



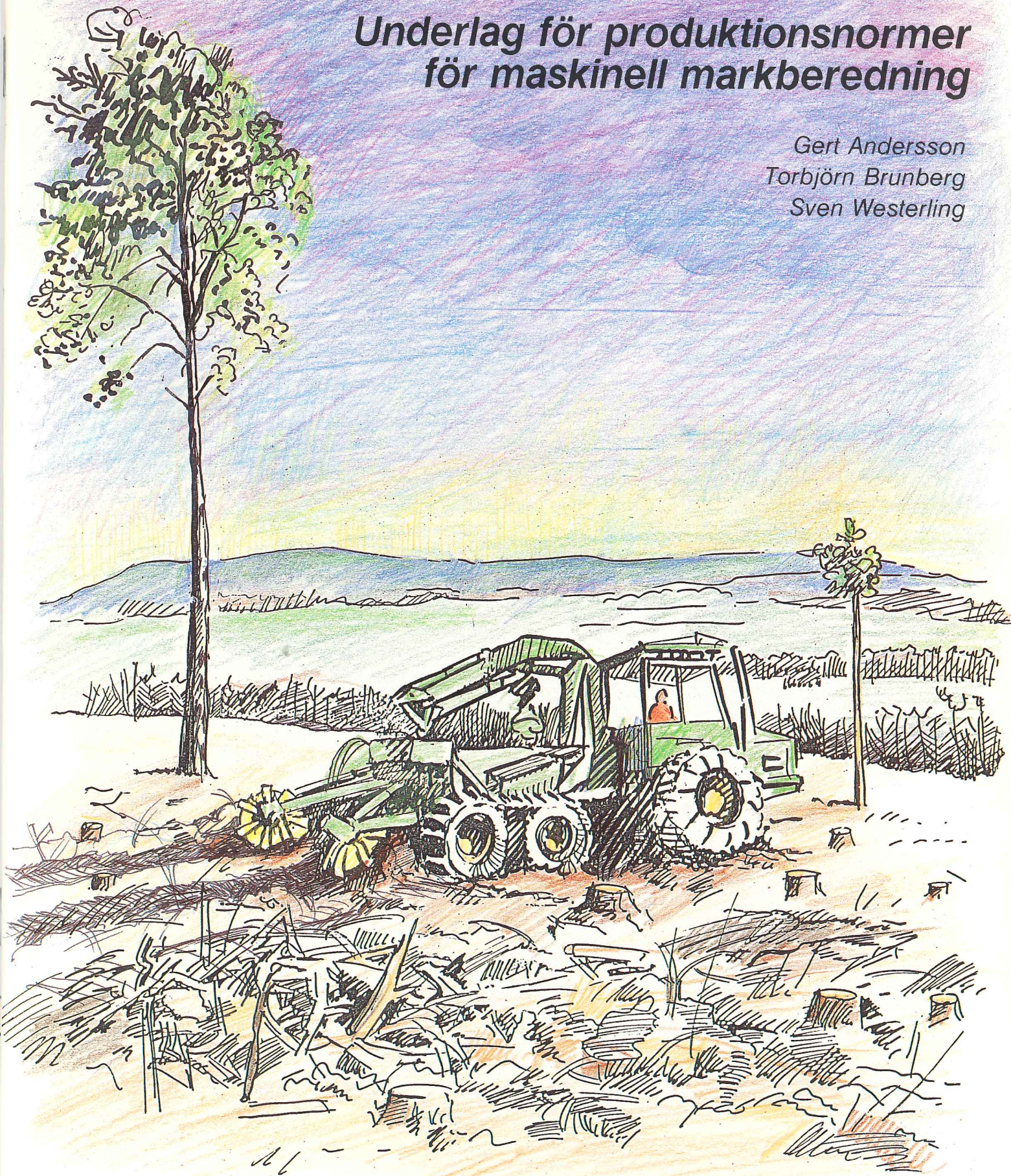
Forskningsstiftelsen

Skogsarbeten

redogörelse

Underlag för produktionsnormer för maskinell markberedning

Gert Andersson
Torbjörn Brunberg
Sven Westerling



Underlag för produktionsnormer för maskinell markberedning

Defining productivity standards for mechanized scarification

**Gert Andersson
Torbjörn Brunberg
Sven Westerling**



Forskningsstiftelsen

Skogsarbeten

Report No. 2, 1990

*The Forest Operations Institute
of Sweden*



Gert Andersson, jägmästare

började arbeta vid Skogsarbeten 1988 efter avslutade studier på Skogshögskolan. Han arbetar för närvarande i projekten "Planerings- och driftstöd", "Maskinell gallring" och "Maskinell röjning".



Torbjörn Brunberg, jägmästare

utexaminerades från Skogshögskolan år 1976 och anställdes vid Skogsarbeten samma år. Han arbetar för närvarande i projekt "Planerings- och driftstöd".



