserien har tagits fram med finansiering av Skogsstyrelsen, Skogsindustrierna, Sveriges lantbruksuniversitet och LRF Skogsägarna. Bidrag har även lämnats av Energimyndigheten för behandling av frågor som rör skogsbränsle och av Stiftelsen Skogssällskapet.

Omarbetningar (revisioner) för att ta fram andraupplagor har till stor del även bekostats av Erik Johan Ljungbergs Utbildningsfond och Stiftelsen Skogssällskapet.

Skogsskötselserien – Slutavverkning

2014

Författare:

Lars Lundqvist, Ola Lindroos och Göran Hallsby, samtliga vid SLU,
samt Clas Fries, Skogsstyrelsen

© Lars Lundqvist, Ola Lindroos, Göran Hallsby, Clas Fries och Skogsstyrelsen

Redaktör: Clas Fries

Typografisk formgivning: Michael Ernst, Textassistans AB

Grafisk profil: Louise Elm, Skogsstyrelsen

Diagrambearbetning och sättning: Bo Persson, Skogsstyrelsen

Foto omslag: Henry Stahre

Utgivning: Skogsstyrelsens förlag, www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien

Innehåll

SLUTAVVERKNING.....	4
Teoretiska grunder.....	5
Former för slutavverkning	5
Kalhuggning.....	5
Fröträdsställning	6
Skärmar inklusive förberedande föryngringshuggning	7
Etappvis slutavverkning.....	8
Skillnaden mellan fröträd och skärmställning förr och idag.....	11
Alternativ terminologi.....	12
Omloppstid och kriterier för beståndsutveckling.....	12
Volymtillväxten.....	13
Värdetillväxten.....	16
Volym- och värdetillväxtens kulminationstidpunkter	18
Förräntning av virkeskapitalet	19
Årsytan.....	19
Prioritering av slutavverkningsbestånd.....	21
Tillväxtdifferens.....	21
Relativ tillväxt, förräntning och visarprocent	21
Virkesflöde, virkesförsörjning och logistik.....	22
Andra ekonomiska hänsynstaganden.....	23
Naturhänsyn och annan hänsyn vid slutavverkning	23
Slutavverkningens praktiskt genomförande.....	27
Planering av slutavverkning.....	27
Avgränsning av areal.....	28
Naturhänsyn och annan hänsyn	28
Återväxtplanering och val av slutavverkningsmetod.....	30
Skattning av trädegenskaper, volymer och sortiment	31
Placering av avlägg	31
Terrängegenskaper och basvägsdragning.....	32
Bedömning av terrängtransportavståndet	33
Bedömning av behov av underväxtröjning	35
Planering för grot- och stubbskörd	36
Årstidsmässig planering av åtgärderna	37
Bortsättning och intäktsberäkning	37
Avverkningsanmälan.....	38
Faktisk avverkningstidpunkt	38
Traktdirektiv.....	40
Slutavverkningens utförande	41
Förberedande praktiska åtgärder.....	41
Avverkning och terrängtransport	42
Maskinval vid slutavverkning.....	44
Fällning och upparbetning	45
Skotning	50
Avlägg	53
Maskinförarens kompetens	54
Efterarbete och utvärdering.....	54
Fysiskt återställande.....	54
Virkesflöde och ekonomi	54
Uppföljning av utfört arbete.....	55
Litteratur	59

SLUTAVVERKNING

Slutavverkning är den sista åtgärden i trakthyggesbrukets cykel. Den innebär att det mogna beståndet skördas och ett nytt bestånd kan anläggas.

Kalhuggning, fröträdställning och skärmställning är de tre huvudformerna av slutavverkning. De utgör en gradient på en skala från 100 % uttag av det gamla beståndet vid ett enda tillfälle vid kalhuggning, till den gradvisa utglesningen vid skärmställning.

Högst volymproduktion erhålls om ett bestånd slutavverkas vid medeltillväxtens kulmination. Värde tillväxten kulminerar ofta senare än volymtillväxten eftersom träden blir grövre och då mer värdefulla.

Prioritering av slutavverkningsbestånd. Det finns olika metoder för att avgöra i vilken ordning slutavverkningsmogna bestånd ska avverkas. De kan delas in i tre principiella typer av prioritering: Tillväxtdifferens, förräntning och virkesförsörjning. De ger långsiktigt olika effekt på skogstillståndet.

Hänsyn till natur- och kulturmiljövärden samt till sociala värden ska tas vid slutavverkning liksom vid alla skogsbruksåtgärder. Inom renskötseområdet ska hänsyn också tas till rennäringen.

Efter beslut om slutavverkning planeras avverkningen och utforslingen av virket från skog till bilväg. Planeringen innehåller flera moment, till exempel avgränsning av areal, hänsyns- och återväxtplanering, skattning av volymer och sortiment samt placering av avlägg. Tillsammans med kartor och annan information sammanfattas detta i ett traktdirektiv.

Traktdirektivet ger vid slutavverkningen nödvändig information till avverkningslaget. Beroende på beståndets egenskaper väljs maskinsystem. Fällning, kvistning och aptering med skördaren, liksom terrängtransporten med skotare, kan utföras på olika sätt. I svensk skog utförs nästan all slutavverkning maskinellt.

Maskinförarens kompetens och inte bara maskinens prestanda har betydelse för en slutavverknings ekonomiska och miljömässiga resultat.

Direkt efter slutavverkningen behövs ofta ett visst återställningsarbete för att minska effekterna av avverkningen, till exempel att rensa större stigar från hyggesavfall samt att återställa dikes- och bäckpassager genom att ta bort eventuella överfartshjälpmiddel. Ibland kan det vara motiverat att lämna välbyggda kavelbroar så att markberedningsekipage kan passera diken eller bäckar. Om markpåverkan från körning i terräng eller på bilväg behöver åtgärdas så görs det oftast i efterhand med grävmaskin.

Teoretiska grunder

Slutavverkning är den sista åtgärden i trakthyggesbrukets cykel. Den innebär att det mogna beståndet skördas och ett nytt bestånd kan anläggas. Slutavverkning är utan tvekan den viktigaste åtgärden i svenskt skogsbruk. Den ger de största intäkterna för skogsägaren, den har störst miljöpåverkan, den är mest iögonfallande och väcker störst känslor hos allmänheten. Ingen annan åtgärd har historiskt sett skapat lika mycket konflikter som slutavverkning.

Former för slutavverkning

Det finns i huvudsak tre olika former av slutavverkning:

- Kalhuggning
- Fröträdsställning
- Skärmställning

Dessa tre varianter utgör samtidigt en gradient på en skala, från 100 % uttag av det gamla beståndet¹ vid ett enda tillfälle vid kalhuggning, till den gradvisa utglesningen vid skärmställning, som innebär att man vid första ingreppet i allmänhet tar ut 40–60 % av det gamla beståndet. I samtliga fall är dock slutmålet en i huvudsak likåldrig, enskiktad ungskog som så småningom kan skötas med vanliga gallringar.

Utöver de tre huvudmetoderna finns även det som kallas ”etappvis slutavverkning”, som innebär att det gamla beståndet avverkas i etapper under en 15–20-årsperiod genom att en liten bit i taget avverkas.

Fröträdsställning, skärmställning och även de etappvisa metoderna är samtidigt både slutavverknings- och förnygringsmetoder, eftersom förnygringen i normalfallet etableras genom naturlig förnygring.

Kalhuggning

Att kalhugga innebär att man avverkar alla träd i beståndet vid ett och samma tillfälle, med undantag för naturvärdesträd, evighetsträd, trädgrupper, skyddszoner, osv (figur SA1) (denna form av naturhänsyn beskrivs utförligt i Skogsskötselserien del 14, *Naturhänsyn*). Detta är den absolut vanligaste formen av slutavverkning och har sedan år 2000 använts vid i runda tal tre fjärdedelar av alla slutavverkningar. Kalhuggning har legat på ungefär denna nivå sedan mitten av 1950-talet.²

¹ För definition av begreppet bestånd, se faktarutan ”Benämningar av olika typer av skogsområden” sist i kapitlet.

² Skogsstyrelsen. 2013. *Skogsstatistisk årsbok 2013*. Jönköping.



Figur SA1 Markberett kalhygge med kvarlämnade evighetsträd. Foto Anders Jäderlund.

Kalhuggning kombineras ofta med förrensning/underväxtröjning eller hyggesrensning. Båda ingreppen innebär att små träd och buskar som växer inne i det gamla beståndet röjs bort, antingen före (förrensning eller underväxtröjning) eller efter (hyggesrensning) kalhuggningen.

Syftet med hyggesrensning är dels att underlätta markberedningen, dels att få bort små träd och buskar som annars skulle konkurrera med den nya förnyringen. Förrensning uppnår samma syfte men underlättar dessutom avverkningen och minskar risken att få med mineraljord vid grot-skörd, vilket är skadligt vid den fortsatta hanteringen av groten.

Efter en kalhuggning ska ett nytt bestånd etableras. Det absolut vanligaste är att det sker genom plantering, men även sådd är tänkbart. Markberedning utförs normalt sett innan plantering medan sådd numera ofta sker samtidigt som markberedningen.

Kalhuggning kallas ibland kalavverkning. Eftersom nästan alla svenska trädslag kan förnygras efter kalhuggning så kan åtgärden användas i stort sett oberoende av trädslag i det gamla beståndet.

Fröträdsställning

Fröträdsställning innebär att ett antal träd sparas för att beså marken med frön, oftast 50–150 träd per ha. På lavdominerade marker i gynnsamma klimatlägen behövs normalt sett ingen markberedning, men på övriga torra marker och på frisk mark krävs normalt markberedning under fröträden för att få en väl sluten förnyring inom godtagbar tid (figur SA2).

Fröträdsställning är den näst vanligaste formen för slutavverkning, och har sedan år 2000 använts på ca en fjärdedel av hyggesarealen, men med en minskande trend.³ Fröträdsställning används nästan uteslutande med tall.

³ Fries, C., Bergquist, J. och Svensson, L. 2013. Förändringar av återväxtkvalitet, val av förnyringsmetoder och trädslagsanvändning 1999–2012. Skogsstyrelsen. *Rapport 2–2013*.



Foto: Christer Karlsson

Figur SA2 En fröträdsställning under vilken man harvat för bra groning och plantutveckling. Foto Christer Karlsson.

Skärmar inklusive förberedande föryngringshuggning

En skärmställning innehåller i utgångsläget fler träd än en fröträdsställning och den avvecklas normalt i två eller fler ingrepp, dvs den glesas ut ett antal gånger innan den slutligen avvecklas helt (figur SA3).



Figur SA3 Skärmställning i gran. Foto Björn Hånell.

Syftet med skärmställningar är ofta både att beså marken med frön och att skydda föryngringen mot frost. Skärmen kan också hålla tillbaka utvecklingen av konkurrerande markvegetation och även på det viset skydda föryngringen.

Skärmställning har aldrig varit en speciellt vanlig slutavverknings-/föryngringsmetod. Den används visserligen mer nu än under de sista årtiondena av 1900-talet, men det rör sig ändå bara om någon procent av den totala slutavverkningsarealen.

Skärmställning används nästan uteslutande med gran. I tallskog används emellanåt begreppet ”timmerställning” för att beskriva ett bestånd av god kvalitet som gallrats relativt hårt en sista gång i slutet av omloppstiden. Timmerställningar är på sitt sätt ett slags skärmar i tallskog, men syftet med åtgärden är dock inte att inleda förnyngningsfasen och därför betraktas en timmerställning normalt sett inte som en skärmställning (figur SA4).

En utförligare beskrivning av arbetsgången vid förnyngning under fröträdsställning finns i Skogsskötselserien del 4, *Naturlig förnyngning av tall och gran*.



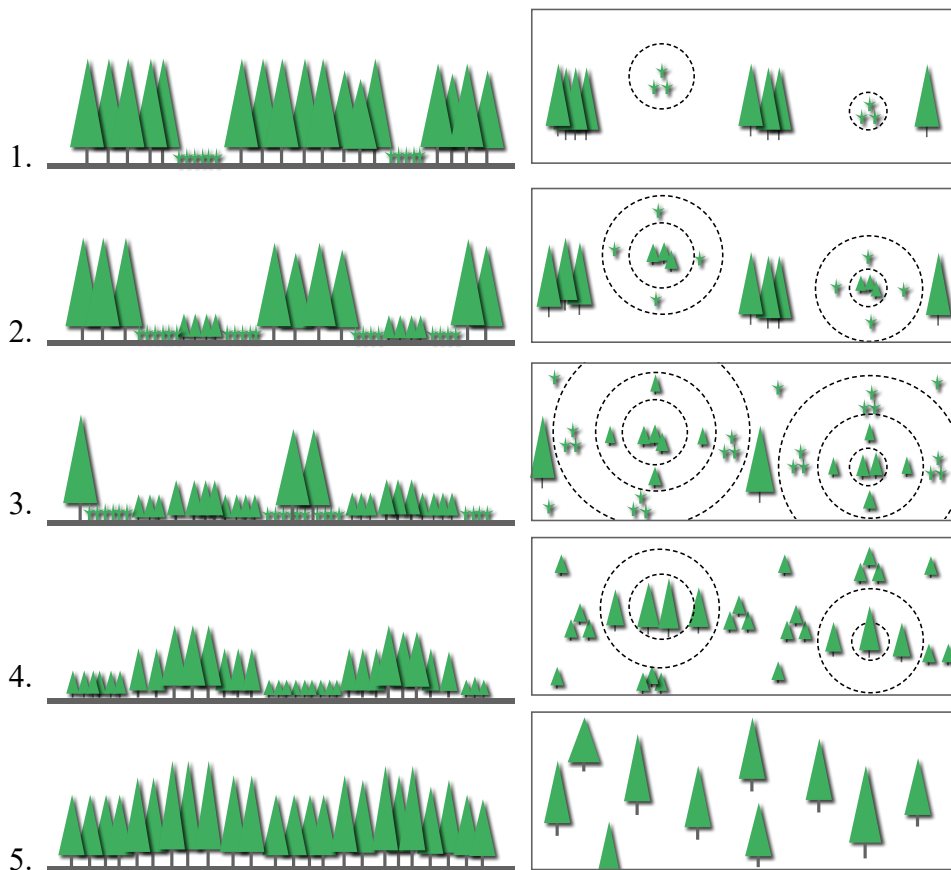
Figur SA4 Timmerställning. Foto Gustaf Egnell.

Etappvis slutavverkning

Vid sidan av de ovan redovisade metoderna finns även en del andra sätt att slutavverka ett äldre bestånd. Metoderna har det gemensamt att det gamla beståndet avverkas i etapper genom att en liten bit i taget avverkas, dvs man gör luckor, små ”hyggen”, som sedan utvidgas. Metoderna har fått olika namn beroende på vilken form de små ”hyggerna” har. I Sverige talar man framförallt om luck- och kanthuggning.⁴

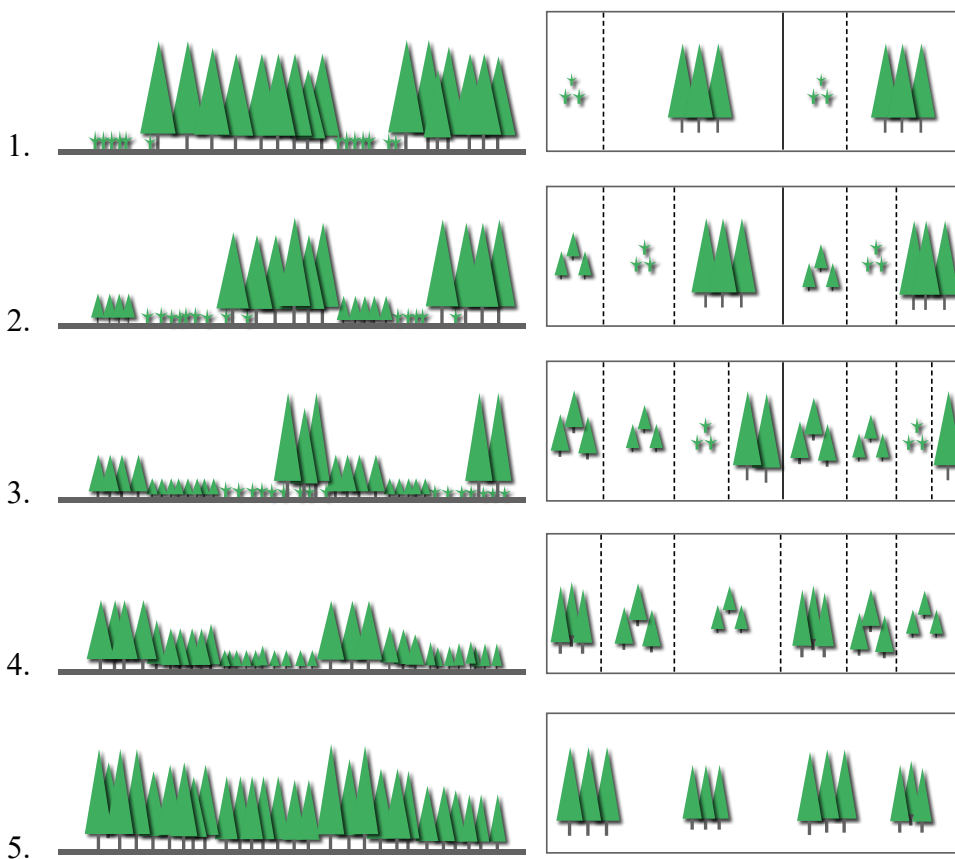
Luckhuggning innebär att man vid det första ingreppet skapar mer eller mindre cirkulära luckor i beståndet, som vid följande avverkningar utvidgas, samtidigt som man skapar nya luckor, tills dess att hela beståndet avverkats (figur SA5).

⁴ Lundqvist, L. 1984. Blädning och etappvis slutavverkning. *Sveriges Skogsvårdsförbunds tidskrift* 1984:6, s. 27–39.



Figur SA5 Schematisk skiss över det tidsmässiga och areella förloppet av luckhuggning.

Kanthuggning innebär att remsor/korridorer, avverkas i beståndet. Korridorerna bör ligga vinkelrätt mot den förhärskande stormriktningen. Vid följande avverkningar utvidgas korridorerna åt båda eller bara ena hållet (figur SA6). Namnet kanthuggning kommer sig av att den nya för yngningen förväntas uppstå genom fröfall från beståndskanten.



Figur SA6 Schematisk skiss över det tidsmässiga och areella förloppet av kanthuggning.

I framförallt Tyskland finns ytterligare ett antal varianter, som fritt skulle kunna översättas med kilhuggning (trekantiga luckor), kilskärmhuggning (trekantiga luckor i kombination med skärmställning mellan luckorna) och luck-kanthuggning (cirkulära luckor öppnas i den äldre skogen, innanför korridorerna).⁵ De två sistnämnda metoderna har som syfte att skapa blandbestånd, genom att man planterar ett annat trädslag i luckorna än man förväntas få genom den naturliga förnyringen från kanten eller skärmen.

Även om både luck- och kanthuggning ofta finns beskrivna i svensk skoglig litteratur så har metoderna i praktiken aldrig använts i Sverige i modern tid, annat än i enstaka fall, och då ofta i försökssyfte. I början av 1900-talet tillämpade Uno Wallmo luckhuggning i relativt stor skala i områden i Östergötland, framförallt på marker tillhörande Högsjö gods. I dessa lättförnygade områden fungerade metoden bra.^{6,7}

⁵ Burschel, P. och Huss, J. 1999. *Grundriß des Waldbaus*. Parey, Berlin.

⁶ Blohm, B.R. 1922. Bidrag till kännedom om Högsjö-förnyringarna. *Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift*, 20:e årgången, s.161–180.

⁷ Amilon, J.A. 1930. Wallmoblädningen å Högsjö. *Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift*, 28:e årgången, s. 343–425.