Sven Westerling, jägmästare

utexaminerades från Skogshögskolan 1975, varefter han arbetade vid Skogshögskolan och Skogsstyrelsen. Sven Westerling anställdes vid Skogsarbeten 1979 och är för närvarande projektledare för "Planerings- och driftstöd"

Författarna vill rikta ett varmt tack till

Göran Adelsköld, Skogsvårdsstyrelsen i Kronobergs län,

Berth Andersson, MoDo Skog AB,

Sixten Hultin, SCA Skog AB,

Sivard Strand, Domänverket och

Göran Örlander, Sveriges lantbruksuniversitet,

vilka utgjort referensgrupp under arbetets gång och lämnat många värdefulla synpunkter. Ett tack går också till företag och enskilda, som varit oss behjälpliga vid arbetet.

Innehåll

	sid
Sammanfattning	7
Bakgrund	8
Metodval vid utarbetandet av prestationsunderlag	8
Prestations- och kvalitetspåverkande faktorer	9
Studiernas omfattning	10
Studieuppläggning	11
Prestationsstudie	11
Kvalitetsstudie	11
Planteringsställe	12
Planteringspunkt	12
Terrängkorrektio	12
Avstånd mellan kördragscentra	12
Resultat	13
Uppmätta tider	13
Tidsfördelning	13
Momenttider	13
Prestation	13
Normal körning	13
Enkelkörning	14
Kvalitet	15
Orsak till total avsaknad av planteringspunkter inom ett planteringsställe	15
Ytstruktur eller blockkvot	15
Andel planteringsställena utan planteringspunkt	15
Från etableringssynpunkt godkända planteringspunkter	17
Bedömning av de från etableringssynpunkt godkända planteringspunkterna	17
Resultat från bedömning av planteringsställena	18
Terrängkorrektio	20
Medelavstånd mellan kördragscentra	20
Diskussion	21
Val av dragmaskin	21
Ytstruktur	21
Enkelkörning	21
Prestationsmått	21
Prestation per hektar	21
Prestation per körd sträcka	22
Hyggesålder	22
Jämförelse mellan harv och högläggare	22
Körhastighet	22
Markberedningens kvalitet	22
Moränmarker	22
Sedimentmarker	22
Prestation kontra kvalitet	23
Tillämpning av studieresultaten	24
Litteratur	26
BILAGA 1 Val av planteringspunkt, Resultat nr 8, 1989	27
BILAGA 2 Sammanställning av genomförda inmätningar	31
BILAGA 3 Exempel på prestationsnorm för maskinell markberedning	32

Contents

	sid
Summary	7
Background	8
Producing productivity standards: choosing the method	8
Factors influencing productivity and quality	9
Scope of studies	10
Study procedure	11
Productivity study	11
Quality study	11
Planting patch	12
Planting spot	12
Correction for terrain	12
Centre-to-centre distance between passes	12
Results	13
Recorded times	13
Breakdown of time	13
Time per suboperation	13
Productivity	13
Normal operation	13
Single-pass operation	14
Quality	15
Reason for absence of planting spots at a planting set-up	15
Ground roughness or stone incidence	15
Percentage of patches without planting spots	15
Planting spots approved for seedling establishment	17
Assessment of planting spots approved for seedling establishment	17
Results from assessment of patches	18
Correction for terrain	20
Mean centre-to-centre distance between passes	20
Discussion	21
Choice of base machine	21
Ground roughness	21
Single-pass operation	21
Measures of productivity	21
Productivity per hectare	21
Productivity per stretch covered	22
Cutover age	22
Comparison between disc trenchers and mounders	22
Speed of advance	22
Scarification quality	22
Morainic soils	22
Sedimentary soils	22
Productivity versus quality	23
Applications for study findings	24
References	26
APPENDIX 1 Choosing planting spots, Resultat 8/1989	27
APPENDIX 2 Overview of measurements made	31
APPENDIX 3 Example of productivity standard for mechanized scarification	32

Sammanfattning

Maskinell markberedning ingår idag som en naturlig skogsvårdsåtgärd på så gott som all förnygringsareal i Sverige. Behovet av säkra produktionsnormer är därför stort. Skogsarbeten har därför under 1989 genomfört ett antal studier för att utvärdera hur produktionen vid maskinell markberedning påverkas av olika faktorer.

Vanliga kombinationer av dragmaskin och burna aggregat har studerats. Studiernas tyngdpunkt ligger på harvar (Donaren

280) men högläggare (Donaren 870 H) har också studerats. I huvudsak har studierna bedrivits i normal svensk skogsmark, dvs moränmarker med relativt stort inslag av block och sten.

I Redogörelsen presenteras hur prestationen, uttryckt i markberedd sträcka per timme (studietid, m/G₀-h), påverkas av hyggets ytstruktur och lutning samt av stubbar och trädrester. Dessutom visas vilken genomsnittlig kvalitet som kan förväntas med driven harv vid beräk-

nad prestation. Arbetets kvalitet påverkas av faktorerna blockkvot, jordart, markfuktighet, ytstruktur, trädrester, humustjocklek samt av ståndortens geografiska läge.

Med stöd av de presenterade sambanden och kunskap om lokala förhållanden är det relativt enkelt att själv konstruera en prestationsnorm. I slutet av Redogörelsen lämnas också exempel på hur en blankettbaserad sådan kan se ut.

Summary

In Sweden, mechanized scarification today is a natural part of site-preparation work on almost all regeneration sites. In view of the obvious importance of productivity norms, during 1989 the Institute investigated the effect that different factors had on productivity in mechanized scarification.

The study covered conventional combinations of base machine and carried units, with the emphasis on disc trenchers (Donaren 280), although mounders (Donaren 870 H) were also

studied. For the most part, the operations studied were carried out in typical Swedish conditions, i.e. on morainic soils with a high incidence of rock and stone.

This report shows how ground roughness, slope, stumps and tree residuals affect scarifier productivity, expressed in metres per productive hour. The average standard of work that can be expected from a driven-disc trencher at the given level of productivity is also shown. Factors that affect the quality of

the work include incidence of stones, soil type, moisture content, ground roughness, tree residuals, thickness of humus layer and the geographic location of the site.

Using a combination of the correlations defined in the report together with knowledge of local conditions, it should be fairly easy for individual enterprises to draw up their own productivity standards. An example of a form-based routine for this is included at the end of the report.

Bakgrund

Någon form av markberedning utförs idag på i stort sett all för- yngringsareal i Sverige. Mark- beredningen är till övervägande del mekaniserad. Eftersom den

na verksamhet således är om- fattande, finns ett stort behov av aktuella och rättvisande under- lag för prestationsnormer.

Skogsarbeten har under 1989

genomfört ett flertal studier för att kunna förse företagen med sådant material. Resultatet av arbetet redovisas i denna Redo- görelse.

Metodval vid utarbetandet av prestationsunderlag

Vid utarbetandet av presta- tionsnormer är det möjligt att gå tillväga på flera olika sätt. Bergstrand (1985) skiljer exem- pelvis på fyra olika metoder:

Nedbrytning av övergripande mål

Arbetsstudier

Driftuppföljning

Informella metoder

Vilken metod som skulle utnyttjas vid Skogsarbetens in- satser inom detta område har diskuterats med representanter

för svenskt skogsbruk. Dessa dis- kussioner har utmynnat i nedan- stående grundprinciper för hur arbetet ska bedrivas.

- Arbetsstudier bör vara hu- vudmetoden för framtagning av underlag för prestations- normer.
- De underlag som publiceras av Skogsarbeten ska ligga på "studienivå", dvs den nivå som uppnås vid störningsfria förhållanden med rätt metod, intrimmad utrustning och goda till skickliga operatörer.

- Det måste ankomma på före- tagen att vid tillämpning av underlagen bedöma hur de egna underlagen ska nivå- läggas i förhållande till studienivån.
- Underlagen ska ta hänsyn till de kvalitativa målen för varje arbetsoperation.

I vårt arbete med att ta fram underlag för prestationsnormer för markberedning har dessa principer i stor utsträckning kunnat följas.

Prestations- och kvalitetspåverkande faktorer

Markberedning är en arbetsoperation där prestationen och kvaliteten påverkas av flera faktorer.

För att studiearbetet inte skulle bli alltför omfattande grupperades faktorerna i olika studienivåer. Grupperingen baserades på tidigare erfarenheter av hur de individuella faktorerna påverkar arbetet. På delytenivå

rangordnades också faktorerna, och denna prioritering utnyttjades vid uppdelningen av hyggena i mindre delar, en uppdelning som möjliggjordes av den tämligen stora naturliga variationen inom samma hygge. På så sätt kunde flera faktorer studeras samtidigt inom samma studieobjekt. I tabell 1 anges vilka

faktorer som har studerats och på vilken studienivå.

Vid bearbetningen av studiematerialet användes ytterligare en studienivå, nämligen de provytor som lades ut. Provytorna utgjordes av representativt utvalda delsträckor inom varje delyta. Studieuppläggningsen åskådliggörs i figur 1 sid 11.

Tabell 1. Faktorer för markberedning som studerats.

Faktor	Studienivå	Prioritet	Registrerad inverkan på prestationen	Registrerad inverkan på kvaliteten
Ytstruktur	Delsträcka	1	Ja	Ja
Lutning	Delsträcka	1	Ja	Nej
Markfuktighet	Delyta	1	Nej	Ja
Jordart	Delyta	2	Nej	Ja
Blockkvot	Delyta	3	Nej	Ja
Stubbar	Delyta	4	Ja	Ja
Trädrester	Delyta	5	Ja	Ja
Humustjocklek	Delyta	6	Nej	Ja

Studiernas omfattning

I tabell 2 finns en sammanställning över genomförda studier. Av tabellen framgår studerade ekipage, lokalitet och studiernas omfattning. Vidare redovisas huvudsyftet med varje studie. Uppgifter om alla i tabell 1 angivna påverkande faktorer insamlades

dock i samtliga studier. De studienummer som angetts i tabellen används fortsättningsvis i redovisningen. Studierna har huvudsakligen utförts på ekipage med markberedningsaggregat av typen driven harv och dragmaskinerna har i samtliga fall,

utom i studie 6, varit utrustade med hydrostatisk drift. Om inte annat uttryckligen anges gäller redovisade resultat för ekipage utrustade med driven harv och där dragmaskinen har hydrostatisk drift (studie 1-4).