Skillnaden mellan fröträäd och skärmställning förr och idag

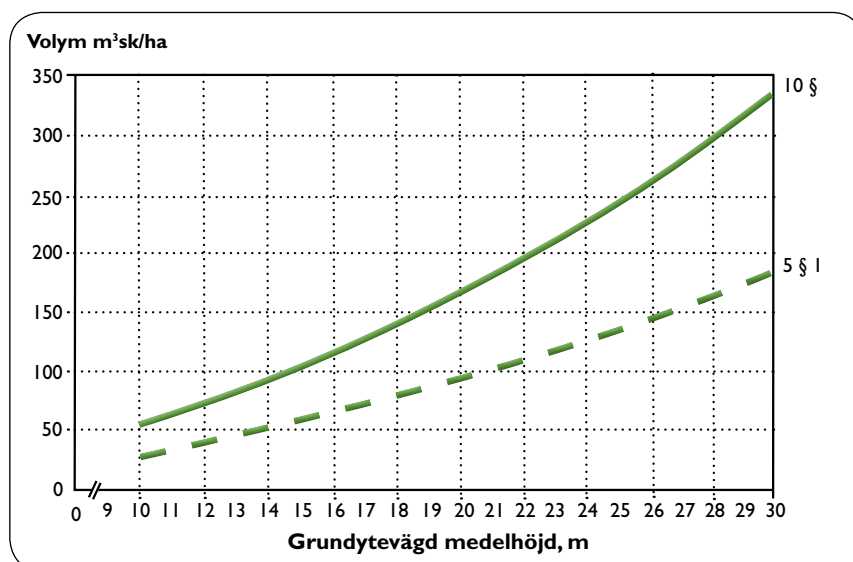
I äldre skogsskötsellitteratur anges ofta att skillnaden mellan fröträdsställning och skärmställning inte är stamantalet i sig, utan syftet med de kvarlämnade träden. Om syftet enbart var att beså marken så sa man fröträdsställning, men om syftet var att skydda föryngringen mot framförallt frost men också mot frodig, konkurrerande markvegetation, så sa man skärmställning.

Eftersom det sällan fanns skäl att skydda tallföryngringar mot frost och man sällan föryngrade med tall på bördiga marker med risk för alltför frodig markvegetation, så räckte det med fröträäd som kunde beså marken med frön. Fröträdsställningar kom därför att helt förknippas med tall. På omvänt sätt kom skärmställningar att förknippas med gran, eftersom det ofta fanns beståndsföryngring redan innan den gamla skogen började glesas ut. Dessutom användes metoden oftast på relativt bördiga, lågt liggande marker där det fanns stor risk för att föryngringen skulle drabbas av både frostsador och konkurrens från frodig markvegetation.

Därför myntades begreppet *timmerställning* i de fall man ville lämna en lite tätare ”fröträdsställning” av tall, alltså i realiteten en skärmställning av tall.

Ett sätt att skilja metoderna åt är att använda skogsvårdslagens krav på tätet i växande skog och gränsen för när föryngringsplikt inträder.

I föreskrifter till skogsvårdslagen⁸ finns det så kallade virkesförrådsdiagrammet (figur SA7). Där anges dels den nedre gränsen för beståndets stående volym för att en avverkning ska anses ”främja skogens utveckling” (10 §), dels den gräns under vilken omedelbar föryngringsplikt inträder (5 §). Avverkningar där den stående volymen efter avverkning ligger ovanför 10 §-kurvan klassificeras som gallring. Är den stående volymen mellan de två kurvorna klassificeras det kvarvarande beståndet som en skärmställning och understiger volymen 5 §-kurvan är det en fröträdsställning.



Figur SA7 Virkesförrådsdiagrammet i bilagan till Skogsvårdslagen. Gallring och blädning ska hamna i området ovanför den heldragna linjen, skärmställningar mellan de båda linjerna och fröträdsställningar under den streckade linjen.

⁸ Skogsvårdslagstiftningen. Skogsstyrelsen. Tillgänglig på www.skogsstyrelsen.se (länk: Äga och bruka/Lagen).

Alternativ terminologi

Här använder vi begreppet *slutavverkning* som gemensamt, övergripande begrepp för den eller de åtgärder som innebär att det äldre beståndet skördas i sin helhet, antingen vid ett enda ingrepp eller i etapper, men det finns en del alternativa begrepp. Den vanligaste variationen är att slutledet *-avverkning* används istället för *-huggning*, för att betona att vi inte längre hugger träden med yxor. *Kalhuggning* kan alltså alternativt kallas *kalavverkning*.

Ett annan vanlig variation är att man på något vis bakar in begreppet förnyring, för att betona att det framtida syftet är att etablera ett nytt skogsbestånd. Det slutavverkade området kallas oftast *kalhygge* men kan exempelvis kallas *förnygringsyta*, för att betona att avsikten är att återbeskoga efter avverkningen. På samma vis används ibland begreppet *förnygringsavverkning* som synonym till slutavverkning, till exempel i skogsvårdslagen.

I samband med skärmställningar kallas ofta den sista gallringen i det äldre beståndet för *förberedande förnygringshuggning*, för att markera att huvudsyftet inte längre är att sköta den äldre skogen för dess egen skull, utan att förbereda för den skärmställning eller den fröträdsställning som ska komma. Ibland vänder man på orden och talar om *förnygringsförberedande avverkning*. Den avslutande avverkningen, där de sista delarna av skärmen avvecklas, kallas ofta *sluthuggning*, men även *avveckling av skärm* eller den förkortade versionen *skärmavveckling*.

Omloppstid och kriterier för beståndsutveckling

Med omloppstid avses tiden från en slutavverkning till nästa slutavverkning, dvs tiden från ett visst läge i beståndets utveckling till dess att beståndet är tillbaka i samma skede i nästa generation. Vid kalhuggning omfattar omloppstiden även kalmarksfasen och är därmed normalt sett längre än trädens ålder vid nästa slutavverkning. Vid naturlig förnyring inleds ofta förnyringen innan det gamla beståndet avvecklats och en del av träden i det nya beståndet har fötts redan innan den första utglesningen i det gamla beståndet. I dessa fall kan omloppstiden tvärtom vara kortare än trädens ålder vid nästa slutavverkning.

En viktig punkt är att det inte finns någon naturgiven, biologisk omloppstid, utan den bestäms helt och hållet av den som sköter skogen i och med att man bestämmer sig för att slutavverka ett bestånd. Beslutet kan grundas på många olika överväganden och inverkan faktorer.

I skogsvårdslagen finns angivet *lägsta* tillåtna ålder för slutavverkning för olika ståndortsindex. Bestånd vars grundytavägd medelålder inte uppnått denna gräns får inte slutavverkas utan får bara gallras. Denna gräns är dock numera satt så lågt att en skogsägare har mycket vida ramar att agera inom. Någon övre gräns som tvingar till slutavverkning före en viss ålder finns däremot inte. Lagen tvingar alltså inte skogsägare att slutavverka sin skog.

Traditionellt brukar man tala om tre principiellt olika sätt att beskriva ett bestånds utveckling till stöd för beslut om skogsskötseln:

- Volymtillväxten
- Värdetillväxten
- Förräntningen av virkeskapitalet

Volymtillväxten

Volymtillväxten i ett enskiktat, likåldrigt bestånd brukar beskrivas med tre begrepp:

- Löpande tillväxt
- Medeltillväxt
- Totalproduktion

Den löpande tillväxten ($I_{V_{löp}}$) är den virkesvolym som produceras under ett enskilt år. Den beräknas definitionsmässigt som ”den stående virkesvolymen vid tillväxtsångens slut (V_{slut}), minus den stående virkesvolymen vid föregående tillväxtsångens slut (V_{start}), plus volymen av de träd som dött under perioden ($V_{döda}$)”⁹:

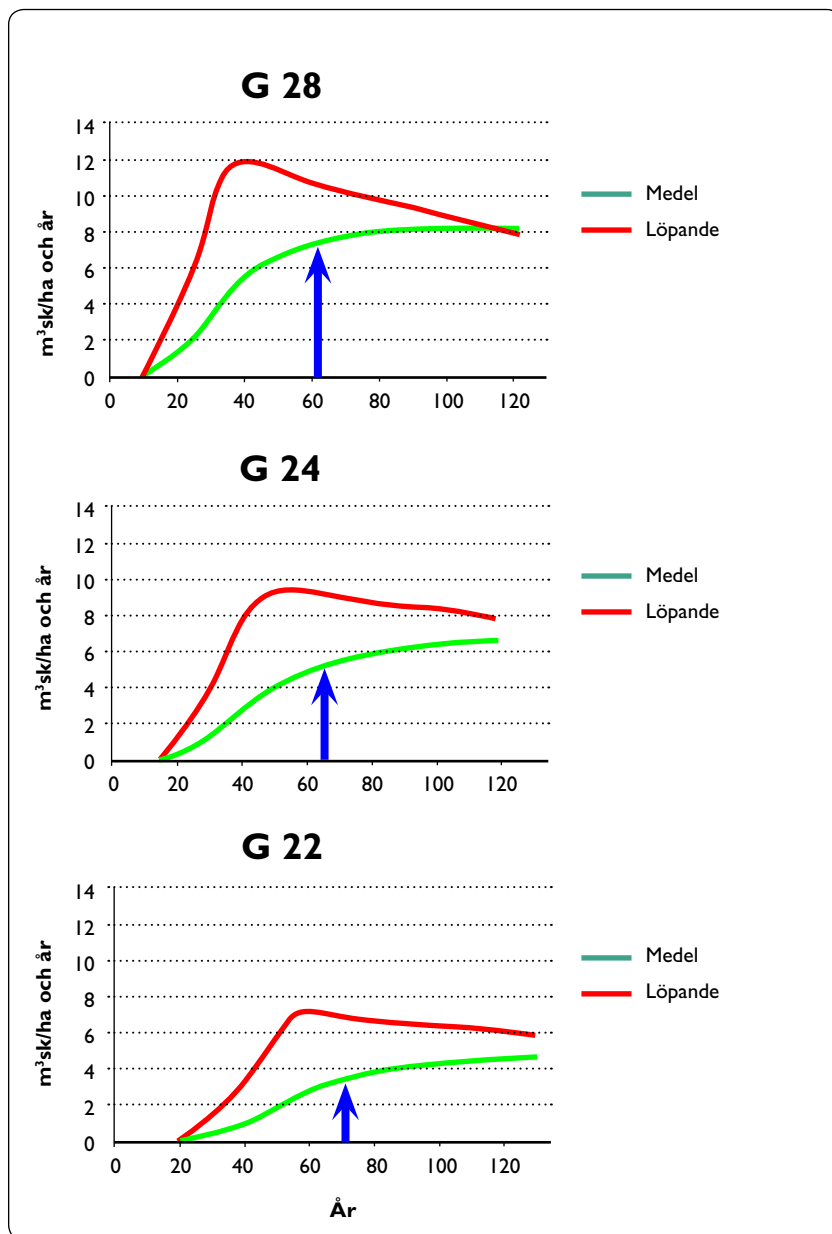
$$I_{V_{löp}} = V_{slut} - V_{start} + V_{döda}$$

Man brukar dock inte mäta skogsbestånd eller ens skogliga försöksytor varje höst utan snarare vart femte eller tionde år. Den löpande tillväxten beräknas då på motsvarande sätt men divideras med det antal tillväxtsånger som förflutit mellan start- och slutmätning (t):

$$I_{V_{löp}} = (V_{slut} - V_{start} + V_{döda}) / t$$

Den löpande tillväxten är i stort sett noll under de första 10–20 åren, för att därefter öka snabbt, kulminera när beståndet är 8–12 m högt (beroende på bonitet) och därefter långsamt avta (figur SA8). När den löpande tillväxten är som högst är den ofta 1,5–2 gånger högre än medeltillväxtens kulminationsnivå (se nedan).

⁹ Pretzsch, H. 2009. *Forest dynamics, growth and yield*. Springer-Verlag, Berlin.



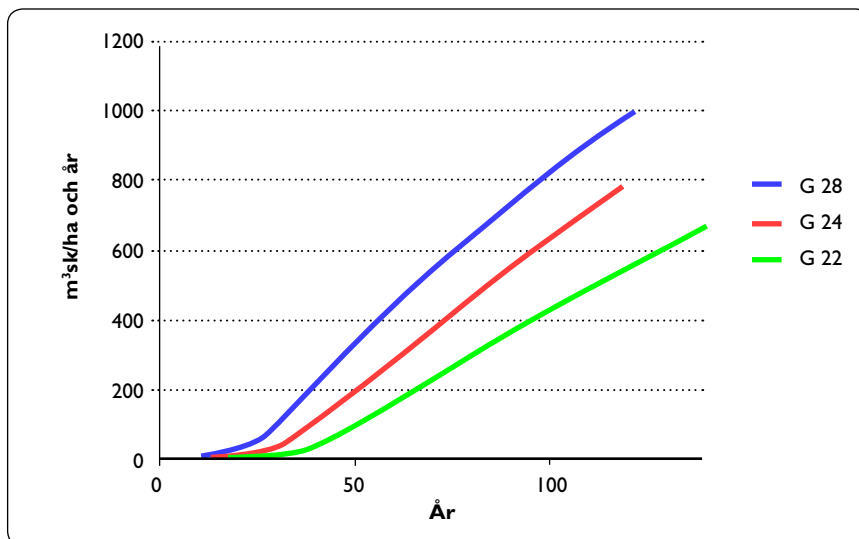
Figur SA8 Exempel på löpande tillväxtens och medeltillväxtens förlopp över tiden i granskog. Kurvorna baserade på simulerad tillväxt¹⁰ med normala stamantal och gallringsprogram. Pilarna markerar lägsta tillåtna ålder för slutavverkning i södra Sverige.

Totalproduktionen fram till en viss tidpunkt är lika med summan av allt virke som producerats sedan föregående slutavverkning. Den beräknas som summan av den stående virkesvolymen vid en given tidpunkt, plus all volym som tagits ut vid gallringar och all volym av träd som självgallrats och inte tagits tillvara.¹¹

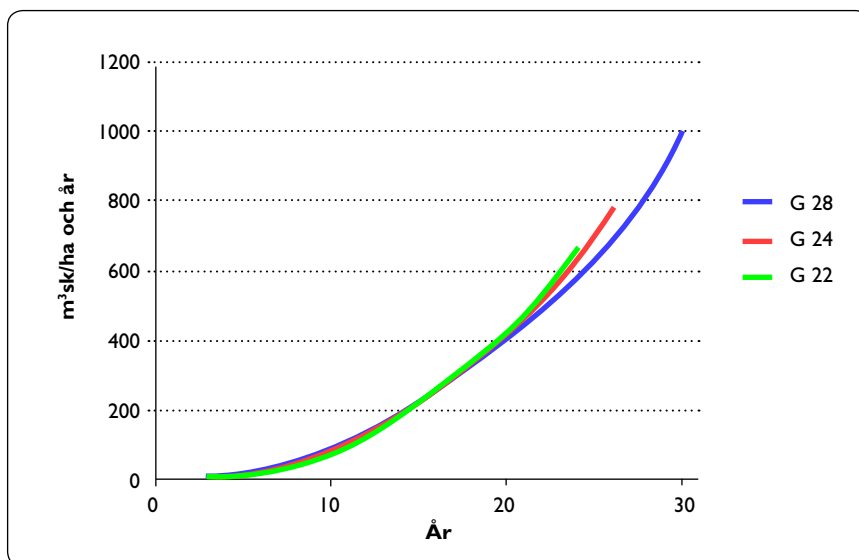
¹⁰ Eriksson, H. 1976. Granens produktion i Sverige. Skogshögskolan, inst. för skogsproduktion. *Rapporter och uppsatser* 41.

¹¹ Pretzsch, H. 2009. *Forest dynamics, growth and yield*. Springer-Verlag, Berlin.

Totalproduktionen ökar ytterst långsamt under de första decennierna, eftersom den löpande tillväxten är så låg, men den ökar under beståndets hela livstid eftersom träden aldrig slutar att växa och eftersom även självgallrade träd räknas in (figur SA9). Totalproduktionen är väldigt starkt knuten till beståndets höjdutveckling, och kan förenklat beskrivas som en funktion av övre höjden i kvadrat (figur SA10). Sambandet upptäcktes av den tyske skogsforskaren Fritz Eichhorn¹² och kallas därför Eichhorns lag.



Figur SA9 Totalproduktion över tiden. Exemplet beskriver samma tillväxtförlopp som i figur SA8.



Figur SA10 Eichhorns lag: totalproduktionen för ett trädslag är proportionell mot övre höjden i kvadrat, oberoende av bonitet vid ungefär samma stamantal. Exemplet beskriver samma tillväxtförlopp som i figur SA8.

¹² Eichhorn, F. 1902. *Ertragstabeln für die Weißtanne*. Verlag Julius Springer, Berlin.

Medeltillväxten fram till en viss tidpunkt beräknas som totalproduktionen dividerad med det antal år som förflutit sedan föregående slutavverkning. Eftersom man dividerar med antal år, ökar medeltillväxten ytterst långsamt i början. Så länge den löpande tillväxten är större än medeltillväxten så ökar medeltillväxten (figur SA8). När den löpande tillväxten sjunkit till samma nivå som medeltillväxten så når medeltillväxten sin högsta nivå, den kulminerar, och sjunker därefter.

Om man vill maximera volymproduktionen i ett bestånd så ska man slutavverka när medeltillväxten kulminerar. Tillväxtförloppet är dock mycket flackt just kring kulminationstidpunkten, så tillväxtnivån påverkas inte nämnvärt om slutavverkningen utförs något årtionde tidigare eller senare. Det bör dock påpekas att lägsta ålder för slutavverkning enligt skogsvårdslagen ligger betydligt tidigare än då medeltillväxten kulminerar (figur SA8).

Medeltillväxtens kulmination påverkas av både bonitet (ståndortsindex), trädslag, stamantal och de skötselåtgärder som görs under skogsbeståndets liv. Rent generellt så kulminerar medeltillväxten tidigare ju bättre boniteten är (jfr figur SA8). Högre stamantal ger på motsvarande sätt tidigare kulmination än lägre stamantal, eftersom bestånden då sluter sig tidigare.¹³ När det gäller trädslagen så kulminerar barrträden senare än björk, asp och al, men tidigare än ädellövträd som bok och ek.

Gallringar sänker tillfälligt tillväxten och förlänger därmed tiden fram till medeltillväxtens kulmination. Höggallring senarelägger kulminationen mer än låggallring.¹⁴

Värdetillväxten

Värdetillväxtens utveckling över tiden följer i viss mån volymtillväxtens utveckling och kan beskrivas på samma sätt med löpande och medeltillväxt samt totalt värde.

Beståndets värde vid en viss tidpunkt består i huvudsak av fyra delar:

- Mängden virke, dvs virkesvolymen i kubikmeter
- Medelvolymen per träd
- Virkets genomsnittliga kvalitet och därmed värde per kubikmeter
- Drivningskostnaden per kubikmeter

Virkesvolymens och volymtillväxtens utveckling över tiden redovisades i föregående avsnitt.

Trädens genomsnittliga volym, *medelstammens volym*, är på många sätt en viktig faktor. Den påverkar både trädets bruttovärde och avverkningskostnaden (se vidare nedan). Eftersom ett träd aldrig slutar att växa, så blir träden både högre och grövre ju längre ett skogsbestånd får växa, och därmed ökar medelstammens volym över tiden.

¹³ Eriksson, H. 1976. Granens produktion i Sverige. Skogshögskolan, inst. för skogsproduktion. *Rapporter och uppsatser* 41.

¹⁴ Se: *Skogsskötselserien* nr 7, ”Gallring”. www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien.

När det gäller *virkeskvaliteten* så finns det traditionellt sett två mycket tydliga dimensionsgränser som har stor inverkan på virkesvärdet. Dels den nedre gränsen för minsta tillåtna dimension för massaved (den så kallade gagnvirkesgränsen) och dels motsvarande gräns för sågtimmer. För gran har sågtimmerstockarnas diameter marginell inverkan på virkesvärdet per kubikmeter. För tall är det tvärtom. Förenklat kan man säga att ju grövre stocken är desto högre värde har den per kubikmeter. Vid en viss dimension blir dock stockarna övergrova, vilket innebär att de rent praktiskt blir svårhanterliga i den industriella verksamheten på grund av fysiska begränsningar i maskiner och utrustning. Efterfrågan på sådana stockar är generellt lägre och betingar därför ett lägre värde per kubikmeter.

I takt med att skogsråvara blivit allt viktigare för energiproduktion i olika former har den nedre dimensionsgränsen nästan försvunnit. Numera går det att ta tillvara även röjningsvirke för energiproduktion och det gör att skogsbestånden får ett kommersiellt värde redan i ungskogsfasen. Den fortsatta värdeutvecklingen följer dock samma principer som tidigare, dvs att grövre träd med raka stammar värderas högre än klenare träd med stammar som inte är raka, osv.