Tabell 2 Genomförda studier.

Studie	Huvudsyftet med studien.	Ekipage	Omfattning	Landskap
1	Medelsv-svår terräng	Donaren 280 FMG 280	17 500 m ≈ 8 ha	Dalarna
2	Lätt terräng Tjock humus	"	5 600 m ≈ 2,5 ha	"
3	Medelsv-svår terräng	Donaren 180 * FMG 280 **	23 100 m ≈ 10,5 ha	Hälsingland
4	Stubbar	"	6 300 m ≈ 3 ha	"
5	Lätt terräng	Donaren 870H ÖSA 260	7 800 m ≈ 3 ha	Ångermanland
6	Jmf mellan harv och högläggare	Donaren 280 Valmet 892 Donaren 870H Hemek Ciceron	1000 m ≈ 0,5ha 1000 m ≈ 0,5 ha	Småland "

* Konverterad till Donaren 280 (driven harv).

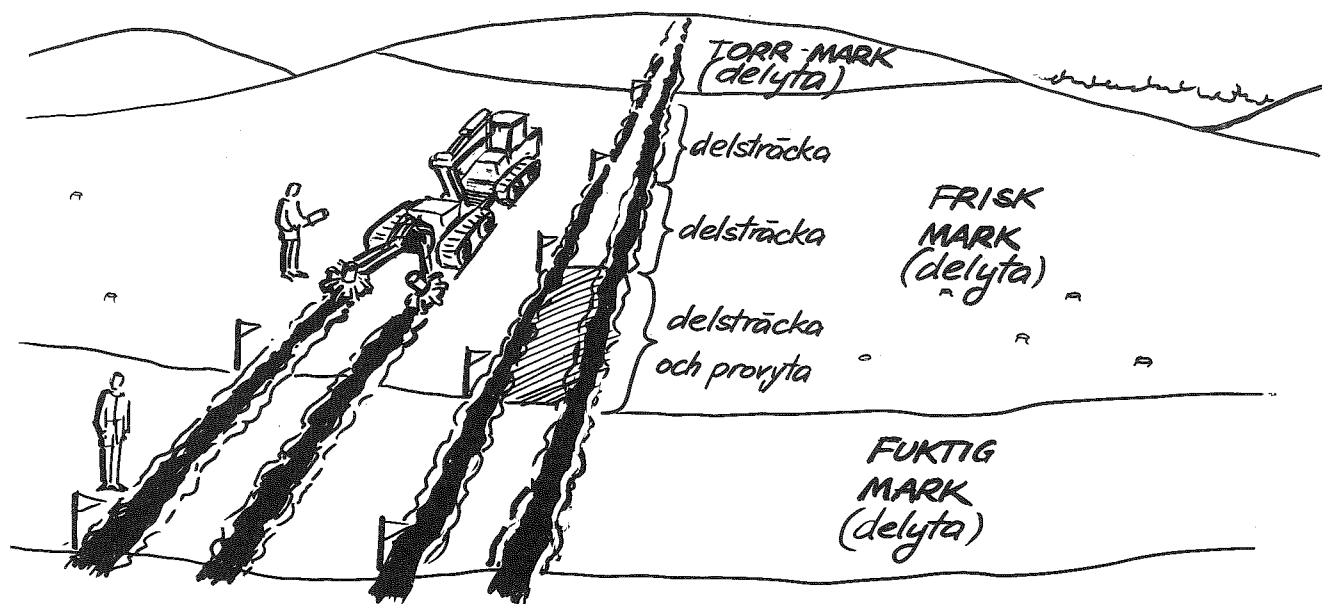
** Avkortad version, se sid 13.

Studieuppläggnig

Uppläggnig av studierna gjordes främst med utgångspunkt i att de prestationspåverkande faktorerna (se bilaga 2)

skulle identifieras och kvantifieras. Prestationen mättes därför genom att fortlöpande studera markberedningsarbetet. Ar-

betets kvalitet klassificerades sedan på provytor utlagda på representativa delsträckor inom delytorna.



Figur 1. Schematisk beskrivning av studieuppläggnig.

Prestationsstudie

Fortlöpande under markberedningsarbetet indelades delytorna i delsträckor. För varje delsträcka registrerades tidsåtgång samt delsträckans längd, ytstruktur och lutning. Avpålningen av delsträckorna gjordes förutom då någon av faktorerna förändrades också vid delytegränserna.

Studiearbetet genomfördes av två förrättningsmän. Den ena noterade momenttider och på-

lade av delsträckorna. Den andra mätte in varje delsträckas längd, lutning och uppskattade ytstrukturklassen okulärt. Vid uppskattningen av ytstrukturklass användes i förväg inmätta referenspunkter på delytenivå.

Kvalitetsstudie

Det kvalitativa resultatet inmättes genom att delsträckor som var representativa för delytan utnyttjades som provytor. Inom varje delyta lades 4-5 provytor ut

i samband med prestationsstudien. Tillsammans omfattade provytorna ca 100 m markberett dubbelspår per delyta.

På varje provyta klassificerades antalet möjliga planteringsställen och de ur etableringssynvinkel godkända planteringspunkterna noterades inom varje planteringsställe. För inmätning av planteringspunkterna användes en metod som utarbetats av Adelsköld och Örlander (Bilaga 1).

Planteringsställe

Med planteringsställe avses den markberedda yta inom vilken det finns en eller flera planteringspunkter. För att uppskatta antalet möjliga planteringsställen på provytan gjordes en fiktiv plantering som så långt möjligt skulle efterlikna praktisk plantering. Medelavståndet mellan plantorna skulle i genomsnitt vara två meter. Avståndet mellan två plantor fick dock variera mellan en och tre meter. Om någon från etableringssynpunkt godkänd planteringspunkt inte gick att finna inom intervallet 1–3 m noterades orsaken. Inventeringsrutinen åskådliggörs i figur 2.

Planteringspunkt

Inom varje planteringsställe urskildes de från etableringssynpunkt godkända planteringspunkterna. Följande generella krav gällde:

- Arean sammanhängande blottlagd mineraljord i planteringsstället ska vara minst 4x5 dm (20 dm²). Då medräknas även mineraljord som ligger ovanpå omvänd torva eller obearbetad humus samt i mineraljorden frilagda stenar.
- Planteringspunkten ska kunna placeras minst 20 cm från obearbetad humus, dvs där markvegetationen är opåverkad.

Planteringspunkterna redovisas översiktligt i figur 3. I övrigt se bilaga 1.

Terrängkorrektur

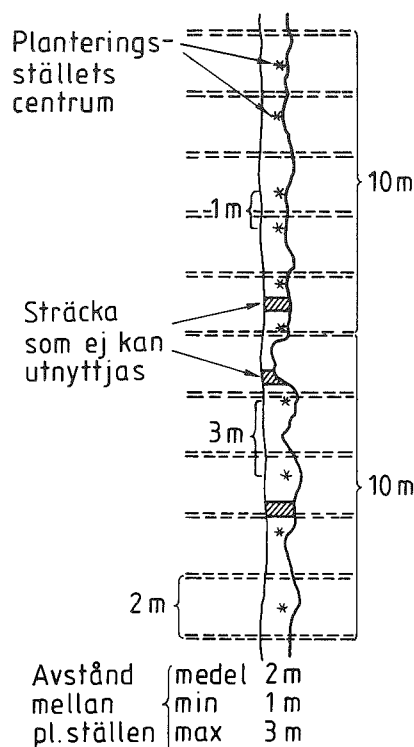
Under tidsstudien uppmättes med trådmätare den sträcka maskinen kört. Detta inmättningsförfarande tar inte hänsyn till mindre ojämnheter i terrängen, vilket medför att den av maskinen tillryggalagda sträckan är något längre än den uppmätta.

För att erhålla ett mått på relationen mellan mätt och körd

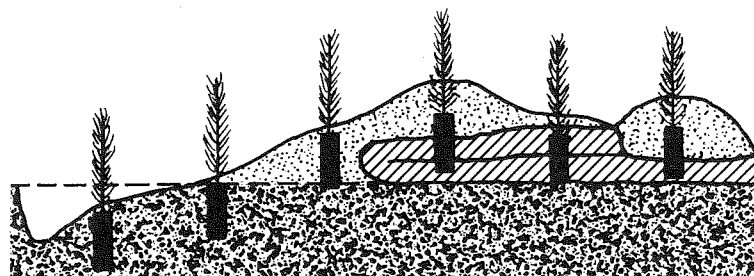
sträcka, terrängkorrektur, noterades på vissa delsträckor hur långt maskinens bakhjul rullat i relation till den inmätta sträckan. Ekipagens ordinarie längdmätningstrustning utnyttjades för att erhålla den sträcka bakhjulen rullat.

Avstånd mellan kördraagscentra

Vid inmätningen av provytorna noterades avståndet mellan kördraagscentra. Avståndet registrerades som ett medelvärde av 6–8 intilliggande kördrag.



Figur 2. Schematisk beskrivning av inventeringsrutinen för planteringsställen.



Figur 3. Förenklad beskrivning av de från etableringssynpunkt godkända planteringspunkterna.

Resultat

Uppmätta tider

Insamlingen av data gjordes genom att markberedarna kontinuerligt följdes under en tidsperiod som varierade från någon dag till en hel vecka. Härigenom erhöles genomsnittliga värden för hur tiden utnyttjades vad gäller både dess fördelning på olika moment och dess absoluta storlek.

Tidsfördelning

I tabell 3 redovisas markberedningsarbetets tidsfördelning. Redovisade moment avser G_0 -tid, exklusive tidsåtgång för längre förflyttningar, t ex enkelkörning* i branta partier. Materialet är hämtat från studierna 1-5 och gäller på delytenivå.