Drivningskostnaden är den kostnad som uppstår vid avverkning och utforsling av träd från växtplatsen till bilväg (eller annan transportled). Drivningskostnaden anges oftast per fast kubikmeter under bark (kr/m³fub), vilket gör att den kan jämföras mellan bestånd utan att påverkas av exempelvis hur stora volymer som avverkats. Drivningskostnaden beror dels på hur arbetskrävande åtgärden är per kubikmeter, och dels hur stor volym som fasta kostnader (t ex maskinflyttar) kan fördelas på. I princip betalar man för arbetstiden, och kostnaden per kubikmeter beror då av hur stor volym som produceras per tidsenhet (arbetsproduktiviteten). Med en maskinkostnad på exempelvis 1200 kr/timme och en arbetsproduktivitet på 24 m³/timme blir kubikmeterkostnaden $1200 / 24 \text{ kr/m}^3 = 50 \text{ kr/m}^3$. Kostnaden för utfört arbete är en förhandlingssak mellan uppdragsgivare och utförare och behandlas därför inte här. De faktorer som påverkar produktiviteten är däremot mer generella.

Tidsåtgången och därmed drivningskostnaden per kubikmeter sjunker generellt sett ju grövre träden blir, bland annat därför att det alltid åtgår en viss minimitid för att hantera varje träd, oavsett hur stort det är.

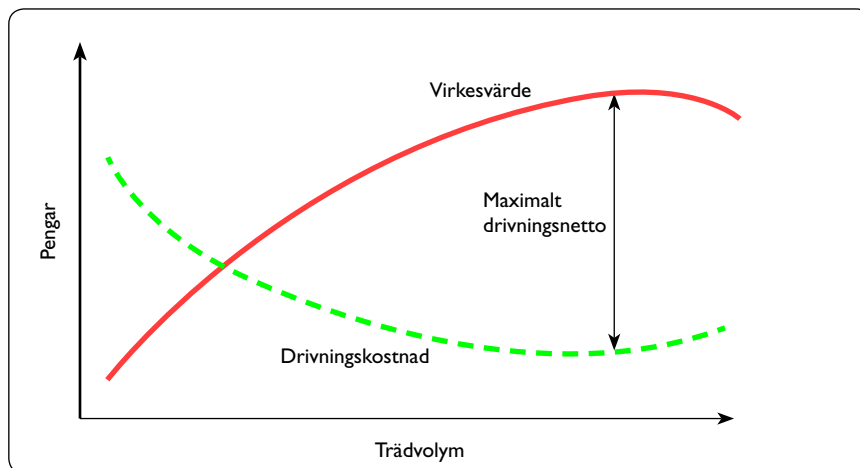
För riktigt stora träd avtar dock minskningen av tidsåtgången¹⁵ för att till slut öka för riktigt stora träd¹⁶, bland annat på grund av att träden ofta måste dubbelsågas, har ansättningshinder och blir svåra att hantera. Vid vilken storlek detta sker beror på förhållandet mellan trädens storlek och maskinens kapacitet.

¹⁵ Brunberg, T. 1995. Underlag för produktionsnorm för stora engreppsskördare i slutavverkning. Skogforsk. *Redogörelse* 7–1995.

¹⁶ Visser, R. och Spinelli, R. 2012. Determining the shape of the productivity function for mechanized felling and felling-processing. *Journal of Forest Research* 17(5), s. 397–402.

Utöver volym på de enskilda träden och total volym i beståndet inverkar även andra faktorer på tidsåtgången,^{17,18} exempelvis terrängegenskaper, terrängtransportavstånd, maskinval och arbetsmetod.

Skillnaden mellan virkesvärde och drivningskostnader ger drivningsnettot. Störst netto erhålls vid stora virkesintäkter i kombination med små drivningskostnader. Som framgår av figur SA11 finns det ett optimum där skillnaden mellan kurvorna är som störst. Drivningsnettot ger tillsammans med volymtillväxten ett värde på beståndets totala värdetillväxt. Det gör att värdetillväxten oftast ökar även efter det att volymtillväxten börjat avta.



Figur SA11 Virkesvärdets och drivningskostnadens förändring med trädvolymen. Maximalt drivningsnetto fås vid den trädvolym då skillnaden mellan virkesvärde och drivningskostnad är som störst.

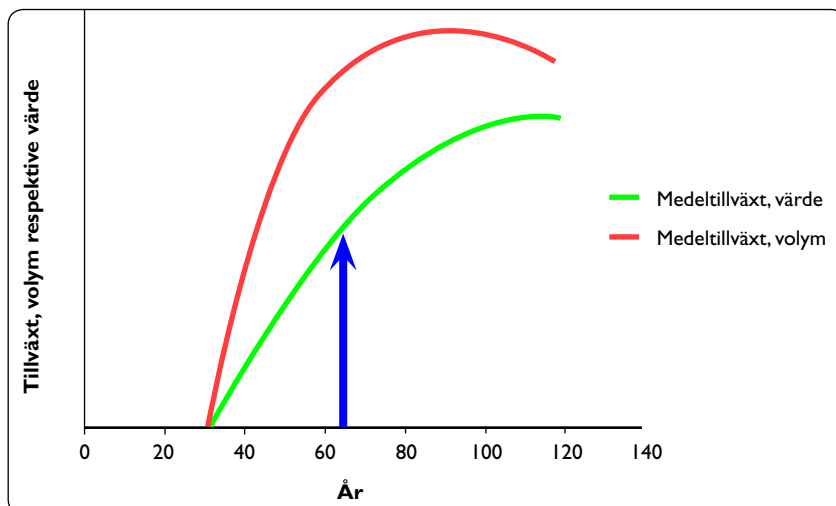
Volym- och värdetillväxtens kulminationstidpunkter

Sammantaget gör detta att medeltillväxten av ett granbestånds bruttovärde kulminerar senare än medeltillväxten för volymen för samma bestånd, och för tallbestånd ligger värdekulminationen ännu mycket senare.

Jämfört med skogsvårdslagens gräns för lägsta tillåtna slutavverkningsålder ligger värdetillväxtens kulmination på åtminstone den dubbla tiden (figur SA12).

¹⁷ Nurminen, T., Korpunen, H. och Uusitalo, J. 2006. Time Consumption Analysis of the Mechanized Cut-to-Length Harvesting System. *Silva Fennica* 40(2), s. 335–63.

¹⁸ Brunberg, T. 2004. Underlag till produktionsnormer för skotare. Skogforsk. *Redogörelse* 3–2004.



Figur SA12 Principiell jämförelse mellan ett bestånds värde- och volymtillväxt över tiden. Figuren är baserad på tillväxtuppgifterna i figur SA8, ståndortsindex G24 och uppskattade drivningsnetton per kubikmeter för gran. Pilen markerar lägsta tillåtna ålder för slutavverkning i södra Sverige.

För framförallt gran tillkommer dock två faktorer som komplicerar bilden, nämligen angrepp av rotröta samt vind- och snöskador. För båda typerna av skador ökar risken att drabbas med stigande beståndsålder^{19,20} och båda typerna av skador sänker den teoretiskt optimala slutavverkningsåldern. Gemensamt för båda typerna av skador är dock att det är svårt att kvantifiera risken på ett sätt som gör det enkelt att väga in den i en kalkyl över värdetillväxten. Under senare år har det gjorts flera intressanta försök att lösa detta problem.²¹

Förräntning av virkeskapitalet

Ett skogsbestånds nettovirkesvärde, dvs den intäkt beståndet skulle ge om det avverkas och virket säljs, kan betraktas som ett kapital som för tillfället är bundet i de växande träden men som kan realiseras genom slutavverkning. Med kunskap om både beståndets nettovärde och beståndets årliga värdetillväxt så går det att beräkna hur mycket virkeskapitalet förräntar sig per år.

Årsytan

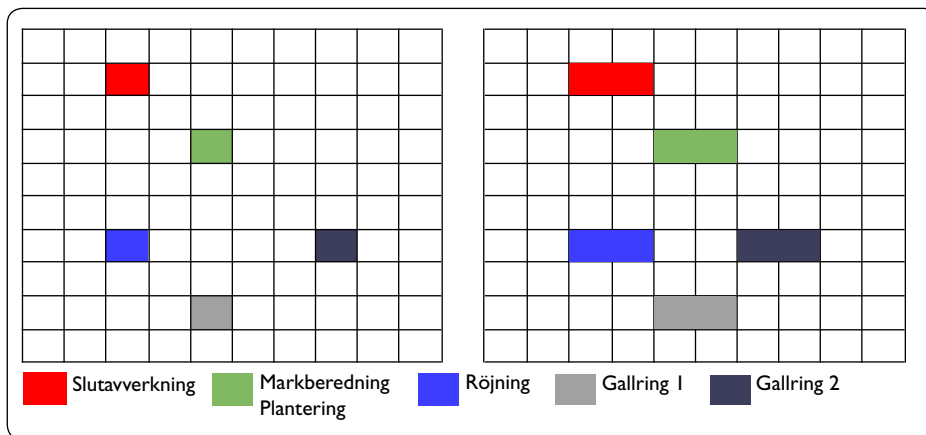
Omloppstidens längd påverkar inte bara när ett visst bestånd ska avverkas. Den har även mer långtgående effekter på skötseln av hela skogsinnehav eftersom den är direkt kopplad till årsytan.

¹⁹ Persson P. 1975. Stormskador på skog. Skogshögskolan, inst. för skogsproduktion. Rapport nr 36.

²⁰ Thor, M., Ståhl, G. och Stenlid, J. 2005. Modelling root rot incidence in Sweden using tree, site and stand variables. *Scand. J. For. Res.* 20, s. 165–176.

²¹ Pasalodos-Tato, M., med flera. 2013. Review: Assessing uncertainty and risk in forest planning and decision support systems: review of classical methods and introduction of innovative approaches. *Forest Systems* 22, s. 282–303.

Årsytan är lika med skogsinnehavets areal dividerad med den arealvägda, genomsnittliga omloppstiden. Det är alltså den yta som årligen i genomsnitt slutavverkas och föryngras om alla åtgärder ligger någorlunda jämnt fördelade över tiden och åldersklassfördelningen är någorlunda jämn. För en fastighet på 1000 ha där medelomloppstiden är 100 år, är årsytan 10 ha. Med omloppstiden 50 år blir årsytan 20 ha, och med 200 års omloppstid 5 ha (figur SA13). Eftersom röjning och gallring ofta utförs mer än en gång i många bestånd är det vanligt att den årligen genomsnittliga röjda och gallrade arealen större än årsytan.



Figur SA13 Principskiss årsyta. Till vänster omloppstid 100 år, till höger 50 år. Notera att till höger (halverad omloppstid) är den totala volymmässiga årsavverkningen ca 25 % mindre, eftersom medeltillväxten ännu inte kulminerat, men årsytan är dubbelt så stor, vilket innebär att den avverkade volymen per hektar är mindre än hälften så stor.

När trakthyggesbruket började tillämpas som skogsskötselsystem var en av grundtankarna att en fastställd årsyta skulle garantera att man inte avverkade mer än vad marken långsiktigt kunde ge. I äldre engelskspråkig skogslitteratur kallas därför ofta trakthyggesbruk för "forestry by area".²² För att få en jämn avkastning från skogen eftersträvades en jämn ålderklassfördelning. Idag är åldersfördelningen inte ett mål i sig och årsytan används inte längre som kriterium för den skogliga planeringen. Men även om ett skogsinnehav har väldigt ojämn åldersfördelning anger årsytan den genomsnittliga areal som årligen behandlas med de olika skötselåtgärder som ingår i trakthyggesbruket.

Ju längre omloppstid, desto mindre blir årsytan, och omvänt ju kortare omloppstid, desto större blir årsytan. Detta enkla faktum har flera genomgripande effekter på skogsbruket inom ett större skogsinnehav på lång sikt.

Eftersom en längre omloppstid oftast medför en högre medeltillväxt så blir resultatet att en större total volym kan avverkas varje år på ett skogsinnehav, men utspridd på en mindre areal. Det skulle göra att avverknings- och drivningskostnaderna skulle bli lägre per kubikmeter avverkat virke, och värdeproduktionen därmed högre. Samtidigt skulle de totala skogsvårdskostnaderna bli lägre, eftersom den årliga slutavverkningsarealen skulle bli mindre. En längre omloppstid skulle alltså kunna betyda större intäkter och lägre

²² Knuchel, H. 1950. *Planung und Kontrolle im Forstbetrieb*. Aarau, Sauerlaender.

kostnader, både totalt för hela skogsinnehavet per år och per avverkad kubikmeter. En längre omloppstid skulle å andra sidan även innebära att den totala mängden stående, växande virke i skogen skulle bli större, och ett större stående, växande virkeskapital sänker oftast förräntningen i procent för fastigheten, trots att de absoluta intäkterna stiger. En kortare omloppstid kan då innebära att kapital bundet i stående skog istället kan investeras i annan verksamhet eller att ny skog med högre tillväxt kan anläggas genom användning av förädlat skogsodlingsmaterial, vilket då ger högre förräntning på kapitalet.

Prioritering av slutavverkningsbestånd

En markägare som har flera slutavverkningsmogna bestånd måste på något vis välja i vilken ordning de ska avverkas. Vilket eller vilka ska avverkas först, och vilket eller vilka kan man vänta med? Det finns flera olika metoder för att prioritera slutavverkningsmogna bestånd. Metoderna ger många gånger helt olika ordning mellan bestånden. De kan delas in i tre principiella typer av prioritering:

- Tillväxtdifferens
- Förräntning
- Virkesförsörjning

Tillväxtdifferens

Tillväxtdifferens (TVD) innebär att den löpande tillväxten för varje bestånd beräknas och jämförs med den förväntade medeltillväxten på samma ståndort under kommande omloppstid för ett nyanlagt bestånd av samma trädslag, dvs beräknad medeltillväxt minus observerad löpande tillväxt. Ett välväxande bestånd där den löpande tillväxten är större än den framtida, förväntade medeltillväxten får således en negativ differens medan ett bestånd med låg tillväxt får stor positiv differens. Bestånden rangordnas sedan i fallande ordning utifrån differensen så att det med störst differens avverkas först.

Eftersom glesa bestånd normalt växer sämre än täta så får metoden normalt till följd att glesa bestånd prioriteras för avverkning medan täta bestånd tillåts växa vidare. Skogstillståndet förbättras därmed och skogsinnehavet kommer gradvis att bestå av allt bättre och växtligare bestånd.²³

TVD användes av SCA under 1970- och början av 1980-talet och fick då till konsekvens att företaget slutavverkade stora arealer skog med lågt virkesförråd per hektar. Metoden övergavs i slutet av 1980-talet när huvuddelen av den lågproducerande skogen hade slutavverkats.²⁴

Relativ tillväxt, förräntning och visarprocent

Istället för att titta direkt på tillväxten kan den relateras till det stående virkesförrådet, vilket ger den *relativa tillväxten*. Denna ger ett mått på beståndets förräntning i procent. Bestånden rangordnas i stigande ordning så att det med lägst tillväxtprocent avverkas först.

²³ Hagner, S. 2005. *Skog i förändring. Vägen mot ett rationellt och hållbart skogsbruk i Norrland ca 1940–1990*. KSLA, Stockholm.

²⁴ Hagner, S. 2005. *Skog i förändring. Vägen mot ett rationellt och hållbart skogsbruk i Norrland ca 1940–1990*. KSLA, Stockholm.

Även om täta bestånd normalt har högre tillväxt än glesa så är den relativa tillväxten oftast lägre i de virkesrika bestånden. Metoden får därmed till följd att de virkesrika bestånden avverkas först och de glesare bestånden tillåts växa vidare.

Genom att inkludera beståndets förväntade värdeutveckling och beräkna den relativa värdetillväxten kan metoden utvecklas. Om värdetillväxten dessutom relateras till inte bara beståndets virkesvärde idag utan till summan av beståndets värde idag och *markvärdet*, så erhålls *visarprocenten*.²⁵

Resonemanget om förräntning förutsätter att skogens *värdetillväxt* kan prognostiseras över längre tid, ofta flera decennier. Det gör att det finns åtminstone två principiella problem: Idag finns det inte några prognosmodeller som med god precision kan prognostisera kvalitetsutvecklingen i växande skog, och att förutsäga prisutvecklingen för olika virkes- eller vedsortiment flera decennier framåt i tiden är naturligtvis mycket vanskligt.

Virkesflöde, virkesförsörjning och logistik

I det praktiska skogsbruket är det mer än rent skogsskötselmässiga kriterier som avgör prioriteringen av slutavverkningsbestånd. Virkesförsörjningen till industrin har en starkt påverkande roll, speciellt för skogsägare med både skog och industrier.

Avverkningarna på stora skogsinnehav planeras i allmänhet för några olika tidshorisonter utifrån beräknad tillväxt och önskad avverkningsnivå. Hur planeringen görs i detalj varierar mellan olika skogsägare, men följande exempel ger en principiell bild som kan anses vara representativ²⁶:

- På en *strategisk nivå* läggs de långsiktiga avverkningsnivåerna upp för perioder som tillsammans sträcker sig över mycket lång tid, ofta 100 år. Utgångspunkten är den beräknade tillväxtnivån på innehavet eller delar av innehavet.
- På en *taktisk nivå* görs en detaljerad planering för enskilda näraliggande perioder enligt den strategiska planeringen. Avverkningsnivåer fördelas på enskilda år.
- På en *operativ nivå* planeras avverkningarna för de kommande månaderna (ofta 3–12 månaders framförhållning). Här beslutas när enskilda bestånd skall avverkas och av vilket avverkningslag.

De flesta virkesanskaffande företag köper även virke från privata enskilda skogsägare. Planeringshorisonten för sådana avverkningar är normalt sett begränsad till högst tre år, en normal tid för ett avverkningskontrakt. I praktiken ingår virkesköp i huvudsak i den operativa planeringen. I strategisk och taktisk planering behövs därför skattningar av volymen virkesköp, särskilt för aktörer som baserar sin avverkningsaktivitet på stora mängder skog av sådant ursprung.

²⁵ Ekvall, H. och Bostedt, G. 2009. Skogsskötselns ekonomi. *Skogsskötselserien*, del 18. Tillgänglig på: www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselseriesen.

²⁶ Nilssons, M. 2013. Knowledge in forest planning processes. SLU, *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* No 2013:31.

Krav på korta ledtider och små lager innebär att avverkning måste utföras året runt för att tillgodose industrins råvarubehov. En vanlig teknik är att samla uppgifter om slutavverkningsmogna bestånd i en databas, en så kallad *traktbank*. Ur traktbanken väljs vid den operativa planeringen de bestånd som innehåller de sortiment och mängder som industrin just då efterfrågar samt har de egenskaper som gör dem åtkomliga vid aktuell årstid. Åtkomstmöjligheterna beror på standarden på skogsbilvägnätet, beståndens mark-egenskaper (grundförhållanden), väderförhållandena och eventuell tjäle.

Andra faktorer som påverkar prioriteringen av slutavverkningsbestånd kan vara tillgång till maskinlag, möjlighet att minska kostnader för att flytta maskiner genom att samla flera avverkningsobjekt i närheten av varandra, hur bestånden ligger till rent geografiskt, osv. Exakt hur denna planering görs varierar mellan olika företag och större skogsägare, men generellt innebär planeringen ett balanserande av hänsynstagande till utlovade virkesleveranser, nyttjande av kontrakterade maskinresurser och önskad slutavverknings-tidpunkt för olika bestånd.

Andra ekonomiska hänsynstaganden

För många privata enskilda skogsägare är det viktigare att besluta om när i tiden en slutavverkning ska utföras än att prioritera ordningen för när olika bestånd ska avverkas. Beslut om att slutavverka kan då baseras på faktorer som att man behöver kapital för andra investeringar eller att plötsligt ändrade virkespriser påskyndar eller förskjuter beslutet.

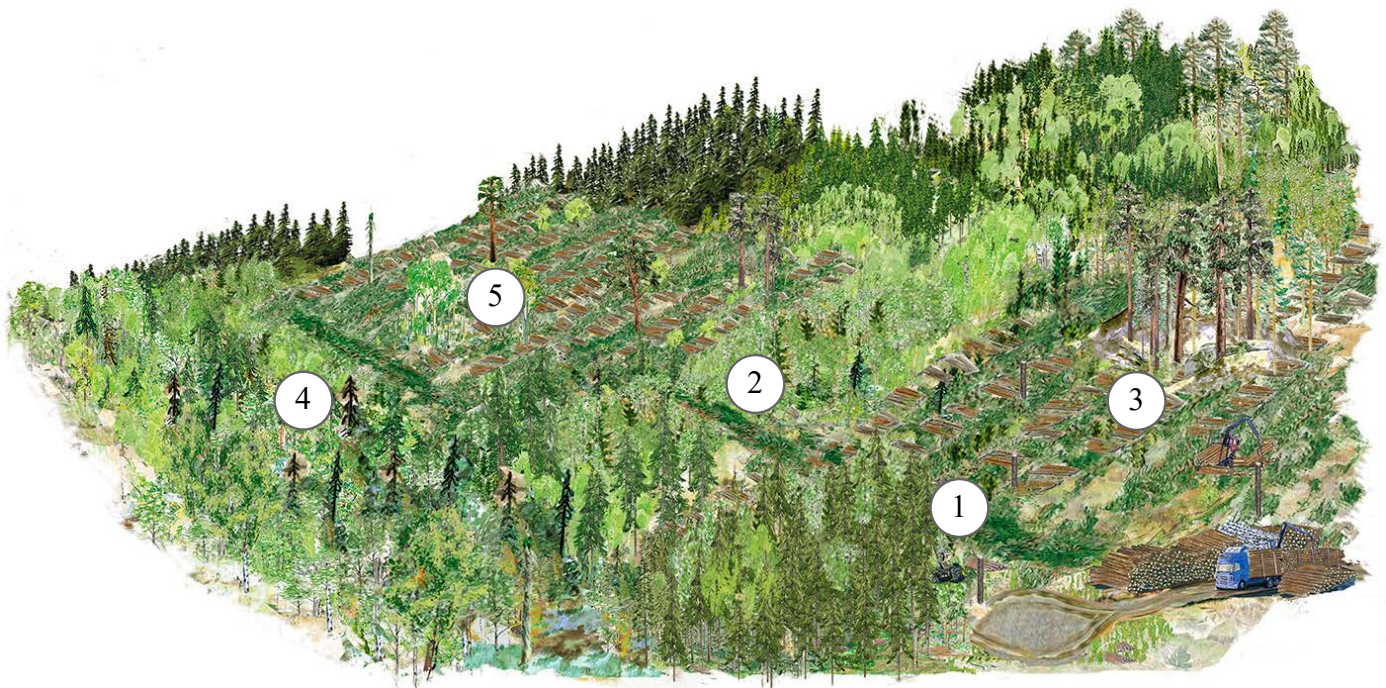
Naturhänsyn och annan hänsyn vid slutavverkning²⁷

Vid alla skogsbruksåtgärder ska hänsyn tas till natur- och kulturmiljövärden samt till sociala värden (figur SA14). Inom renskötselområdet ska hänsyn också tas till rennärningen. Denna hänsyn är särskilt viktig att ta vid slutavverkning eftersom det är den skogbruksåtgärd som kraftigast påverkar såväl träd, växt- och djurliv samt mark och vatten. Vid slutavverkning är påverkan mer eller mindre stor också utanför det avverkade området, till exempel kan bäckvatten nedströms ett hygge grumlas som ett resultat av att bäcken körts över av maskiner. Landskapsbilden påverkas dessutom av hyggets avgränsning och utformning.

Vilka värden skogsägaren ska ta hänsyn till och hur stor hänsynen som måste tas, regleras av flera lagar och genom olika system för certifiering av skogsbruk, framför allt:

- Skogsvårdslagen
- Miljöbalken
- Kulturminneslagen
- certifieringssystemen FSC och PEFC

²⁷ Se även: *Skogsskötselserien* nr 14, "Naturhänsyn". www.skogsstyrelsen.se/skogsskotsel-serien.



Figur SA14 Naturhänsyn och annan hänsyn ska tas vid slutavverkning. Hänsynen vid en enskild avverkning kan utformas olika, men ska ta sin utgångspunkt i egenskaperna hos skogsbeståndet, förekomsten av särskilda naturmiljö-, kulturmiljö- och andra värden, samt hydrologi, topografi, markförhållanden, med mera. Egenskaper som bedöms ha de högsta värdena (vara ”mest exklusiva”) bör prioriteras och möjligheten att ”skapa värden” (t ex högstubbar) bör tas tillvara. I bilden ges exempel på olika former av hänsyn: 1. Högstubbar samt extra förstärkning av basväg från avlägget. 2. Kavelbro och förstärkning med grot vid överfart av fuktstråk. 3. Trädgrupp med gamla tallar kring hållmark 4. Skyddszon mot bäck. 5. Trädgrupp med gamla aspar och sparade naturvärdesträd.
Illustration Bo Persson.

Skogsvårdslagens 30 § anger den hänsyn en skogsägare är skyldig att ta ”till naturvårdens och kulturmiljövårdens intressen”.²⁸ Där redovisas bland annat hur enskilda träd med naturvärden, döda träd och hänsynskrävande biotoper ska hanteras vid avverkning, samt var och hur skyddszoner ska förläggas och utformas. Bland mycket annat beskrivs även hur hänsyn ska tas till mark, vatten, stigar och leder.

Hänsyn ska också tas till kulturmiljöer och kulturlämningar som till exempel husgrunder, övergivna torpställen med inägomark, röjningsrösen, stenmurar, äldre färdvägar, kolningsanläggningar, tjärframställningsplatser och kulturlämningar efter äldre tiders renskötsel. För de flesta kulturmiljöer och kulturlämningar gäller att träd som växer på eller nära invid dem ska avverkas (gäller även vid röjning), avverkningsrester ska tas bort och markberedning ska absolut inte utföras.

Generellt sett är beskrivningarna i 30 § förhållandevis detaljerade, men hänsynens kvantitativa omfattning anges inte. Den regleras istället av den

²⁸ *Skogsvårdslagstiftningen*. Skogsstyrelsen. § 30. Tillgänglig på www.skogsstyrelsen.se (länk: Äga och bruka/Lagen).

så kallade toleransnivån (eller intrångsbegränsningen).²⁹ Den beskriver hur stort intäktsbortfall som maximalt kan krävas av en markägare i form av hänsyn på ett avverkningsobjekt under förutsättning att det finns värden att ta hänsyn till. För avverkningar med nettovärden³⁰ under 250 000 kr är toleransnivån för närvarande 10 %, därefter avtar den stegvis.

Förutom naturhänsyn ska skogsägare med mark inom renskötselområdet enligt skogsvårdslagens 31 §³¹ ta hänsyn till rennäringsen. Redan lagtexten anger att skogsskötseln ska anpassas om det är uppenbart viktigt för rennäringsen. Det gäller hyggenas storlek och utläggning, metoder för beståndsanläggning, att trädsamlingar ska lämnas samt skogsbilvägars sträckning.

Miljöbalken³² trädde i kraft den 1 januari 1999 och samlade flera lagar inom natur- och miljöområdet. Den innehåller regler om bland annat skydd av områden, miljöfarlig verksamhet, vattenverksamhet, kemiska produkter och avfall. För skogsbruket är 1) samråd om skogliga åtgärder, 2) områdesskydd och 3) tillsyn över skogsbruksåtgärder som kan påverka miljön i Natura 2000-områden, tre områden som regleras i miljöbalken. Om föreskrifter för en viss situation saknas i skogsvårdslagen får miljöbalkens hänsynsregler betydelse.

Enligt miljöbalken ska en skoglig åtgärd eller verksamhet som kan komma att väsentligt ändra naturmiljön anmälas till Skogsstyrelsen för samråd minst sex veckor innan den påbörjas. Från 1 april 2014 gäller enligt föreskrifter till 12 kap 6 § MB att följande skogsbruksåtgärder ska anmälas för samråd:

- skogsbruksåtgärder i områden med mycket stor betydelse för flora och fauna (motsvarar nyckelbiotoper)
- viss dikesrensning
- skogsgödsling
- askåterföring
- stubbskörd
- anläggande av skogsbilväg och traktorväg
- anläggande av vissa basvägar

Mindre skogsområden med höga naturvärden, ofta kallade nyckelbiotoper,³³ kan skyddas enligt miljöbalken genom att Skogsstyrelsen beslutar om biotopskyddsområde. Det kan liknas vid att bilda mycket små naturreservat. Natura 2000 är ett europeiskt nätverk av naturmiljöer med grundläggande skydd mot åtgärder som på ett betydande sätt kan påverka naturmiljön. Många av dessa områden är redan skyddade som reservat. För de som saknar sådant skydd utövar Skogsstyrelsen tillsyn över skogsbruksåtgärder.

²⁹ Se: [www.skogsstyrelsen.se/Äga och bruka/Lagen/Skogsvårdslagen/Miljöhänsyn](http://www.skogsstyrelsen.se/Äga_och_bruka/Lagen/Skogsvårdslagen/Miljöhänsyn) som måste tas.

³⁰ Med nettovärde menas värdet av det avverkade virket minus kostnader för avverkning och uttransport.

³¹ *Skogsvårdslagstiftningen*. Skogsstyrelsen. § 30. Tillgänglig på www.skogsstyrelsen.se (länk: Äga och bruka/Lagen).

³² Se: www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Rattsinformation/Miljobalken.

³³ Se: [www.skogsstyrelsen.se/Myndigheten/Skog och miljö/Biologisk mångfald](http://www.skogsstyrelsen.se/Myndigheten/Skog_och_miljo/Biologisk_mangfald).

Kulturminneslagen³⁴ innehåller bland annat regler om skydd för *fasta fornlämningar* som till exempel förhistoriska boplatser och gravar. Länsstyrelserna är tillsynsmyndigheter.

Certifiering av skogsbruk. I Sverige tillämpas två certifieringssystem som ställer specifika krav på skogsbruket för att det skall bli certifierat. Det ena är FSC (Forest Stewardship Council)³⁵ som i första hand vänder sig till storskogsbruket, och det andra är PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification)³⁶ som privatskogsbruket ställt sig bakom. FSC har även en standard för skogsägare med under 1000 ha produktiv skogsmark. Den benämns FSC SLIMF (SLIMF står för Small and Low Intensity Managed Forests) och syftet med den standarden är att den ska vara anpassad till skogsbruket på mindre fastigheter.

Det finns stora likheter mellan systemen, men även en del skillnader. Gemensamt är att de anger på vilken nivå hänsyn ska tas till miljö-, sociala och ekonomiska intressen. Inom miljöområdet finns ett flertal konkreta krav som har betydelse för planering och genomförande av slutavverkning. Där anges vilken hänsyn som ska tas till hänsynskrävande biotoper, naturvärdesträd, mark och vatten, kulturmiljöer, med mera. Även krav på antal och kvalitet på skapade högstubbar regleras i standarderna.

Certifieringsstandarderna anger också vilken utbildningsnivå planerare och utförare av skogsbruksåtgärder inklusive avverkning minst ska ha. Sammantaget betyder det att de skogliga certifieringssystemen ställer krav på den hänsyn som ska tas vid slutavverkning. En utbredd uppfattning är att certifieringssystemen ställer högre hänsynskrav än skogsvårdslagen.

I slutet av 2012 var drygt 11 miljoner hektar skog i Sverige FSC-certifierad, dvs ungefär halva den produktiva skogsmarken, och ungefär lika stor areal PEFC-certifierad. Detta innebär dock inte att all produktiv skogsmark är certifierad, eftersom en del skogsägare har certifierat sitt skogsbruk enligt båda systemen. Hur stor andel av skogsmarken som inte är certifierad finns inte redovisat.

³⁴ Se: www.raa.se/lagar-och-stod/kml-kulturminneslagen.

³⁵ Se: <http://se.fsc.org>.

³⁶ Se: <http://www.pefc.se>.

Slutavverkningens praktiskt genomförande

Hänsyn till vad skogsägare vill sköta, bevara eller utveckla i sin skog tar sig till sist uttryck i ett sätt att avverka. Ingen skötselåtgärd, målklassning eller hänsynsspecifikation kan i efterhand kompensera för en dåligt utförd avverkning. Praktisk tillämpning av skogsskötsel kräver därför att alla inblandade personer har goda insikter i skogsteknikens möjligheter och begränsningar, dvs förutsättningar för åtgärdens praktiska utförande.

Som i de flesta verksamheter bedrivs skogligt arbete enligt en processmodell som innehåller planering, utförande och kontroll. I avsnitten nedan beskrivs hur planeringen går till och hur informationen från planeringen överförs till de som utför arbetet. Dessutom anges vilken information utförarna av arbetet själva behöver ta fram och vilka egna beslut som måste tas under arbetets gång, samt hur det utförda arbetet i efterhand kontrolleras och följs upp. Detta arbetssätt innebär att det i uppföljningsdelen finns en funktion för kvalitetssäkring som möjliggör kontinuerligt bättre planering och utförande av arbetet.

Arbetssättet beskrivs nedan specifikt för slutavverkning genom kalhuggning, men samma arbetssätt återfinns i mycket annat skogsarbete, och då särskilt för andra former av slutavverkning och för gallring. För dessa är stora delar av framförallt planerings- och kontrollförfarandet identiskt med det som råder vid kalhuggning.

Planering av slutavverkning

Efter beslut om att ett bestånd skall slutavverkas påbörjas planeringen av drivningen, det vill säga av avverkningen och utforslingen av virket från skog till bilväg (eller annan transportled).³⁷ Planeringen innehåller oftast en förberedande fas i form av studier av till exempel kartmaterial och information i eventuella databaser. Därefter besöks beståndet för datainsamling, kontroll av befintliga uppgifter samt för utförande av vissa förberedande åtgärder. Uppgifterna sammanställs och beståndet ställs så småningom i kö för att avverkas.

Nedan beskrivs de vanligast förekommande planeringsdelarna och de beslut som tas i processen fram till planeringens slutprodukter – avverknings-tidpunkten och traktdirektivet.³⁸

Den som ska planera en avverkningstrakt, dvs en avverknings- eller traktplanerare, måste ha hög och bred kompetens för att kunna göra ett arbete med hög kvalitet. Förutom goda teoretiska och praktiska kunskaper inom naturvårdsbiologi och kulturmiljövård måste planeraren vara väl insatt i drivning och skogsskötsel.

³⁷ Termen *slutavverkning* används ofta som synonym till *drivning*, trots att utforslingen inte definitionsmässigt omfattas. Att utforsling ingår vid slutavverkning är dock underförstått i dagligt tal, och så även i denna text. Vissa facktermer blir dock svårbegripliga utan att känna till vad drivning innebär (exempelvis ”drivningsnetto”).

³⁸ För definition av begreppet trakt, se faktarutan ”Benämningar av olika typer av skogsområden” sist i kapitlet.

Avgränsning av areal

En av planeringens viktigaste uppgifter är att fysiskt märka ut beståndsgränserna för att säkerställa att avverkningen utförs på rätt ställe. Detta görs vanligtvis med snitselband och/eller märkfärg och gör att de som utför avverkningen inte kommer att vara beroende av att till exempel använda GIS-program och att GPS-utrustning fungerar och/eller ger rätt information. Avgränsning med snitselband är särskilt viktigt om beståndsgränsen är otydlig, dvs om angränsande bestånd har likartad beståndsstruktur. Utöver beståndsgränser avgränsas områden och enskilda objekt som kräver särskild hänsyn.

Naturhänsyn och annan hänsyn³⁹

Dokumentation som till exempel Skogsstyrelsens registreringar av nyckelbiotoper och det digitala registret över fornlämningar och kulturhistoriska lämningar (FMIS⁴⁰) är värdefulla underlag för planering av hänsyn till miljövärden. Hänsynsplanering måste dock göras i fält och helst på barmark. Snitsling i terrängen är ofta en förutsättning för att hänsyn ska kunna tas i enlighet med planeringen. Det gäller särskilt hänsyn till värden som är svåra att upptäcka av den som utför avverkningen eller vid avverkning i mörker eller på snötäckt mark. Praktisk erfarenhet visar att enbart positionsbestämning med GPS kan leda till att den avsedda hänsynen inte tas fullt ut. Eventuella bäcköverfarter bör noga rekognoseras och snitslas.

Figurerna SA15–16 visar exempel på hänsyn tagen i samband med slutavverkning och för att minska påverkan på mark och vatten av terrängtransport (figur SA17).



Figur SA15 Skyddszon runt bäck vars gränser markerats med blå-röd-vit snitsel på den grova björken till höger i bilden så skördarföraren vet hur nära bäcken denne ska avverka. Kalavverkningen har fortsatt på andra sidan bäcken, vilket syns mellan träden. Foto Ola Lindroos.

³⁹ Se även: *Skogsskötselserien* nr 14, ”Naturhänsyn”. www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien.

⁴⁰ FMIS är ett digitalt fornminnesregister som innehåller information om Sveriges hittills kända fasta fornlämningar och andra kulturhistoriska lämningar.



Figur SA16 Naturhänsyn tagen i form av skapade av högstubbar och lämnade träd vid kalhuggning. Här har högstubbar och träd lämnats spridda över hela ytan och sannolikt inte markerats på traktdirektivet utan skördarföraren har gjort urvalet. Grenar och toppar har lagts i körvägen (nederst i bilden) för att minska markpåverkan. Foto Ola Lindroos.



Figur SA17 Bäcköverfart med så kallad kavelbro, där stockar har använts för att bygga en tillfällig bro för att undvika att bäcken körs sönder. Grenar och toppar ovanpå stockarna ökar brons livslängd. Det stämplade numret på björkstocken visar att skotarföraren har hämtat virke från avlägg för att bygga kavelbron. Foto Ola Lindroos.

Hänsynsplaneringen, planeringen för själva drivningens utförande och annan viktig information om hur avverkningen ska utföras sammanställs i ett *traktdirektiv*,⁴¹ som numera ofta är digitalt. I bra traktdirektiv förmedlas tydliga instruktioner om exempelvis var och hur en bäck ska passeras och hur nära bäcken som slutavverkning skall göras.

Traktdirektivets anvisningar är viktiga också för den hänsyn som ska tas vid föryngringsarbetet efter slutavverkningen. Främst är det viktigt att korrekt information finns tillgänglig och förmedlas till de som utför den efterföljande markberedningen, eftersom i synnerhet kulturmiljöer annars löper stor risk att skadas.⁴²

Återväxtplanering och val av slutavverkningsmetod⁴³

Ett bestånd som slutavverkas skall återbeskogas.⁴⁴ Denna åtgärd ingår som en viktig del i slutavverkningsplaneringen. Återväxtplaneringen görs på barmark och bör beskriva hur förutsättningarna för etablering av den nya skogen varierar inom avverkningsobjektet. Om det går att avgränsa delområden med skilda markegenskaper, olika förekomst av beståndsförnygrade plantor eller liknande, kan det finnas skäl att variera såväl avverkningens utförande som markberedning och övriga föryngringsåtgärder inom trakten.

Med ett kartunderlag som stöd görs en systematisk inventering av det område som ska avverkas och ståndortsförhållanden av betydelse för val av föryngringsmetod och föryngringsarbetets utförande avgränsas i terrängen. Följande faktorer är lämpliga att bestämma:

- fastmark eller torvmark
- jordart
- textur
- humuslagrets tjocklek
- markfuktighet
- bördighet
- tekniska hinder för markberedning
- förekomst av beståndsförnygrade barrplantor
- makroklimat
- lokalklimat
- biotiska skadefaktorer

Resultatet bör bli ett underlag till beslut om åtgärder för avverkningsobjektet och eventuella delområden. I åtgärdsförslaget specificeras:

- föryngringsmetod
- trädslagsval vid plantering eller sådd
- behov av hyggesrensning

⁴¹ Se avsnittet *Traktdirektiv*.

⁴² Eriksson, A., Lundh, G. och Ulfhielm, C. 2012. Hänsyn till kulturmiljöer – resultat från P3 2008-2011. Skogsstyrelsen. *Rapport 3–2012*.

⁴³ Se Skogsskötselserien, delarna 3–5, för utförliga beskrivningar av återväxtplanering och föryngring av slutavverkad skog. Tillgängliga på: www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien.

⁴⁴ *Skogsvårdslagstiftningen*. Skogsstyrelsen. 5 §. Tillgänglig på www.skogsstyrelsen.se (länk: Åga och bruka/Lagen).

- typ av avverkning
- behov av markberedning och eftersträvat resultat
- typ av plantor eller frön vid plantering eller sådd

Med tanke på att plantor och markberedning behöver beställas i god tid är det en fördel att ha gjort återväxtplaneringen ett till två år innan avverkning.

Skattning av trädegenskaper, volymer och sortiment

Genom objektiv eller subjektiv skattning insamlas information om beståndets trädegenskaper (t ex medelstamsvolym), total virkesvolym, samt volymens fördelning på de olika sortiment som avses eller kan tas ut. Det innebär att även trädslagsblandningen måste skattas.