Den relativt stora andelen vändningstid förklaras av det körmonster som tillämpades. Körningen utfördes drag vid

drag, vilket medför att vändning måste ske före varje nytt drag.

Förflyttning avser kortare förflyttningar på hygget exklusive enkelkörning. Tidsrelationerna gäller för medelsvåra terrängförhållanden och angivet körmonster.

Momenttider

I tabell 4 redovisas uppmätt körhastighet på delsträckenivå och enskilda momenttider per tillfälle. Materialet omfattar studie 1-5.

Dragmaskinen i studie 3 och 4 var avkortad ca 1 m i förhållande till originalutförandet. Förarna av ekipaget uppgav att detta gjorde att tidsåtgången vid vändning minskade. Vändningstiderna jämfördes därför med dem för en maskin av normallängd, studie 1. Den avkortade maskinen uppvisade 20-30 % lägre tidsåtgång vid vändning under i övrigt likartade förhållanden.

Prestation

Markberedningen har i den följande redovisningen delats in i normal körning och enkelkörning. Med normal körning avses sådan markberedning som inte begränsas av hyggets lutning. Enkelkörning omfattar markberedning endast nerför sluttningarna.

Normal körning

Studiematerialet för normal körning har bearbetats på olika sätt för att få fram svårighetsfaktorernas inverkan på prestationen. Inverkan från ytstruktur och lutning har bestämts direkt med delsträckan som enhet. Stubbarnas påverkan har bestämts på delytenivå vid en direkt jämförande studie. Trädresterna, i sin tur, har undersökts indirekt på delytenivå och provytenivå.

Ytstruktur och lutning

Ytstrukturklassen bestäms definitionsmässigt av antalet hinder och deras höjd inom den yta som ska klassas. Observera att stubbarna inte räknas som hinder.

Vid bearbetning av de olika studierna noterades att förarna hade kört med något olika hastighet. För att kunna jämföra resultatet mellan studierna var det därför nödvändigt att uttrycka hastigheten i relativa tal. Därför fick den relativa hastigheten hos kombinationen $Y = 1$ och $L = 1$ värdet 100. Resultatet av en sådan bearbetning återges i tabell 5. I tabellen ingår samtliga, studerade delsträckor med harvarna (studie 1-4). Av tabellen framgår att hastigheten avtar med ökande ytstruktur- och lutningsklass.

Tabell 3. Markberedningens relativa tidsfördelning med tillhörande maximi- och minimivärden på delytenivå (studie 1-5).

Moment	Tidsfördelning, %	Min, %	Max, %
Körning vid markberedning	86	79	90
Vändning	10	8	14
Förflyttning	1	0	3
Backning	3	1	5

Tabell 4. Uppmätt körhastighet per delsträcka och momenttider per tillfälle med tillhörande maximi- och minimivärden.

	Medel	Min	Max
Körhastighet, m/min	30	12	48
Vändning, cmin/tillfälle	91	30	220
Backning, cmin/tillfälle	77	10	330
Förflyttning, cmin/tillfälle	55	10	250

* Med enkelkörning avses sådan markberedning där föraren på grund av lutningen endast kan markbereda nerför sluttningen och tvingas förflytta maskinen utan markberedning uppför.

Tabell 5. Uppmätt relativ hastighet vid varierande ytstruktur och lutning. Siffrorna inom parentes anger antalet observationer.

		Ytstrukturklass			
		1	2	3	4
Lutningsklass	1	100 (161)	82 (183)	80 (85)	69 (22)
	2	85 (149)	78 (146)	70 (68)	68 (9)
	3	80 (13)	67 (46)	60 (28)	58 (2)

Eftersom tabellen är symmetrisk kan ytstruktur- och lutningsklass adderas till en terrängpoäng. I det här fallet skulle terrängpoängen följaktligen variera mellan 2 och 7.

Sambanden i tabell 5 kan även uttryckas i form av en funktion vilken också har utnyttjats för att beräkna inverkan av övriga påverkande faktorer. Den funktion som använts är:

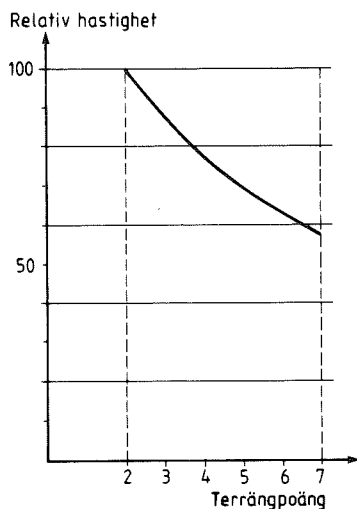
$$RH = 100 / ((0,14 \cdot P) + 0,72)$$

där

RH = relativ hastighet

P = terrängpoäng

Funktionen liknar till sin principiella uppbyggnad de funktioner som konstruerats för att beskriva en skördares förflyttning mellan olika uppställningsplatser (Brunberg, 1988). Modellen åskådliggörs grafiskt i figur 4.



Figur 4. Relativ hastighet vid varierande terrängpoäng.

Den uppmätta absoluta hastigheten vid relativa hastigheten 100 var i genomsnitt 35,5 m/G₀ min.