Om skogsbränsle i form av grenar och toppar (grot) skall tas tillvara skattas mängden grot som förväntas falla ut. Den insamlade informationen används som underlag för planering av tidsåtgång och virkesflöde samt för beräkning av det ekonomiska utfallet.

Placering av avlägg

Det rundvirke och de energisortiment som faller ut från en avverkning transporteras till ett eller flera avlägg för vidare transport med lastbil. Avlägget är således platsen för skifte från terrängtransport (med skotare) till vägtransport (med lastbil). Det skall därför ligga i anslutning till väg där lastbilar kan ta sig fram.

Ibland kan en allmän väg användas för avlägg men i de flesta fall placeras avlägget vid skogsbilvägar (figur SA18). För att säkerställa säkerheten finns det särskilda regler om avläggets avstånd från väggkant, väggkorsningar, ledningar, med mera.⁴⁵

Skogsbilvägar är oftast grusvägar primärt byggda för just åtkomst av virke, och indelas i olika klasser (A1–D4) beroende på bärigheten vid olika årtider.⁴⁶ Det gäller således att vid planeringen känna till var och hur avlägget kan och får placeras samt när på året vägen som leder till avlägget är körbar.

En bedömning måste också göras om mängden virke och energisortiment från slutavverkningen kommer att rymmas vid avlägget, eller om särskilda åtgärder måste vidtas. Sådana åtgärder kan inkludera inplanering av lastbilshämtning av virke allteftersom det skotas fram. Ett annat alternativ kan vara att använda flera avlägg, vilket också kan bli aktuellt vid avverkning av stora eller långsträckta bestånd. Utöver att ge mer utrymme så minskar även fler avlägg den kostsamma skotningen.

Vid planeringen av avlägg kan det även bli aktuellt att överväga att bryta ny väg som ett alternativ till långa skotningsavstånd. I en så kallad *båtnadskalkyl* jämförs kostnaderna för vägbyggnad med besparingen i form av lägre skotningskostnad. Ju mer vägen kan komma att användas för avverkning och andra skogsbruksåtgärder desto större besparing finns att göra. Vägbyggnad kan bli ett lönsamt alternativ, särskilt vid stora avverkningar eller om vägen också kommer till användning vid kommande skogsvårdsåtgärder eller framtida avverkningar. Inom områden som domineras av privat enskilt markägan-

⁴⁵ Trafikverkets broschyr *Virkesupplag vid allmän och enskild väg* från 2012 innehåller mer detaljer.

⁴⁶ Se: www.skogforsk.se/sv/KunskapDirekt/Vagbyggnad/

de kan samverka mellan markägare kring nya skogsbilvägar bli ekonomiskt lönsamt och ge miljömässiga fördelar. Det kräver emellertid större tidsmässig framförhållning än då endast en markägare berörs.

Kostnaden för vägbyggnad beror till stor del på terrängens beskaffenhet, tillgången till vägbyggnadsmaterial och önskad bärighetsklass. Anläggning av skogsbilväg ska anmälas till Skogsstyrelsen för samråd enligt miljöbalken 12 kap. 6 §.⁴⁷ För att en väg ska komma till nytta vid en tilltänkt avverkning krävs god tidsmässig framförhållning i planeringen.

Avlägg på annans mark kräver dennes tillåtelse.



Figur SA18 Avlägg längs skogsbilväg, med olika sortiment i separata högar (vältor) längs vägen. När vägen går i direkt anslutning till beståndet blir avläggsplaceringen lättplanerad och ger gott om utrymme. Foto Ola Lindroos.

Terrägenegenskaper och basvägsdragning

Beståndets terrägenegenskaper klassificeras oftast med hjälp av Terrängtypschemat⁴⁸ och dess fem-gradiga skala. Vanligast är att ange åtminstone grundförhållande (G), ytstruktur (Y) och lutning (L), där 1 innebär att det inte finns några större begränsningar medan 5 innebär att det finns mycket stora begränsningar. Grundförhållande speglar vilken bärighet som finns i beståndet och används vid den årstidsmässiga planeringen av avverkningen. Ytstruktur och lutning påverkar främst hur arbetet kan utföras och används vid bortsättning (se nedan).

Om slutavverkningsbeståndet inte ligger i direkt anslutning till avlägget måste det planeras hur avverkningsmaskinerna ska köra mellan bestånd och

⁴⁷ Tillgänglig på: www.notisum.se/rnp/sls/lag/19980808.HTM.

⁴⁸ Berg, S. 1992. *Terrängtypsschema för skogsarbete*. Skogforsk. Uppsala. 28 s.

avlägg. Denna så kallade *basväg* är sällan preparerad och används endast ett avlägg kommer allt virke från avverkningen att transporteras på denna sträcka.

En basväg måste ha hög bärighet och medge god framkomlighet för att skotningsarbetet ska bli effektivt. Basvägens dragning fortsätter inne i beståndet till en uppsamlingsväg för de slag som skördaren gör under avverkningsarbetet. Slagen kallas ibland för stickvägar, precis som i gallring. Generellt finns det stor variation i de termer som rör körningen i terrängen. I denna text används begreppet körväg som övergripande term för alla typer av vägar, slag och stråk. Vi använder basväg för högtrafikerade körvägar, oavsett om de är eller utanför beståndet. Hur maskinerna kör i beståndet planeras och beslutas oftast av maskinentreprenören i samband med själva avverkningen.

Risken för spårbildning och erosion är stor på finjordsrika marker. Även markens fuktighet och humuslagrets tjocklek påverkar hur känslig marken är för skador. Spårdjupen ökar med ökad vattenhalt och ökad tjocklek på humuslagret.⁴⁹ På fuktiga och blöta marker med mycket organiskt material kan kraftig markstörning öka produktionen och utlakningen av metylkvicksilver.⁵⁰

Att genomföra avverkningen när marken är frusen minskar risken för markskador. Planeringen av körningen kan också motverka körskador. I de allmänna råden till 30 § i skogsvårdslagen anges att ”bas- och stickvägar, liksom avlägg bör planläggas och om möjligt förläggas till fastmark. För att förhindra körskador bör marken skyddas genom risning, byggande av kavelbro eller på annat sätt i den omfattning som behövs. Vid korsande av vattendrag eller vattenförande diken bör hjälpmedel, till exempel ris, flyttbar bro, stockmatta eller kavelbro användas”.⁵¹

För att få köra över annans mark krävs markägarens tillstånd.

Bedömning av terrängtransportavståndet

När det är klart med placering av avlägg och hur körningen till och från trakten skall ske går det att skatta det genomsnittliga terrängtransportavståndet för avverkningen. *Medelterrängtransportavståndet* för en trakt avser den sträcka som i genomsnitt används till ren transport, dvs till att köra tom ut till trakten och att köra full tillbaka, delat med två för att få enkel väg (figur SA19). Körning under lastning och avlastning ingår alltså inte. Detta avstånd kallas ofta i dagligt tal för skotningsavstånd, och används som en del i beräkningar av tidsåtgång och kostnad för skotningen.

Terrängtransportavståndet skattas oftast genom att på kartan mäta upp sträckan mellan traktens volymvägda medelpunkt och avlägget. Men köravståndet är större än kartavståndet på grund av att det i verkligheten inte går att köra närmsta vägen och inte heller helt rakt. Ökningens storlek varierar

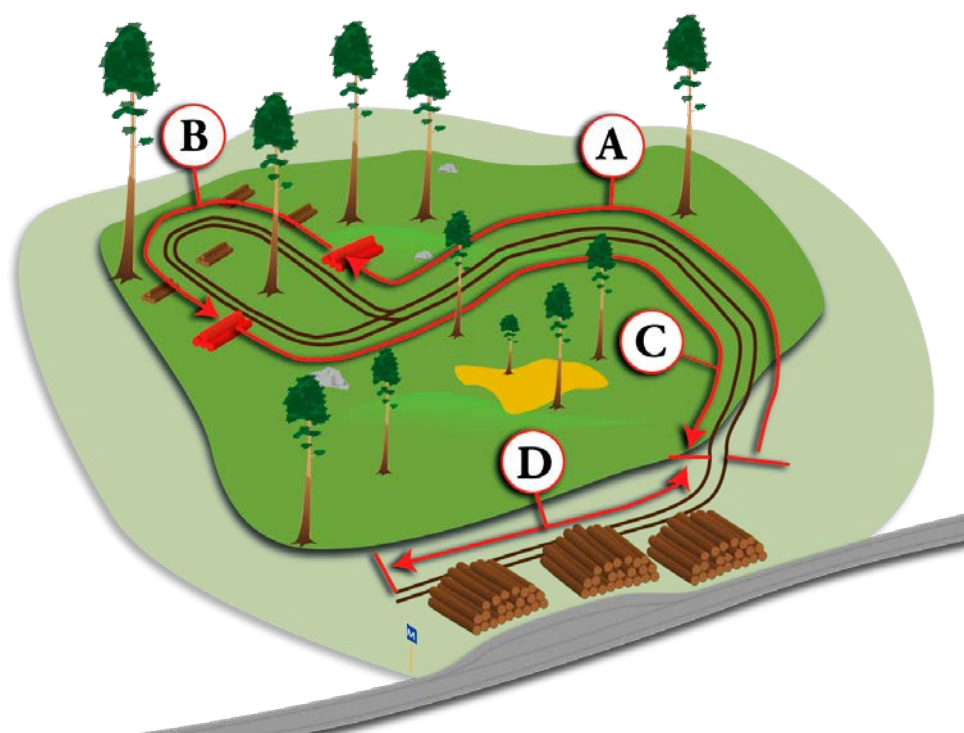
⁴⁹ Johansson, K., Agestam, E., Johansson, U., och Nilsson, U. 2000. *Skador i samband med gallring i granskog – en litteraturstudie*. Granprogrammets web-stencil serie 1. SLU. Tillgänglig på: www-gran.slu.se.

⁵⁰ Bishop, K. m.fl. 2009. Does forestry contribute to mercury in Swedish fish? *KSLAT* 1–2009. KSLA, Stockholm.

⁵¹ *Skogsvårdslagstiftningen*. Skogsstyrelsen. Tillgänglig på www.skogsstyrelsen.se (länk: Äga och bruka/Lagen).

bland annat med avståndet och terrängförhållandena.⁵² Den ”fågelvägen” uppmätta sträckan ökas därför ofta med ett i dagligt tal kallat slingertillägg. Vid dagens drivningsplanering finns varierad praxis kring tillägget. En del företag använder inget tillägg alls, medan andra lägger på upp till 30 %.

Den enkla skattningsmetodikerna ger en grov indikation om det faktiska terrängtransportavståndet, men med låg skattningsprecision för enskilda trakter.⁵³ Hur oprecis metodiken är går dock inte att säga eftersom det ännu inte finns något facit som säger hur skotningskörningen skall genomföras på bästa möjliga sätt.⁵⁴ Det inrapporterade genomsnittliga terrängtransportavståndet är kortare i söder än i norr (ca 360 m respektive 480 m enkel väg⁵⁵), vilket är logiskt eftersom vägnätet är tätare i södra än i norra Sverige. Hur väl avstånden stämmer med det faktiska medelterrängtransportavståndet är dock osäkert.



Figur SA19 I en skotarvända ingår sträckan som körs från avlägg ut till trakten (A), under lastningen (B), under körningen till avlägg (C) och under avlastningen (D). I terrängtransportavståndet ingår enbart av A och C. Illustration Mattias Wåhlberg von Knorring.

⁵² von Segebaden, G. 1964. och vägnätets utbyggnad. Skogshögskolan, inst. för skogsteknik. *Rapporter och uppsatser* 23.

⁵³ Tiger, K. 2012. Jämförelse av skattat och kört skotningsavstånd. SLU, inst. för skoglig resurshushållning. *Arbetsrapport* 357.

⁵⁴ Lindroos, O. 2012. Skotningen har många avstånd. *Skogen* nr 6–7, s. 38–39.

⁵⁵ Brunberg, T. 2012. Produktiviteten vid drivning från 2008 till 2011. Skogforsk. *Resultat* 9–2012.

Bedömning av behov av underväxtröjning

I många bestånd finns det underväxt som kan försvåra skördarens arbete. Som en del i planeringen ingår då att avgöra om det finns behov av att röja bort underväxten före avverkningen eller ej. Detta kallas underväxtröjning eller förrrensning (figur SA20).

Med underväxt menas här träd som är så små att de inte kommer att tas tillvara vid avverkningen. Merparten av den hindrande underväxten utgörs normalt av små granar.

Riklig förekomst av underväxt försvårar skördarens arbete^{56,57} genom att ansättningen av skördaraggregatet mot trädstammen försvåras och sikten försämras. Dessutom försvårar underväxten skotningsarbetet, då den utgör ett hinder för upptagandet av virke och grot. Underväxten är särskild problematisk vid grotskotningen, eftersom rotryckt underväxt i groten innebär att mineraljord och sten följer med och förorenar denna⁵⁸. Detta innebär att sönderdelningen av groten blir mindre effektiv och att bränslet blir av sämre kvalitet (det får högre askhalt). Riklig underväxt kan även hämma den önskade föryngringen efter avverkningen, genom att påverka markberedningsresultatet till det sämre och hämma plantutvecklingen.

Det som talar mot underväxtröjning är det ekologiska värdet av underväxten som habitat och skydd för olika organismer när beståndet väl är avverkat. I vissa fall kan delar av underväxten ha ett värde som potentiell föryngring, dvs ingå i det framtida beståndet. Underväxtröjning kan emellertid öka risken för rotrötespridning.⁵⁹

Utöver de för- och nackdelar som nämnts ovan är det en ekonomisk avvägning, där kostnaden för att röja bort hindrande underväxt med hjälp av röjsåg ska ställas mot den ökade drivningskostnaden om underväxten lämnas kvar. Hur denna bedömning görs varierar både geografiskt och mellan företag, men besluten baseras generellt på underväxtens täthet och höjd.

⁵⁶ Kährä, K. 2006. Effect of undergrowth on the harvesting of first-thinning wood. *Forestry Studies / Metsanduslikud Uurimused* 45, s. 101–117.

⁵⁷ Thunell, A. 2008. Kvalitet och ekonomi i utförandet av förstagallring baserat på olika gallrings- och underväxtröjningsprogram. SLU, inst. för skoglig resurshushållning. *Arbetsrapport* 218.

⁵⁸ Eliasson, L. och Johannesson, T. 2010. Förröjningens påverkan på grotskotningen. Skogforsk. *Arbetsrapport* 705.

⁵⁹ Gunulf, A. 2013. Establishment of *Heterobasidion annosum* s.l. infections in young Norway spruce dominated stands. *Acta Universitatis agriculturae Sueciae*, 2013–21.



Figur SA20 Bestånd som har underväxtröjts inför slutavverkning. Underväxens omfattning var ungefär som i grannbeståndet i bakgrunden av bilden. Foto Ola Lindroos.

Planering för grot- och stubbskörd

Skogsbränsleuttag från slutavverkning består i första hand av grenar och toppar (grot). Därutöver tillkommer även skadad stamved som inte håller den kvalitet som skogsindustrin kräver. Dock bör döda träd (äldre vindfällen, högstubbar och torrakor) lämnas enligt skogsvårdslagen. Det finns även ett nyvaknat intresse för stubbskörd och en viss testverksamhet pågår. Nedan behandlas framförallt de planeringsdelar som berör grot-skörd. Mer omfattande information om skogsbränsleuttag finns i Skogsskötselserien del 17, *Skogsbränsle*.

Om ett slutavverkningsbestånd anses lämpligt för grot-skörd avgörs bland annat av markens bärighet. Bärigheten är generellt sämre på fuktiga och finjordsrika marker än på friska och torra marker med grövre textur. Vid dålig bärighet kan grotten behövas till att förstärka marken för att undvika körska-dor. För att anses lämpligt bör beståndet också innehålla en stor mängd grot, ha korta transportavstånd och goda terrängförhållanden.

Grot är mer priskänslig än rundvirke och därför bör aktuellt dagspris kontrolleras. Priskänsligheten beror på det förhållandevis låga priset och att grotens bulkighet gör den dyr att ta tillvara. Sammantaget innebär detta att grot-skörd främst sker i grandominerade, relativt stora bestånd på bättre mark, som har korta terrängtransportavstånd och ligger nära slutanvändaren. Det händer även att grot bara tas ut från delar av ett bestånd.

I bestånd där grot skall skördas bör åtgärden förberedas genom att behovet av underväxtröjning undersöks. Dessutom behövs extra noggrannhet vid planeringen av vältrafikerade körvägar, eftersom grot-skörden innebär mer terrängtransport och försämrade bärighet på marker med från början dålig bä-

righet. Det bör också ägnas extra uppmärksamhet åt planering av avlägget.

Groten lastas antingen direkt från välta till lastbil, eller också sönderdelas den på plats innan lastbilstransporten. Vältan måste därför placeras nära bilväg, och om groten skall flisas måste det finnas plats för flishögar eller containrar på eller i direkt anslutning till vägen. Detta kan kräva att schaktningsarbete behöver utföras innan avverkningen.

Årstidsmässig planering av åtgärderna

Uppgifterna om begränsningar i väg- och terrängbärighet används vid den årstidsmässiga planeringen och schemalaggningsplaneringen av avverkningarna. Beroende på klimatskillnader i landet är variationen stor när det gäller bärighet vid olika tider på året. Generellt gäller att bärigheten är god då marken eller vägkroppen är frusen eller torr och att den är dålig då marken eller vägen är fuktig eller blöt.

Terrängens bärighet är särskilt begränsande för skotningsarbetet, eftersom tunga laster på totalt ca 40–45 ton skall transporteras upprepade gånger på samma områden. Till viss del kan terrängbärigheten förbättras genom att använda grenar och toppar som armering och genom andra tekniska och arbetsmetodrelaterade sätt. Att skota när marken tack vare väderleken har lämpliga egenskaper är dock det lättaste sättet att hålla nere markskadorna.

Gemensamt för både beståndet och vägarna är att tillgängligheten bestäms av den del som har sämst bärighet. Flaskhalsar med låg bärighet längs till exempel basvägen eller skogsbilvägnätet påverkar tillgängligheten även om merparten av beståndet eller vägnätet har god bärighet.

Den bedömning som görs av ett bestånds tillgänglighet är viktig för att avverkningen skall kunna göras så skonsam som möjlig. Men även vid perfekta bedömningar och bra planering kan tyvärr otypisk väderlek och framförallt snabba väderomställningar ställa till svårigheter vid utförandet av avverkningen. Detta kan ibland hanteras vid det praktiska genomförandet genom att ändra planeringen av vilka trakter som ska avverkas. Särskilt problematiskt blir det dock om det skulle uppstå snabba väderomställningar, som till exempel tjällossning eller kraftigt regn mellan avverkning och skotning. Markpåverkan ställs då mot virkesvärdet, eftersom virkets kvalitet kan försämrats om det lämnas i väntan på bättre förhållanden.

Bortsättning och intäktsberäkning

Om avverkningen ska utföras som rotpost, till en fast drivningskostnad eller till ett fast drivningsnetto görs någon form av kostnads- och intäktsskattning. Detsamma gäller när förskott på avverkningsintäkterna betalas ut. I många fall görs detta planeringssteg oberoende av kontraktsform eftersom det kan ligga till grund för beräkning av tidsåtgång för avverkningen, vilket är värdefullt vid planering av drivningen och av virkesflödet.

Drivningskostnaderna skattas oftast med hjälp av så kallade *bortsättningsunderlag*, i vilka en produktivitet snittvärde justeras för aktuella förhållanden som påverkar arbetstakten. Bortsättningsunderlagen ger endera en förväntad produktivitet som räknas om till förväntad kostnad per kubikmeter, eller så ger de den förväntade kostnaden direkt. För en god skattning krävs underlag som tar hänsyn till de lokala förutsättningarna på ett bra sätt. Att utarbeta bortsättningsunderlag är dock relativt krävande, även om datainsamling via dagens maskindatorer och företagets uppföljningssystem erbjuder goda möjligheter

till det. Som utgångspunkt och vägledning finns därför ett antal underlag till produktivitetssnormer att tillgå.^{60,61}

Information om totalvolym, andel av olika sortiment och aktuella prislistor kan användas för att räkna fram ett virkesvärde för den skattade totalvolymen. Genom att dela detta totalvärde med totalvolymen erhålls medelvirkesvärdet per kubikmeter. Medelvirkesvärdet minus drivningskostnaden per kubikmeter ger drivningsnettot, dvs det som markägaren beräknas få i ersättning per kubikmeter.

Avverkningsanmälan

Om den planerade slutavverkningen är större än 0,5 ha krävs att den anmäls till Skogsstyrelsen.⁶² I anmälan ska det anges vilken hänsyn till natur- och kulturmiljön som planeras, om grot och/eller stubbar tänker tas ut, samt vilka föryngringsåtgärder som planeras. Inom rennäringens åretruntmarker ska dessutom hänsyn till rennäringen redovisas.

När anmälan har kommit in till Skogsstyrelsen har myndigheten sex veckor på sig för att bedöma om det till exempel behövs rådgivning eller andra insatser i samband med avverkningen. En av de bedömningar Skogsstyrelsen gör gäller om den planerade verksamheten är samrådspiktig. Krav på samråd är dock ovanligt.⁶³ En skogsägare behöver därmed vanligtvis inte ta in andra myndigheters eller allmänhetens åsikter om den planerade avverkningen och inte heller utreda de miljökonsekvenser som avverkningen kan komma att få. Däremot måste skogsvårdslagen alltid följas, och vid slutavverkning är det framför allt § 30 om ”hänsyn till naturvårdens och kulturmiljövärdens intressen” som är aktuell.⁶⁴

Om Skogsstyrelsen inte invänder mot den anmälda slutavverkningen inom sex veckor är det tillåtet att genomföra den. En anmälan innebär dock ingen förpliktelse att genomföra slutavverkningen. En avverkningsanmälan är giltig i tre år. Därefter krävs en ny anmälan.

I fjällnära skog är det inte tillräckligt med en anmälan om slutavverkning (föryngringsavverkning), utan där krävs Skogsstyrelsens tillstånd (15 §, skogsvårdslagen).

Faktisk avverkningstidpunkt

När nödvändiga data samlats in och om avverkningsanmälan inte föranlett någon reaktion från Skogsstyrelsen, så kan beståndet avverkas. Det blir då oftast placerat i avverkningsorganisationens traktbank i väntan på att just det beståndet ska väljas. Vid val av turordningen för bestånd tas det hänsyn till vad som skall levereras till industrin. Det är därför viktigt att kunna välja mellan flera bestånd, eftersom det ökar förutsättningarna för att uppfylla

⁶⁰ Brunberg, T. 2004. Underlag till produktionsnormer för skotare. Skogforsk. *Redogörelse 3–2004*.

⁶¹ Brunberg, T. 2007. Underlag för produktionsnormer för extra stora engreppsskördare i slutavverkning. Skogforsk. *Redogörelse 2–2007*.

⁶² *Skogsvårdslagstiftningen*. Skogsstyrelsen. § 14. Tillgänglig på www.skogsstyrelsen.se (länk: Åga och bruka/Lagen).

⁶³ Carlborg, N. m.fl. 2011. Tillsyn enligt 9 kap. miljöbalken av verksamhet på mark som omfattas av skogsvårdslagen. Skogsstyrelsen. *Meddelande 1–2011*.

⁶⁴ *Skogsvårdslagstiftningen*. Skogsstyrelsen. § 30. Tillgänglig på www.skogsstyrelsen.se (länk: Åga och bruka/Lagen).

efterfrågan på olika sortimentsmängder. Bärigheten på väg och i terräng begränsar dock ofta valmöjligheten.

Eftersom det oftast är brist på bestånd som har god eller mycket god bärighet så undviks det normalt sett att avverka på bättre bärighet än nödvändigt. Ett bestånd som har mycket god bärighet skall exempelvis helst avverkas under tjällossning eftersom det då inte går att avverka på mark med sämre bärighet. Om bestånd med mycket god bärighet avverkas när marken är frusen, då även skog på marker med sämre bärighet kan avverkas, begränsas avverkningsmöjligheterna under tjällossning eller under blöta höstar. Förväntningar på ett förhållandevis jämnt flöde av färskt virke till industrin gör planeringen svår när väderleken försämrat bärigheten på mark och vägar. Mängden trakter som håller god bärighet även under tjällossningsperioder och perioder med rikligt med regn (dvs vår och höst) är ofta begränsad. Under dessa perioder kan det därför vara särskilt svårt att matcha tillgängliga trakter mot de virkesvolymerna av olika sortiment som industrin efterfrågar. Korrekta bedömningar av olika bestånds tillgänglighet underlättar förstås matchningen. Bedömningar av tillgänglighet medför dock inte med nödvändighet att ett bestånd avverkas en viss årstid, utan utmaningen att matcha tillgängliga trakter mot industribehovet slår igenom året runt. Till det kommer att skogsägaren kan ha särskilda önskemål om viss avverkningstidpunkt.⁶⁵

Med god planering och bra teknik kan dock även obärliga marker avverkas utan markskador, likväl som att bärliga marker kan få markskador på grund av dålig planering och arbetsteknik.⁶⁶

Bestånden väljs i möjligaste mån så att arbetstakten på skördare och skotare blir jämn över tid och ger ett förhållandevis konstant skogslager, dvs virke som är avverkat men inte framskotat till avlägg. Skogslagrets storlek styrs mest av behovet av lämplig buffert mellan skördare och skotare för att undvika att skotaren kommer ikapp skördaren (och blir sysslös) och av att avverkat virke blir liggande för länge i skogen med risk för att till exempel bli översnöat. Ett skogslager som motsvarar några dagars avverkning anses ofta som en lämplig nivå. Ett bestånd där skördaren drar ifrån, exempelvis grov skog eller långt terrängtransportavstånd, följs därför gärna av ett där skotaren kommer ikapp, exempelvis klen skog eller kort terrängtransportavstånd.

Avverkningstidpunkten fastställs förhållandevis nära inpå utförandet, framförallt beroende på osäkerheten kring vädret och den resulterande tillgängligheten. Framförhållningen är ofta inte mer än någon månad, med stor variation. Ofta ändras också turordningen för att anpassa verksamheten till förändringar i väderlek och industrins leveransbehov.

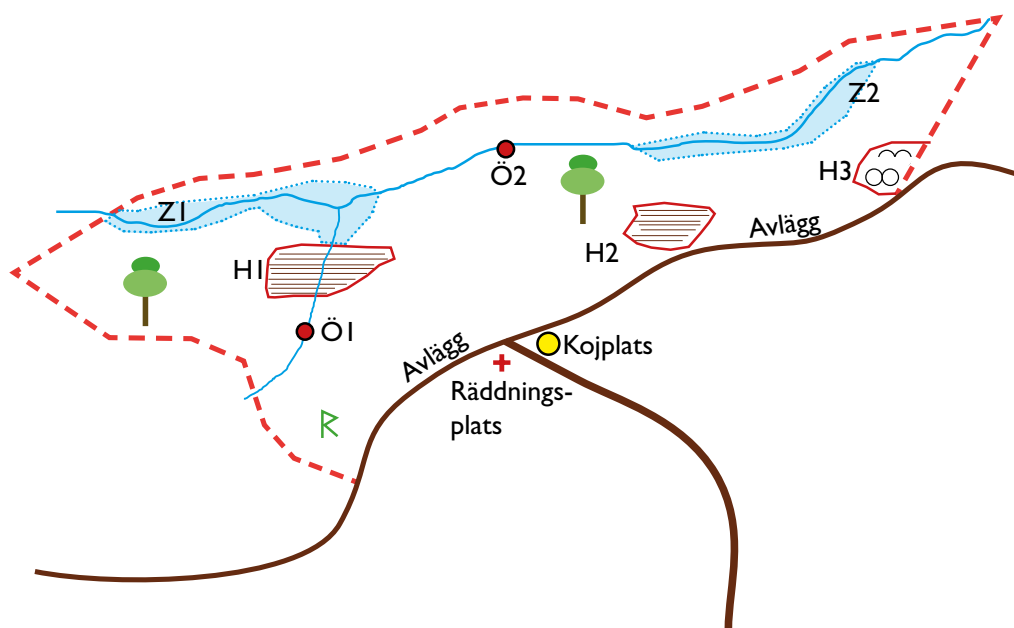
Traktdirektiv

När avverkningstidpunkten är bestämd sammanställs den information som insamlats och de beslut som tagits vid planeringen till en arbetsinstruktion, vanligen kallad *traktdirektiv*. Utformning och innehåll kan variera beroende på vem som upprättar traktdirektivet, men dess funktion är att vara bryggan

⁶⁵ Carlborg, N. m.fl. 2011. Tillsyn enligt 9 kap. miljöbalken av verksamhet på mark som omfattas av skogsvårdslagen. Skogsstyrelsen. *Meddelande* 1–2011.

⁶⁶ Jansson, H. och Staland, F. 2002. Avverkningstrakter för tjällossningen – mer än bara skogsmarkens bärighet. Skogforsk. *Resultat* 9–2002.

mellan traktplaneraren och utföraren (entreprenören/maskinföraren). Traktdirektivet innehåller således nödvändig information om beståndet och åtgärden ur både skogligt och arbetsmiljöperspektiv. Beståndskartor med avgränsningar för hänsynsområden kompletteras ofta med beskrivning och precisering i text. På kartorna indikeras basvägens dragning, basstråk som ska risas för att ha särskilt god bärighet och placering av avlägg, tillsammans med uppgifter om lämplig uppställningsplats för rastkoja och räddningskoordinater att ange vid en nödsituation (figur SA21).



Figur SA21 Exempel på detaljkarta som ingår i ett traktdirektiv. Utöver detaljkarta finns översiktskartor och detaljerad drivningsspecifik information om till exempel virkesvolym och sortiment. I detta exempel finns två bäcköverfarter (Ö1 och Ö2) specificerade, liksom två områden där det skall lämnas förstärkta kantzoner (Z1 och Z2) samt tre hänsynsytor (H1–3). Kulturminne (som till exempel en husgrund) är markerad med ett grönt R och snitslade evighetsträd är markerade med trädssymboler. I anslutning till bilvägen är två avlägg markerade, tillsammans med en räddningsplats och en lämplig plats för uppställning av rastkoja. Annan typ av information kan läggas in efter behov. Kartsymbolerna varierar mellan olika företag. För tydlighetens skull används här en vit bakgrund, men någon typ av karta eller flygfoto brukar användas. Utöver den i traktdirektivet angivna hänsynen förväntas lämplig ”detaljhänsyn” (som att lämna enskilda träd, högstubbar, m m) tas vid drivningen, vilket maskinföraren själv beslutar om.
Illustration Bo Persson.

Traktdirektivet innehåller även uppgifter om virkesaptering, det vill säga hur stammarna ska kapas till olika sortiment för att bäst tillgodose mottagande industriens behov. Detta har framförallt betydelse för timmer, eftersom olika mottagare av till exempel talltimmer kan ha olika krav på stockarnas dimensioner och kvalitet. Jämfört med många andra beslut i planeringsprocessen tas apteringsbeslutet ofta förhållandevis tätt inpå avverkningens genomförande, utifrån rådande behov av olika sortimentsleveranser.

Traktdirektivet innehåller även administrativ information, som uppgifter

om markägare, fastighetsbeteckning, kontaktperson hos uppdragsgivaren etc. Där kan också finnas en checklista där viktiga planeringsmoment kryssas av för att planeraren ska kunna kontrollera att denne inte glömt något, samt för att visa utföraren att momenten är genomförda. Det kan exempelvis vara att avverkningsanmälan har gjorts och att kontakt har tagits med el- eller telebolag om en ledning går i anslutning till avverkningen. Ofta fyller också den som slutavverkar i de åtgärder denna utfört på direktivet och returnerar det till uppdragsgivaren. På så sätt förmedlas informationen om utförda åtgärder vidare i arbetskedjan, samtidigt som det ger underlag för uppföljning av planerade och utförda åtgärder.

För att traktdirektivet ska kunna implementeras i sin helhet krävs att det är tillgängligt för alla personer som verkar i avverkningskedjan – avverkningsplanerare, drivningsledare, utförare av avverkning, grot- och stubbskörd, samt de som ansvarar för föryngringsåtgärder. Samtliga behöver information och tydliga instruktioner om vad som skall och inte skall göras i olika delar av beståndet.

Slutavverkningens utförande

Nedan beskrivs det mekaniserade slutavverkningsarbetets utförande förhållandevis kortfattat och för den intresserade finns andra källor med detaljerade uppgifter om produktions- och hänsynsrelaterade delar av avverkningsarbetet.^{67,68}

Även om samma maskiner ofta används oavsett om slutavverkningen utförs i form av kalhuggning, fröträdsställning eller skärmställning så är det olika avverkningstekniska aspekter att ta hänsyn till. Mängden skördat virke skiljer sig åt med en glidande skala från kalhuggning, då i princip samtliga träd avverkas vid ett enda tillfälle, till den gradvisa utglesningen vid skärmställning. Vid avverkning av fröträds- och skärmställning skall dessutom skadorna på föryngring och underväxt (plantor och småträd) helst minimeras. Detta innebär att kalhuggning är en enklare, snabbare och därmed billigare avverkningsåtgärd.⁶⁹ Om även föryngringskostnaden tas med i kalkylen kan dock de övriga slutavverkningsformerna vara lönsammare totalt sett.

Eftersom kalhuggning är den vanligaste slutavverkningsformen presenteras den mest ingående nedan, medan fröträds- och skärmställning jämförs med kalhuggning. Avverkningsarbetet vid skärmställning finns beskrivet i Skogsskötselserien del 4, *Naturlig föryngring av tall och gran* och det finns även en del information i del 11, *Blädningsbruk*.

Förberedande praktiska åtgärder

Underväxtröjning. Om underväxtröjning ska utföras, beställs och utförs den före slutavverkningen. Den utförs nästan alltid motormanuellt, oftast av skogsvårdsentreprenörer och mera sällan av avverkningsentreprenören. På enskild mark utför ibland av skogsägaren själv underväxtröjningen. För att

⁶⁷ Persson, P.-E. 2010. *Arbete i avverkningslag. Del 1 & 2*. Mora in Europe AB.

⁶⁸ Se även: Jobba i skogen (<http://jobbaiskogen.se>).

⁶⁹ Eliasson, L., Bengtsson, J., Cedergren, J. och Lageson, H. 1999. Comparison of Single-Grip Harvester Productivity in Clear- and Shelterwood Cutting. *J. For. Engineering* 10(1), s. 43–48.

underväxtröjningens effekt i form av bättre sikt och åtkomst vid fällning inte ska motverkas av till exempel stubbskott och uppväxande plantor bör åtgärden utföras högst några år innan slutavverkning.

Underväxtröjningen utförs enligt specifikation av till exempel diameterintervall på träd som skall avverkas och hur gles underväxten kan vara för att området ska lämnas oröjt. Det är viktigt att hänsynsytor och skyddszoner mot till exempel surdråg eller bäckar inte underväxtröjs, eftersom det minskar deras naturvärden respektive skyddande funktion. Det underlättar också för skördarföraren att ta nödvändig hänsyn vid avverkningen, särskilt vintertid då uppstickande kvarlämnad underväxt syns betydligt bättre än snitslar.

Preparering av väg och vinterväg. Om bilvägar och avlägg behöver rustas måste även det beställas och utföras före avverkningen. Utförs avverkningen vintertid kan även snöröjning behöva ordnas.

Skall avverkningen utföras med hjälp av så kallad *vinterväg* behöver den förberedas. Vinterväg innebär att det på frusen mark med hjälp av snö och is prepareras en väg där det annars inte är körbart, till exempel över en torvmark. Detta kan göras för både timmerbilar och skogsmaskiner. Grundprepareringen innebär att snötäcket packas ihop så att dess isolerande effekt minskar. Tjälén går då djupare ned i marken, vilket ökar bärigheten. Packningen görs ofta med bandfordon. Behövs extra förstärkning kan vintervägen vattenbegjutas.

Vintervägar är skonsamma mot marken, men är givetvis beroende av vädret och lämpliga förberedelser. Det finns särskilda rekommendationer och regelverk för personsäkerhet och naturhänsyn för vintervägar.

En nackdel med vintervägar är att de är användbara endast den vinter de anlagts. Kommande mekaniserade åtgärder, som markberedning och gallring, kräver ny vinterväg eller andra lösningar för att kunna ta sig till trakten.

Anmälan och hjälp vid avverkning nära luftledningar. Arbete nära el- och telefonledningar kan innebära risker både för utförarnas säkerhet och för att ledningarna skadas. Ledningsägarna bör därför kontaktas i god tid innan avverkning, dels för att informeras om åtgärden, dels för att kunna assistera. Ledningsägaren kan exempelvis välja att lägga ner telefonledningar på marken under avverkningen, för att undvika att de slits ner av misstag vid kranarbete.

Avverkning och terrängtransport

Det professionella avverkningsarbetet görs till övervägande del med hjälp av ett tvåmaskinsystem. En skördare fäller, kvistar och kapar trädet till stockar (figur SA22), medan en skotare transporterar ut stockarna till avlägg (figur SA23). Även grot transporterar ut till avlägg med skotare, men detta görs ofta en tid efter att virket skotats ut och då av skotare som är särskilt anpassade för detta.

Skördarens arbete underlättas om träden har klena kvistar och raka stammar, vilket stämmer bra in på tall och gran. Grovkvistiga lövträdsbestånd är däremot svåra att hantera och avverkas därför ofta motormanuellt (dvs med motorsåg) innan stockarna skotas ut.



Figur SA22 Skördaren är den maskin som används för att fälla, kvista och kapa trädet till stockar. På bilden syns en Ecolog 550C med ett Logmax 4000B aggregat. Foto Ola Lindroos.



Figur SA23 Skotaren är den maskin som används för att transportera ut stockar och grot till avlägg. På bilden syns en Komatsu 890.3. Foto Ola Lindroos.

Vid privat, självverksam skogsarbete utförs avverkningen oftast med motorsåg och uttransporten görs då ofta med hjälp av traktor, terränghjuling eller

snöskoter.^{70,71} Mängden arbetstimmar och engagerade personer är stor i det självverksamma skogsarbetet, men det mekaniserade professionella skogsarbetet står för den absolut största mängden virke som avverkas. Avverkning av fröträd görs med förhållandevis hög grad av självverksamhet, eftersom det är en relativt kostsam åtgärd om den utförs maskinellt.

Maskinval vid slutavverkning

Vid kalhuggning behöver hänsyn inte tas till träd som skall leva vidare, med undantag för träd som lämnats för naturvårds- eller andra ändamål. Maskinernas storlek behöver därför inte, som vid gallring, anpassas till att vara smidiga på smala stickvägar. Skördarens storlek kan väljas utifrån att den ska kunna hantera de träd som ska avverkas till en acceptabel avverkningskostnad. Hur stora träden är varierar stort i landet, från relativt små träd i norr till stora träd i söder. Den genomsnittliga avverkade medelstamsvolymen vid slutavverkning är ca 0,22 m³fub i Norrland, ca 0,34 m³fub i Svealand och ca 0,41 m³fub i Götaland.⁷²

Maskinen och dess kran behöver vara tillräckligt kraftfulla för att kunna utrustas med ett stort skördaraggregat och den måste dessutom vara tung om den ska kunna hantera stora träd på förhållandevis stora avstånd. Det senare kravet blir extra stort framförallt vid avveckling av fröträd och skärmträd, eftersom det då eftersträvas att köra så lite i beståndet som möjligt för att skona föryngringen. Generellt används stora skördare i slutavverkning, och trenden för närvarande är att de blir allt större och kraftfullare⁷³.

Eftersom det inte finns någon begränsning från kvarvarande träd vid kalhuggning är det vanligt att välja skotare med hög lastkapacitet (18–20 tons lastkapacitet) till den typen av avverkning. Utöver kostnadsfördelar vid långa transportavstånd så innebär hög lastkapacitet att det blir lättare för skotaren att hålla jämna steg med skördaren. Hög lastkapacitet kan dock innebära större risk för markskador.

I skärmställning kan det vara fördelaktigt med en mindre och därmed smidigare skotare, medan det vid avveckling av fröträdsställningar kan vara fördelaktigt med stora skotare på grund av den förhållandevis låga koncentrationen av virke.

Utöver de kvalitetsmässiga kraven på arbetet görs maskinval utifrån kostnadseffektiviteten, det vill säga utifrån vilken maskinstorlek eller maskintyp som är billigast att använda. Kostnadseffektiviteten för en given maskin beror på förhållandet mellan dess timkostnad och produktivitet. Det innebär att högst produktivitet inte alltid är billigast.

⁷⁰ Lindroos, O., Lidestav, G. och Nordfjell, T. 2005. Swedish non-industrial private forest owners – a survey of self-employment and equipment investments. *Small-scale Forestry* 4(4), s. 409–426.