Trädrester

Risets inverkan på körhastigheten har beräknats på provyte- och delytenivå. I tabell 6 återges den uppmätta skillnaden i hastighet beroende på trädrestklassen hos provytorna och delytorna. Antalet stubbar per hektar på delytenivå har inte påverkat trädrestklassen.

Variationen i körhastighet beroende på trädrestklass är som framgår av tabell 6 liten. Endast trädrestklass 2 och 3 förekommer i materialet. De är också vanligast på normala hyggen.

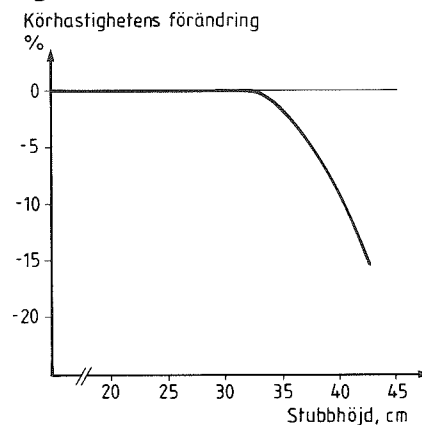
Tabell 6. Beräknad procentuell skillnad i körhastighet för olika trädrestklasser.

Trädrestklass	Provytor	Delytor
2	+ 5	+ 4
3	0	0

Stubbar

Som tidigare nämnts ingår inte stubbarna vid bedömningen av ytstrukturklassen. Normala kombinationer av stubbhöjd och -antal finns i studiematerialet men har inte gett något utslag vid bearbetningen. Är stubbarna däremot höga och grova, kommer de att utgöra ett hinder vid markberedningen. För att fastställa stubbarnas effekt på kör-

hastigheten genomfördes en direkt jämförande studie (studie 4). Då kunde konstateras att höga och grova stubbar sänker hastigheten hos markberedaren. Resultatet från studien framgår av figur 5.



Figur 5. Körhastighetens förändring vid ökande stubbhöjd för medelgrova och grova stubbar.

Av figur 5 framgår att körhastigheten inte påverkas förrän stubbarna når en aritmetisk medelhöjd av ca 30 cm. Därefter avtar hastigheten snabbt. Vid normal avverkning är stubbhöjden ca 20 cm. Den redovisade prestationssänkningen gäller för normalt antal stubbar på hygget. Antalet stubbar/ha varierade i studierna mellan 350 och 1 050.

Övriga undersökta svårighetsfaktorer

Från övriga faktorer som undersökts har ingen påverkan kunnat säkerställas. De har antingen inte gett något utslag eller också har utslaget blivit olika på provyte- och delytenivå.

Enkelkörning

Enkelkörning eller markberedning i enbart en riktning föranleds vanligtvis av brant terräng. Hur enkelkörningen genomförs beror till stor del på vilka möjligheter det finns att vända vid slutningens övre del. Är förutsättningarna dåliga, backas maskinen upp för slutningen och markberedningen görs nerför. I studierna var möjligheterna att vända goda, varför maskinen

kördes uppför med lyft aggregat. Den största lutning som uppmättes vid markberedning i uppförs-lut var 25 %. Motsvarande lutning i nerförslut noterades till 35 %.

De nedförslut som är möjliga att klara bestäms inte enbart av lutningens storlek utan även av stenförekomsten. Stenrika marker försvårar utförskörningen och det finns risk för att maskinen halkar på stenarna. Ytstrukturen hos de brantaste slutningarna motsvarade klass 2. Det är således möjligt att ännu brantare slutningar kan markberedas om ytstrukturklassen är bättre. Säkerhetsaspekten kan dock vara begränsande.

Tidsåtgång för enkelkörning

För beräkning av den extra tid enkelkörningen medför kan studierna bilda ett visst underlag. Materialet är dock begränsat och bör därför tillmätas motsvarande värde.

Grovt sett indikerar studierna att tidsåtgången för ett ekipage att ta sig uppför en slutning är densamma som att ta sig nerför. I realiteten är dock körhastigheten uppför högre, eftersom förflyttningen motsvarar tomkörning utan belastning. Terrängen är emellertid ofta sådan att föraren väljer att köra en omväg för att komma upp till toppen av slutningen.

Kvalitet

Uppföljningen av kvaliteten syftade till att ange en genomsnittlig kvalitetsnivå för prestationsstudierna. Underlaget till bedömningen utgörs av totalt 86 provytor. Dessa representerar de genomsnittliga förhållandena på de markberedningsobjekt där harvarna studerats.

Hyggena var relativt steniga, vilket innebar att provytorna fick motsvarande egenskaper. Provytematerialet har därför i efterhand förtätats med provytor på marktyper med låg stenighet och på samma hygge som utnyttjades i studie 3. Allmänt kan sä-

gas att provytematerialet endast omfattar moränmarker.