⁷¹ Lindroos, O. 2005. Självverksamt skogsarbete – småskaligheten lever! SLU. *FaktaSkog* 7–2005.

⁷² Torbjörn Brunberg. Muntlig uppgift 2013, baserat på data från: Brunberg, T. 2012. Skogsbrukets kostnader och intäkter 2011. Skogforsk. *Resultat* 6–2012, och Brunberg, T. 2012. Produktiviteten vid drivning från 2008 till 2011. Skogforsk. *Resultat* 9–2012.

⁷³ Nordfjell, T., Björheden, R., Thor, M. och Wästerlund, I. 2010. Changes in technical performance, mechanical availability and prices of machines used in forest operations in Sweden from 1985 to 2010. *Scand. J. For. Res.* 25(4), s. 382–389.

Maskiner som uteslutande används till slutavverkning kan specialiseras enligt ovan. Det är dock vanligt att ha ”flexibla” maskiner som används till både gallring och slutavverkning. Det resulterar ofta i val av mindre maskiner. Sådana flexibla maskiner användas helst i slutavverkningar med liten medelstamvolym och korta terrängtransportavstånd, eftersom skillnaden i kostnadseffektivitet där blir mindre, jämfört med stora slutavverkningsmaskiner.

Fällning och upparbetning

Vid kalhuggning kan träden i princip fällas i vilken riktning som helst och den riktning som väljs beror främst på den arbetsmetod som tillämpas. Vid avverkning av stora träd och under särskilt svåra förhållanden som kraftig blåst måste dessutom hänsyn tas till trädets förväntade naturliga fallriktning och vindriktningen.

Efter fällningen kvistas trädet och apteras, dvs kapas upp i stockar. Aptereringen har stor betydelse för virkesvärdet och utförs den på olämpligt sätt kan tidigare skogsskötselåtgärder fördäras. Skördarföraren har dock god teknisk hjälp i form av utrustning i skördaraggregatet som mäter diameter och längd på stammen. Skördarföraren anger trädslag och utifrån beräknad avsmalning på stocken och de virkesprislistor som används räknar skördardatorn ut och föreslår apteringsställen.

Maskinen är dock ”blind” så föraren tar det slutliga apteringsbeslutet utifrån eventuella synliga kvalitetsfel och kvalitetsgränser (t ex rotröta och grönkvistgräns). Kvaliteten på skördarens mätningar säkerställs genom standardiserade kontrollprogram.⁷⁴

Stockar av olika sortiment läggs i olika högar för att underlätta skotningen. Effekten av god aptering och väl inställd utrustning har stor påverkan på det avverkade virkets värde. Dåligt kalibrerad mätutrustning, stockmatningsutrustning som orsakar skador i stockarnas mantelyta och kapsprickor⁷⁵ kan minska virkesvärdet drastiskt.

Samtidigt som trädet fälls kan stubben besprutas med ett medel som minskar risken för att rotröta etablerar sig i stubbskäret. Numera används nästan uteslutande biologiskt bekämpningsmedel innehållande pergamantsvamp, som genom sin kolonisering av stubbskäret hindrar rotrötetickans sporer från att få fäste. Spraydysan som sprider medlet är monterad i sågsvärdet eller på skördaraggregatet och besprutningen sker automatiskt vid fällningen. Liknande utrustning används även för att färgmarkera stockars ändyta vid apteringen. Det underlättar för skotarföraren att hålla isär sortiment som annars lätt kan blandas ihop (figur SA24).

⁷⁴ Rådet för virkesmätning och redovisning (VMR) 2007. Instruktion för kvalitetssäkring av längd- och diametermätning med skördare.

⁷⁵ Sprickor i stockens längsriktning som kan uppstå när trädet kapas till stockar.



Figur SA24 Klentimmerstockar som skall sågas har färgmärkts vid apteringen så att de vid skotningen lättare kan skiljas från massavedsstockarna.
Foto Ola Lindroos.

Utöver att skördarförarens arbete direkt resulterar i vilket virkesvärde som skapas finns givetvis krav på att arbetet skall utföras kostnadseffektivt. Fällning och upparbetning behöver därför ske snabbt, ofta med två fällda och upparbetade träd per minut. Arbetstempot är högt och det utförs med högteknologiska maskiner som kräver kvalificerad arbetskraft. Mängden beslut per tidsenhet påminner om den för piloter i stridsflygplan.⁷⁶ Arbetsproduktiviteten för skördare varierar beroende på förutsättningar och ligger i Sverige i medeltal runt 20–30 m³fub per timme (tabell SA1), men kan i undantagsfall uppgå till drygt 90 m³fub per timme⁷⁷.

Tabell SA1 Medelproduktivitet (m³fub/G₁₅-timme)⁷⁸ i slutavverkning.⁷⁹

	Skördare	Skotare
Norrland	21,4	20,5
Svealand	26,0	22,7

Vid kalhuggning är det inte nödvändigt att lägga stickvägar så långt ifrån varandra som möjligt för att minimera ett bestånds tillväxt- och värdeförluster. Istället kan arbetsmetoden anpassas till skördarens och skotarens

⁷⁶ Högvall Nordin, M. 2006. ”Dom brukar jämföra det med en stridspilot” Föreställningar om arbetsmiljö och risker i skogsmaskinarbete. En studie i organisationskommunikation. Umeå universitet, inst. för Kultur och medier. *Medier och kommunikation* 9.

⁷⁷ Davner, L. 2007. Rekord i kubik. *Skogen*, nr 11, s. 50–53.

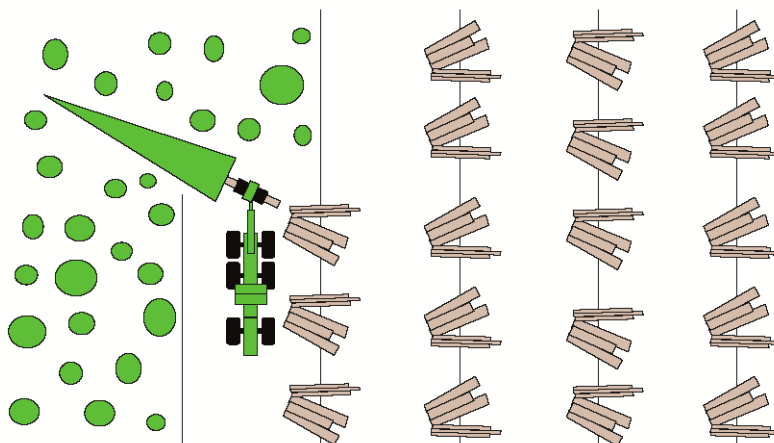
⁷⁸ G₁₅-timme = produktiv arbetstid inklusive alla arbetsavbrott kortare än 15 minuter.

⁷⁹ Torbjörn Brunberg, muntligt tydliggörande om regionuppdelningen i Brunberg, T. 2012. Produktiviteten vid drivning från 2008 till 2011. Skogforsk. *Resultat* 9–2012.

arbetseffektivitet. Eftersom det är kostnaden för den gemensamma insatsen som är av intresse är det ett lagarbete. Val av avverkningsmetod anpassas till förutsättningarna men påverkas också av utförarnas preferenser. Nedan presenteras några principer ur den stora floran av variationer och kombinationer av avverkningsmetoder.

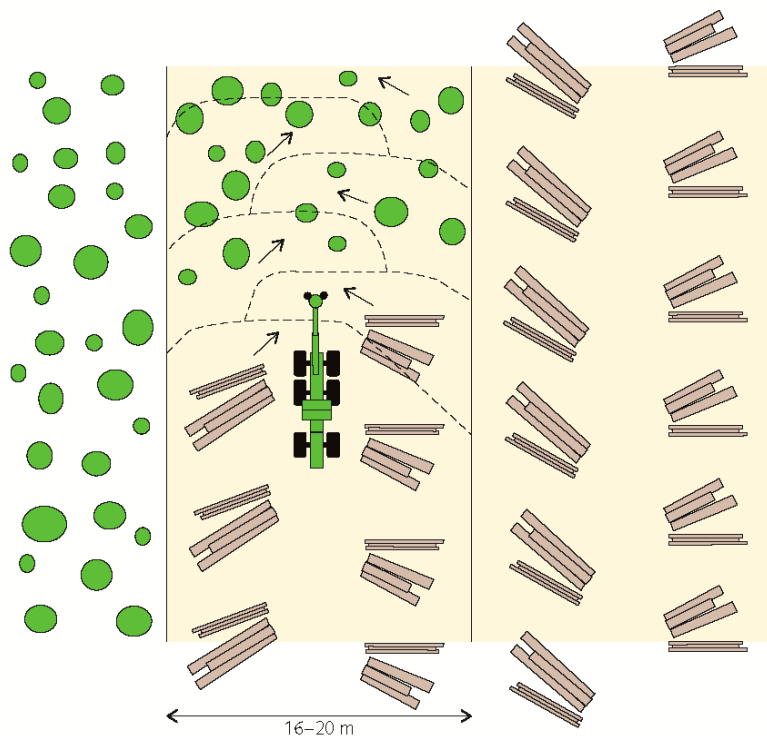
Vid *enkelsidig avverkning* läggs virke snett bakåt eller vinkelrätt mot skördarens körriktning på ena sidan av stickvägen (figur SA25). Träden fälls då in i den stående skogen framför och på båda sidor av skördaren och upparbetas så att virket hamnar på den ena sidan av maskinen. Vägarna bör göras med ca en kranlängds avstånd, 10–12 m. Detta ger en hög koncentration av virke för skotaren, som då kan köra varannan väg och lasta från två virkessträngar åt gången. Om vägarna läggs med större avstånd än 12 m så ökar skördarens krantid, samtidigt som skotaren får lägre virkeskoncentration eftersom skotarkranens räckvidd då begränsas så att skotaren endast når ett virke från en väg.

Vid enkelsidig avverkning undviks fällning på virkeshögarna samt nedrisning av dessa. Eftersom kvistningen sker framför skördaren ger detta en armerande risbädd att köra på, vilket ökar markens bärighet och minskar markpåverkan.



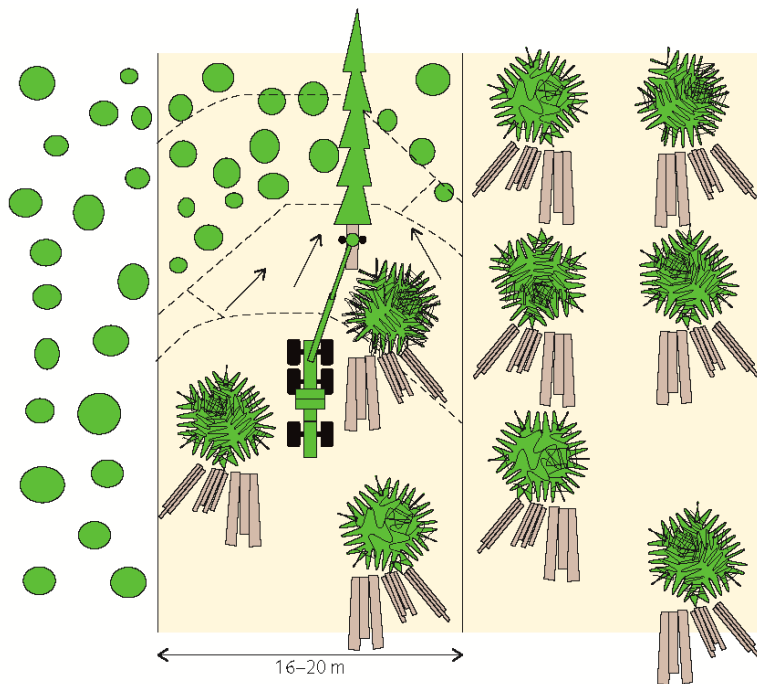
Figur SA25 Enkelsidig avverkning, där stockarna bara läggs på ena sidan om maskinen. Illustration från www.jobbaiskogen.se.

Vid *dubbelsidig avverkning* (figur SA26) läggs virket på båda sidor av stickvägen. Träd som står framför samt till höger om skördaren upparbetas så virkeshögarna hamnar på höger sida om vägen. Därefter körs maskinen fram och träd framför samt till vänster sida om maskinen upparbetas så att virkeshögarna hamnar på vänster sida. Fördelen med metoden är att hela kranräckvidden kan användas och det blir längre mellan vägarna (16–20 m) och därmed mindre körning i beståndet. Nackdelar är risken att fälla träd på virkeshögarna och att risa ner dem. Dessutom kan metoden ge lägre virkeskoncentrationen i virkessträngarna än den enkelsidiga avverkningen.



Figur SA26 Dubbelsidig avverkning, där stockarna läggs på båda sidor om maskinen. Illustration från www.jobbaiskogen.se.

En *grotanpassad avverkning* (figur SA27) skiljer sig från annan avverkning främst genom att upparbetningen inte sker framför maskinen. Groten är i dessa avverkningar ett sortiment och behandlas därefter, genom att läggas upp i högar längs stickvägen. Detta görs oftast genom att fälla träden framåt och upparbeta träden parallellt med skördarens körriktning. Virket hamnar då parallellt med vägen med omväxlande virkeshögar och grothögar (figur SA28).



Figur SA27 Grotanpassad avverkning, där virkeshögar omväxlar med grothögar längs körvägen. Illustration från www.jobbaiskogen.se.



Figur SA28 Virkessträngar på en grotanpassad slutavverkning, där virkeshögar och grothögar omväxlar längs körvägen. Stockarna läggs parallellt med körvägen, och inget armerande ris hamnar i körvägen. Foto Ola Lindroos.

I vissa fall upparbetas virket mot en annan väg än den skördaren står på. Detta innebär att skotaren inte behöver köra på alla vägar, och de vägar där bara skördaren kör kallas ibland för *spökslag* eller *spökstråk*. Namnen syftar på att skördaren inte lämnar spår efter sig, i alla fall inte på samma sätt som en lastad skotare som har betydligt högre marktryck och dessutom ofta kör flera gånger på samma väg. Arbetssättet kallas även *gratängmetoden*⁸⁰ och tillämpad i gallring kallas den för beståndsgående gallring, eller att så kallade bestånds- eller slingerstråk används.

Vid kalhuggning används spökslag främst för att underlätta skotarens arbete och för att minska risken för markskador. Till skillnad från i enkelsidig avverkning så lägger skördaren upp virket så långt från sig som möjligt. Skotaren kör på ytterligare en kranlängds avstånd från det upplagda virket, vilket gör att virkeskoncentrationen för skotaren ökar och skotarens körning i beståndet minskar. Dessutom kan områden där lutning, fuktighet eller andra faktorer gör det svårt för skotningsarbetet undvikas. Genom att använda spökstråk närmast till exempel fuktiga hyggeskanter ner mot skyddszoner mot bäckar eller mot sumpskogar minskar risken för körskador.

När fröträdställningar skapas genomförs avverkningen i princip med samma metoder som vid kalhuggning, men med särskild hänsyn till att inte skada fröträden. Avveckling av fröträdsställning och arbete med skärmställning liknar gallring och blädning på så vis att man försöker undvika skador på de kvarvarande träden (såväl stora som små) och minimera arealen som påverkas. Vid avverkningen eftersträvas att träden faller i körvägen. Arbetet

⁸⁰ Persson, P.-E. 2010. *Arbete i avverkningslag. Del 1 & 2*. Mora in Europe AB.

är därför mer tidskrävande vid avverkning av fröträd eller skärmställningar än vid kalhuggning.⁸¹ En närmare beskrivning av en metod ("stångstötning") vid avverkning för ställande av högskärm finns i Skogsskötselserien del 4, *Naturlig förnygring av tall och gran*.

Skotning

Skotningsarbetet består i att samla upp det avverkade virket och transportera det till avlägg, där det läggs i välter uppdelat i olika sortiment. Skotarförarens arbete påverkas i hög utsträckning av skördarförarens arbete. Skördarens passage över marken ger relativt små spår i marken (fig SA29). Under skotningen körs samma sträcka upprepade gånger, vilket ökar risken för markskador. För skotningen är det därför särskilt viktigt hur vägarna är dragna och armerade med grenar och toppar. Dessutom får en skotare med sin last en betydligt högre tyngdpunkt än en skördare, och är därför betydligt mer benägen att välta. Stickvägar där skotarna skall köra dras därför framförallt tvärs mot lutningen och inte på skrå.

Skotningsarbetet brukar påbörjas längst bort från avlägget. Skotaren lastas alltså på vägen tillbaka mot avlägget. Fördelen är att det går lättare att se till att allt virke skotas ut och att skotaren får full last eftersom det vid behov går att fylla på lasset under transporten tillbaka mot avlägg. Om det finns särskilt svåra områden (t ex branter eller obärig mark) tas dessa också tidigt för att effektivisera körningen. På obärig mark kan då lastmängden anpassas för att begränsa markpåverkan, och skotaren kan lastas full när den når bärig mark på väg tillbaka mot avlägg.

Det sortiment som det finns mest av skotas ofta fram först, men det finns givetvis möjlighet att kombinera de olika sortimenten genom så kallad samlastning av önskat antal sortiment. Samlastning innebär att lastningsarbetet i skogen går fortare, eftersom koncentrationen av lastningsbart virke längs vägarna blir högre. Fler sortiment i lasten innebär dock att avlastningen vid avlägg tar längre tid, på grund av behovet att hålla isär och sortera de olika sortimenten.⁸² Detta innebär att det ofta endast tas med ett fåtal sortiment i samma last.

Vid behov av snabb skotning av vissa sortiment (på grund av t ex risk för kvalitetsnedsättning) skotas dessa ut från hela trakten. Finns inget sådant behov skotas det oftast rent väg för väg eftersom det ger en bra kontroll över att allt virke tas med. Att skota vägarna rena allteftersom är särskilt viktigt när det finns risk för snöfall, eftersom ytan (virkessträngarna) som kan komma att behöva letas igenom minskar. Några decimeter med nysnö utgör oftast inte några problem (figur SA29) och att ha stora och därigenom väl synliga virkeshögar minskar risken för att virket inte hittas under snötäcket. Ymnigt snöfall kan däremot innebära att det inte går att se var virket ligger. Valet ligger då mellan att med gripen leta igenom områdena där det kan ligga virke eller att avbryta och återkomma efter snösmältningen.

⁸¹ Eliasson, L., Bengtsson, J., Cedergren, J. och Lageson, H. 1999. Comparison of Single-Grip Harvester Productivity in Clear- and Shelterwood Cutting. *J. For. Engineering* 10(1), s. 43–48.

⁸² Manner, J., Nordfjell, T. och Lindroos, O. 2013. Effects of the number of assortments and log concentration on time consumption for forwarding. *Silva Fennica* 47(4), 19 s.



Figur SA29 Vintertid kan snö göra det svårt att hitta stockarna. Foto Mikael Öhman.

Skotningen innebär en kompromiss mellan motstridiga ekologiska och ekonomiska mål. Ur ett ekologiskt perspektiv skulle marken helst vara opåverkad efter en avverkning, men detta är inte möjligt med dagens markburna maskinsystem (figur SA30). Bästa alternativet skulle därför vara att små laster körs ut försiktigt. Ur ett ekonomiskt perspektiv är det dock mest rationellt med stora laster som körs ut så snabbt som möjligt (körhastighet i terräng är ofta lägre än 5 km/timme).⁸³ I praktiken blir det en kompromiss, där markskadorna försöker minimeras genom att körningen anpassas till markförhållandena.

Val av årstid för avverkning och dragning av vägar är viktiga i detta sammanhang. Dessutom används markskonande hjälpmedel, som kontaktyteförstorande band på maskinernas boggis, och på känsliga partier förstärks marken. Denna förstärkning kan göras antingen med befintligt material som grot och/eller stockar (figur SA31) eller med särskilt medtagen specialutrustning som markskonare. Utöver de miljömässiga effekterna så kan körskador försvåra skotningen, eftersom det går långsammare och förbrukar mer bränsle att köra på mjuk, blöt mark än på bärig mark. Så det är önskvärt att undvika markskador med tanke på både miljö och arbetseffektivitet.

⁸³ Nurminen, T., Korpunen, H. och Uusitalo, J. 2006. Time Consumption Analysis of the Mechanized Cut-to-Length Harvesting System. *Silva Fennica* 40(2), s. 335–63.



Figur SA30 Upprepad körning i terräng med tunga fordon lämnar någon form av spår, även på bärig mark. Foto Ola Lindroos.



Figur SA31 Område kring bäcköverfart som har förstärkts genom utläggning av stockar och grot. Foto Ola Lindroos.

Ett lass per timme är en vanlig prestation vid skotning. Arbetstakten kan upplevas som långsam jämfört med skördarens arbete, men produktiviteten är i genomsnitt ungefär lika mellan maskintyperna (tabell SA1). Inom enskilda

bestånd kan dock produktiviteten variera stort mellan skördare och skotare eftersom olika träd- och beståndsrelaterade förutsättningar påverkar deras produktivitet. Generellt sett behövs det betydligt mer skotningstid än skördartid när ett bestånd med hög medelstamvolym slutavverkas. I bestånd med riktigt klen medelstamvolym behövs då istället mer skördartid än skotartid.

Vid skotning av grot är lastens bulkighet en utmaning för att hålla nere transportkostnaden. Orsaken är att den viktmässiga lastkapaciteten oftast inte kan utnyttjas. För att öka lastvikterna används därför skotare som har utrustats för att möjliggöra större lastvolym. Skotning och hantering av grot behandlas utförligare i Skötselseriens del 17, *Skogsbränsle*.

Avlägg

Virkesvältor måste placeras så att en timmerbil kan stå plant vid lastning och så att stockarna hamnar vinkelrätt mot bilvägen. Om skotaren har band eller kedjor på hjulen undviks oftast körning på bilvägen. Vältorna läggs då upp från skogssidan, vilket istället resulterar i omfattande körning i terrängen parallellt med bilvägen (figur SA32). Om skotaren kan köra på bilvägen kan avlastningen göras på båda sidor av vägen, något som ökar effektiviteten vid avlastningen.

Skotarföraren eftersträvar att lägga stockarna i vältan så att stockarnas ändtor är jämndragna på ena sidan av vältan (en ”slät” sida). Det underlättar i nästa steg lastningen av timmerbilen. Att placera de virkesrikaste sortimenten närmast basvägens anslutning till avlägget minimerar körning vid avlägget.



Figur SA32 Skotare som lastar av från skogssidan i stället för att köra på bilvägen under avlastningen. Vägen förstörs då inte av skotarens band.
Foto Ola Lindroos.

Maskinförarens kompetens

Inte bara maskinens prestanda utan också förarens kompetens har betydelse för en slutavverknings ekonomiska och miljömässiga resultat. Skogsmaskinförare ska inte bara kunna hantera skogsmaskiner effektivt, utan även kunna sköta och reparera maskinerna, minimera negativa ekologiska effekter som maskinhaverier kan innebära, exempelvis genom läckage av hydraulolja eller diesel, undvika att skada natur- och kulturmiljövärden samt även nyskapa sådana värden, i enlighet med skogsvårdslagen, certifieringsstandarder och skogsägares målsättningar. Eftersom arbetet ofta innebär ensamarbete på ensliga platser, alla tider på året och dygnet så krävs både ansvars- och initiativtagande.

Det finns flera olika typer av vidareutbildning för maskinförare. Arbetsgivare, tillsyningsmyndigheter och certifieringsorganisationer kräver ofta att maskinförare kontinuerligt fortbildar sig för att säkerställa att de som utför till exempel slutavverkning har tillräcklig kompetens.

Efterarbete och utvärdering

Fysiskt återställande

Direkt efter slutavverkningen görs ofta ett visst återställningsarbete för att minska effekterna av avverkningen. Arbetet innebär att större stigar rensas från hyggesavfall samt att dikes- och bäckpassager återställs genom att eventuella överfartshjälpmedel plockas bort. Ibland kan det vara motiverat att lämna välbyggda kavelbroar så att markberedningsekipage kan passera diken eller bäckar. Om markpåverkan från körning i terräng eller på bilväg behöver åtgärdas så görs det oftast i efterhand med grävmaskin.

Virkesflöde och ekonomi

För att kunna följa och styra virkesflödet till industri följs arbetets utfall genom kontinuerlig inrapportering av producerade och transporterade virkesmängder uppdelade på sortiment. Ofta rapporterar skördare, skotare och timmerbilar in avverkad, skotad respektive inkörd volym. Det ger flera uppföljningspunkter i virkesflödet och möjliggör att på ett tidigt stadium kontrollera att leveranserna överensstämmer med ordern (leveransplanen).

Den betalningsgrundande inmätningen genomförs normalt vid industri och utförs av en opartisk virkesmätningförening. Systemet bygger på att varje skogsägare och varje avverkning har ett särskilt ordernummer som gör att det går att hålla rätt på vem som har levererat vad (figur SA33). Inmätta volymer av respektive sortiment och kvalitet rapporteras till Skogsnäringsens IT-företag (SDC) som sammanställer volymer och intäkter. Detta skickas vidare till både skogsägaren och till företaget som på skogsägarens uppdrag har låtit genomföra avverkningen eller har köpt virket vid bilväg.

Om det i efterhand visar sig finnas betydande skillnader mellan faktiska och skattade förhållanden när det gäller exempelvis medelstamsvolym kan drivningskostnaden ibland justeras. När samtliga intäkter och kostnader har inkommit sammanställs det ekonomiska resultatet för avverkningen, vilket redovisas och utbetalas till skogsägaren.



Figur SA33 Vid avlägg märks alla virkespartier manuellt. Detta görs genom att stockars ändytor endera stämplas eller får en papperslapp fasthäftad. Foto Ola Lindroos.

Uppföljning av utfört arbete

Det utförda arbetet följs upp och utvärderas i flera led för att säkerställa att arbetet motsvarar förväntningar och krav. Utföraren (ofta en entreprenör) gör normalt egenkontroller löpande under arbetets gång. Vid större avvikelser förväntas rapportering fortlöpande (t ex kraftiga markskador) och hanteras oftast i samråd mellan uppdragsgivare, entreprenör och skogsägare, medan eventuella mindre avvikelser rapporteras efter utfört arbete.

Uppdragsgivaren gör ofta egna kontroller och olika typer av stickprovskontroller görs både inom ramen för de olika certifieringssystemen och av Skogsstyrelsen.

Avvikelser från förväntningar och överenskommelser kan leda till att markägaren kräver att avvikelserna rättas till eller kompenseras ekonomiskt. I allvarliga fall kan det leda till böter eller andra lagreglerade straff eller att certifikat dras tillbaka på grund av att den aktuella certifieringsformen inte längre anses uppfylld.

Benämningar av olika typer av skogsområden. Inom skogsbruket förekommer flera olika termer för skogsområden. Vissa termer används främst vid beskrivning av skogen och andra vid beskrivning av skogsskötselåtgärder. Dessutom varierar det mycket mellan hur och vilka termer som används. Termerna används ofta synonymt, vilket i viss mån kan vara fallet även i texten i denna del av Skogsskötselserien. Beskrivningarna nedan är utformade med stöd från Skogencyklopedin⁸⁴, och syftar till att hjälpa läsaren att förstå de olika termerna.

Bestånd. Bestånd är en urskiljbar samling träd eller skogsplantor som växer inom en viss areal och som har viss likhet i artsammansättning, ålder, diameter, höjduveckling, beståndsstruktur, med mera. Vanligen föreskrivs att ett bestånd skall ha en viss minimiareal och viss minsta slutenhet och gärna bilda en skötselenhet under en hel omloppstid. För plantbestånd anges dessutom ofta att föryngringen skall vara säkerställd. En mindre samling träd kallas trädgrupp. I praktiken kallas kalmark för bestånd även om där inte finns några träd. Begreppen åtgärdsenhet eller *avdelning* kan då vara lämpligare att använda.

Avdelning. En avdelning är ett på en skogskarta avgränsat område som karakteriseras av viss enhetlighet med avseende på skogliga faktorer. Ofta tillåts en större variation inom en avdelning än inom ett bestånd.

Trakt. Trakt är benämning på en viss del av skog och används ofta i samband med åtgärder som till exempel drivning (*drivningstrakt*, *avverkningstrakt*). En trakt kan bestå av ett, flera eller del av bestånd.

Ett exempel: Vid skogsbruksplanläggning inventeras ett skogsområde och indelas då i två bestånd, A och B, det ena talldominerat och det andra grandominerat, i övrigt likartade. Bestånd A är dock uppdelat i två avdelningar, 1 och 2, på var sin sida om en väg. När det är dags för slutavverkning avverkas underavdelning 1 i bestånd A samtidigt med bestånd B, och läggs då ihop till en gemensam trakt. Underavdelning 2 i bestånd A slutavverkas vid ett senare tillfälle som en egen trakt.

⁸⁴ <http://www.skogforsk.se/sv/KunskapDirekt/u/Skogencyklopedin/>

Volymenheter och omräkningstal

Inom skogsbruket förekommer en mängd olika volymenheter för att beskriva träd och trärelaterade produkter. Nedan beskrivs några vanliga mått tillsammans med exempel på omräkningstal (se även figur SA34). Stor variation kan dock förekomma, både geografiskt och mellan olika skogliga variabler (träslag, trädstorlek, m m). I faktarutan beskrivs olika volymenheter översiktligt. För fullständiga definitioner av ersättningsgrundande mått hänvisas till gällande virkesmättningsbestämmelser.⁸⁵

m³sk (skogskubikmeter): Volym beräknad på trädstammar, inklusive topp och bark ovan stubbskär. Grenar ingår inte annat än för vissa lövträd. Höjden mäts ända upp till översta toppskottet, och stubbskåret brukar antas hamna på 1 % av stamhöjden. Enheten används främst för volymen av virkesförråd, tillväxt och till viss del för avverkning. Används sällan vid ersättningsberäkningar (dvs vid försäljning av stammar eller stockar).

m³fpb (fast kubikmeter virke på bark eller kubikmeter fast mått på bark): Avser verklig volym av stam eller stamdel inklusive bark. Jämfört med m³sk ingår inte stammens topp, vilken anses börja när stammen blir smalare än en viss diameter (exempelvis 5 cm under bark).

m³fub (fast kubikmeter virke under bark eller kubikmeter fast mått under bark): Avser verklig volym av stam eller stamdel exklusive bark. Jämfört med m³fpb ingår inte stammens bark. Enheten används främst för virkesvolymen vid avverkningsarbete samt för massavedsmängder.

m³to (toppmätt kubikmeter eller kubikmeter fast mått toppmätt volym under bark): Volymen av en stock som kan användas till sågning av timmer. Avser därför volymen av en cylinder med samma diameter som stockens smalända (under bark). Enheten används främst för timmervolymer (dvs av och gentemot sågverk).

Kubikmeter löst mått (m³l) (tidigare kallat stjälp mått (m³s)): Avser yttre volymen av grot, flis, sågspån, bark och liknande produkter, inklusive luft.

Kubikmeter travat mått (m³t): Avser volymen av en virkestrave, erhållen som produkten av travens längd, bredd och höjd, inklusive luft.

Exempel på omräkningstal, här baserat för ett landsgenomsnitt för medelgrov tall.⁸⁶

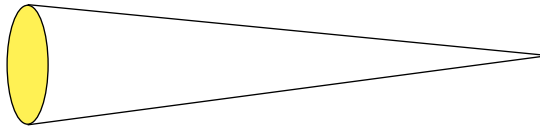
$$1 \text{ m}^3\text{sk} = 0,94 \text{ m}^3\text{fpb} = 0,82 \text{ m}^3\text{fub} = 0,67 \text{ m}^3\text{to}$$

$$1,49 \text{ m}^3\text{sk} = 1,40 \text{ m}^3\text{fpb} = 1,22 \text{ m}^3\text{fub} = 1 \text{ m}^3\text{to}$$

⁸⁵ Se: Skogsstyrelsen föreskrifter om virkesmätning (SKSFS 1999:1) och därtill tillhörande mättningsinstruktioner. www.sdc.se, Virkesmätning.

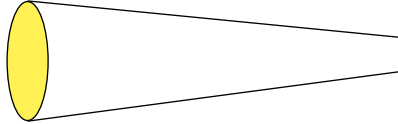
⁸⁶ Håkansson, M. och Steffen, C. 1994. *Praktisk skogshandbok*. 14:e upplagan. Sveriges Skogsvårdsförbund. 510 s.

Skogskubikmeter (m^3sk)



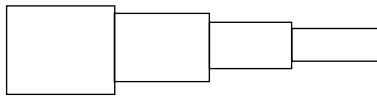
*Skogsskötsel,
Inventering*

Fast kubikmeter under bark (m^3fub)



*Skogsteknologi,
Virkeslära*

Toppmått kubikmeter (under bark) (m^3to)



Virkeslära

Figur SA34 Schematisk bild över skillnaderna mellan några olika skogliga volymmått och deras användningsområden. Illustration Ola Lindroos.

Litteratur

- Amilon, J.A. 1930. Wallmoblädningen å Högsjö. *Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift*, 28:e årgången, s. 343–425.
- Berg, S. 1992. *Terrängtypsschema för skogsarbete*. Skogforsk. Uppsala. 28 s.
- Bishop, K. m.fl. 2009. Does forestry contribute to mercury in Swedish fish? *KSLAT* 1–2009. KSLA, Stockholm.
- Blohm, B.R. 1922. Bidrag till kännedom om Högsjö-föryngringarna. *Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift*, 20:e årgången, s. 161–180.
- Brunberg, T. 1995. Underlag för produktionsnorm för stora engreppsskördare i slutavverkning. Skogforsk. *Redogörelse* 7–1995.
- Brunberg, T. 2004. Underlag till produktionsnormer för skotare. Skogforsk. *Redogörelse* 3–2004.
- Brunberg, T. 2007. Underlag för produktionsnormer för extra stora engreppsskördare i slutavverkning. Skogforsk. *Redogörelse* 2–2007.
- Brunberg, T. 2012. Produktiviteten vid drivning från 2008 till 2011. Skogforsk. *Resultat* 9–2012.
- Brunberg, T. 2012. Skogsbrukets kostnader och intäkter 2011. Skogforsk. *Resultat* 6–2012.
- Burschel, P. och Huss, J. 1999. *Grundriß des Waldbaus*. Parey, Berlin.
- Carlborg, N. m.fl. 2011. Tillsyn enligt 9 kap. miljöbalken av verksamhet på mark som omfattas av skogsvårdslagen. Skogsstyrelsen. *Meddelande* 1–2011.
- Davner, L. 2007. Rekord i kubik. *Skogen* nr 11, s. 50–53.
- Eichhorn, F. 1902. *Ertragstafeln für die Weißtanne*. Verlag Julius Springer, Berlin.
- Ekvall, H. och Bostedt, G. 2009. Skogsskötselns ekonomi. *Skogsskötselserien*, del 18. Tillgänglig på: www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien.
- Eliasson, L., Bengtsson, J., Cedergren, J. och Lageson, H. 1999. Comparison of Single-Grip Harvester Productivity in Clear- and Shelterwood Cutting. *J. For. Engineering* 10(1), s. 43–48.
- Eliasson, L. och Johannesson, T. 2010. Förröjningens påverkan på grotskotningen. Skogforsk. *Arbetsrapport* 705.
- Eriksson, A., Lundh, G. och Ulfhielm, C. 2012. Hänsyn till kulturmiljöer – resultat från P3 2008–2011. Skogsstyrelsen. *Rapport* 3–2012.
- Eriksson, H. 1976. Granens produktion i Sverige. Skogshögskolan, inst. för skogsproduktion. *Rapporter och uppsatser* 41.
- Fries, C., Bergquist, J. och Svensson, L. 2013. Förändringar av återväxtkvalitet, val av förnygringsmetoder och trädslagsanvändning 1999–2012. Skogsstyrelsen. *Rapport* 2–2013.
- Gunulf, A. 2013. Establishment of *Heterobasidion annosum* s.l. infections in young Norway spruce dominated stands. SLU. *Acta Universitatis agriculturae Sueciae*, 2013–21.
- Hagner, S. 2005. *Skog i förändring. Vägen mot ett rationellt och hållbart skogsbruk i Norrland ca 1940–1990*. KSLA, Stockholm.
- Håkansson, M. och Steffen, C. 1994. *Praktisk skogshandbok*. 14:e upplagan. Sveriges Skogsvårdsförbund. 510 s.
- Högvall Nordin, M. 2006. ”Dom brukar jämföra det med en stridspilot”. Föreläsningar om arbetsmiljö och risker i skogsmaskinarbete. En studie i organisationskommunikation. Umeå universitet, inst. för kultur och medier. *Medier och kommunikation* 9.
- Jansson, H. och Staland, F. 2002. Avverkningstrakter för tjällossningen – mer än bara skogsmarkens bärighet. Skogforsk. *Resultat* 9–2002.
- Johansson, K., Agestam, E., Johansson, U., och Nilsson, U. 2000. *Skador i samband med gallring i granskog – en litteraturstudie*. Granprogrammets web-stencil serie 1. SLU. Tillgänglig på: www-gran.slu.se.
- Knuchel, H. 1950. *Planung und Kontrolle im Forstbetrieb*. Aarau, Sauerlaender.
- Kährä, K. 2006. Effect of undergrowth on the harvesting of first-thinning wood. *Forestry Studies / Metsanduslikud Uurimused* 45, s. 101–117.
- Lindroos, O. 2005. Självverksamt skogsarbete – småskaligheten lever! SLU. *FaktaSkog* 7–2005.
- Lindroos, O., Lidestav, G. och Nordfjell, T. 2005. Swedish non-industrial private forest owners – a survey of self-employment and equipment investments. *Small-scale Forestry* 4(4), s. 409–426.

- Lindroos, O. 2012. Skotningen har många avstånd. *Skogen* nr 6–7, s. 38–39.
- Lundqvist, L. 1984. Blädning och etappvis slutavverkning. *Sveriges Skogsvårdsförbunds tidskrift* 1984:6, s. 27–39.
- Manner, J., Nordfjell, T. och Lindroos, O. 2013. Effects of the number of assortments and log concentration on time consumption for forwarding. *Silva Fennica* 47(4), 19 s.
- Nilsson, M. 2013. Knowledge in forest planning processes. SLU. *Acta Universitatis agriculturae Sueciae*, 2013–31.
- Nordfjell, T., Björheden, R., Thor, M. och Wästerlund, I. 2010. Changes in technical performance, mechanical availability and prices of machines used in forest operations in Sweden from 1985 to 2010. *Scand. J. For. Res.* 25(4), s. 382–389.
- Nurminen, T., Korpunen, H. och Uusitalo, J. 2006. Time Consumption Analysis of the Mechanized Cut-to-Length Harvesting System. *Silva Fennica* 40(2), s. 335–63.
- Pasalodos-Tato, M., m. fl. 2013. Review: Assessing uncertainty and risk in forest planning and decision support systems: review of classical methods and introduction of innovative approaches. *Forest Systems* 22, s. 282–303.
- Persson P. 1975. Stormskador på skog. Skogshögskolan, inst. för skogsproduktion. *Rapport* 36.
- Persson, P.-E. 2010. *Arbete i avverkningslag. Del 1 & 2*. Mora in Europe AB.
- Pretzsch, H. 2009. *Forest dynamics, growth and yield*. Springer-Verlag, Berlin.
- Renström, J. 2008. Säsongvis avverkning – det operativa traktvalets påverkan på den säsongmässiga uthålligheten i ett bolagsdistrikts traktbank. SLU, inst. för skoglig resurshushållning. *Arbetsrapport* 214.
- von Segebaden, G. 1964. och vägnätets utbyggnad. Skogshögskolan, inst. för skogsteknik. *Rapporter och uppsatser* 23.
- Skogsstyrelsen. 2013. *Skogsstatistisk årsbok 2013*. Jönköping.
- Skogsstyrelsen. 2012. *Skogsvårdslagstiftningen*. Skogsstyrelsen. Tillgänglig på www.skogsstyrelsen.se (länk: Äga och bruka/Lagen).
- Thor, M., Ståhl, G. och Stenlid, J. 2005. Modeling root rot incidence in Sweden using tree, site and stand variables. *Scand. J. For. Res.* 20, s. 165–176.
- Thunell, A. 2008. Kvalitet och ekonomi i utförandet av förstagallring baserat på olika gallrings- och underväxtröjningsprogram. SLU, inst. för skoglig resurshushållning. *Arbetsrapport* 218.
- Tiger, K. 2012. Jämförelse av skattat och kört skotningsavstånd. SLU, inst. för skoglig resurshushållning. *Arbetsrapport* 357.
- Visser, R. och Spinelli, R. 2012. Determining the shape of the productivity function for mechanized felling and felling-processing. *Journal of Forest Research* 17(5), s. 397–402.
- Visser, R., Spinelli, R., Saathof, J. och Fairbrother, S. 2009. Finding the "Sweet-Spot" of Mechanised Felling Machines. *Proceedings of COFE 2009*, Lake Tahoe, USA.