Orsak till total avsaknad av planteringspunkter inom ett planteringsställe

Förutom de beskrivna planteringspunkterna angavs vid inventeringen om planteringsstället saknade planteringspunkt. Om så var fallet angavs orsaken. Av tabell 7 framgår den procentuella fördelningen av orsakerna. Tabellen visar att huvudorsaken till att ingen, från etableringssynpunkt godkänd, planteringspunkt inom ett planteringsställe kunde registreras beror på förekomsten av sten.

Tabell 7. Orsak till total avsaknad av planteringspunkt inom ett planteringsställe.

Orsak	%
Sten	66
Stubbe	14
Ris	20

Ytstruktur eller blockkvot

Då mängden sten inom en yta ska beskrivas är det möjligt att välja mellan begreppen ytstruktur eller blockkvot. Ytstrukturen återger som namnet anger bl a mängden och höjden hos de stenar som finns ovanför markytan.

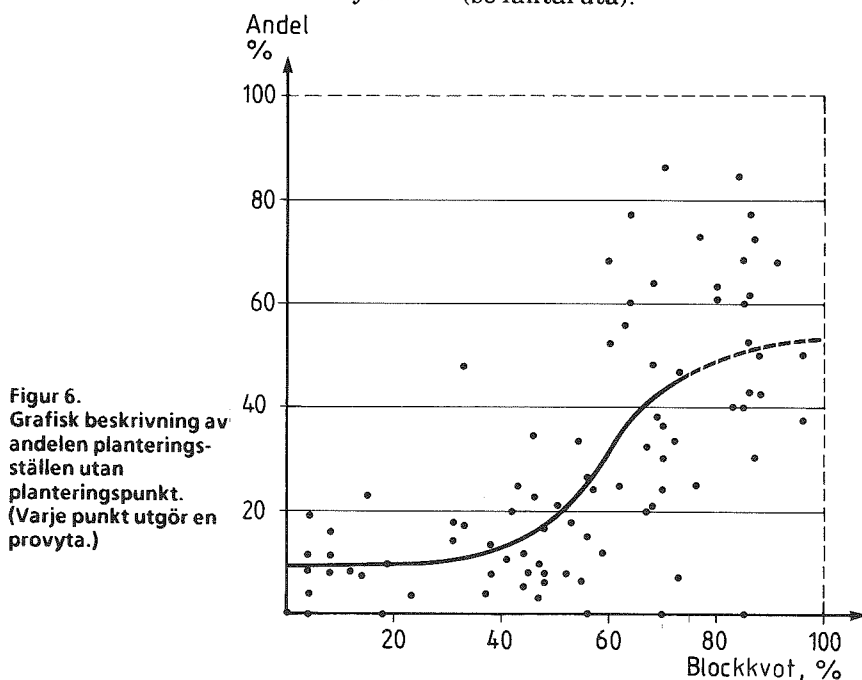
Blockkvoten är ett vidare begrepp som förutom mängden sten ovan markytan innefattar mängden sten under markytan ner till ett djup av 20 cm. Huvudskälet till att använda blockkvoten som förklarande variabel till det kvalitativa utfallet är att den utgör ett vidare begrepp. Därutöver kan anföras att

- ytstrukturen om den uttrycks i klasser blir ett relativt trubbigt instrument som för att bli bra måste kompletteras med blockkvoten.
- tillsynes släta marker med låg ytstruktur kan innehålla en hel del sten som påverkar markberedningsresultatet.

Andel planteringsställen utan planteringspunkt

Med begreppet planteringsställen utan planteringspunkt avses sådana planteringsställen som totalt saknat, från etableringssynpunkt godkända, planteringspunkter. I figur 6 beskrivs grafiskt hur dessa varierar med blockkvoten.

Som framgår av figuren påverkas andelen planteringsställen utan planteringspunkt i ganska ringa omfattning upp till en blockkvot om ca 40 %. Därefter stiger andelen snabbt för att över 70 % blockkvot plana ut. Kurvan beskriver det grafiskt utjämnade värdet hos punkterna (se faktaruta).



Figur 6. Grafisk beskrivning av andelen planteringsställen utan planteringspunkt. (Varje punkt utgör en provyta.)

Det kan förefalla lite egendomligt att andelen planteringsställen utan planteringspunkt inte är 0, då blockkvoten antar värdet 0. Orsaken är att det finns andra påverkande faktorer, nämligen ytstrukturklassen, trädrestklassen och humustjockleken. I tabell 8 återges det beräknade värdet för hur dessa faktorer påverkar resultatet.

Om värdena i tabell 8 används till att beräkna andelen planteringsställen utan planteringspunkt bör observeras att faktorsvärdena inte är jämnt fördelade över blockkvoten. Ytstrukturklasserna 2, 3 och 4 är koncentrerade till de högre blockkvoterna. Detsamma gäller för trädrestklassen 3. Vad gäller klasserna för humustjocklek så är de ganska jämnt fördelade över blockkvoten.

Tabell 8. Procentuell andel planteringsställen utan planteringspunkt för olika faktorsvärden. De procentuella andelarna återger skillnaden mellan olika klasser i förhållande till den redovisade kurvan i figur 6.

Faktor	Faktorsvärde	Andelen planteringsställen utan planteringspunkt, %
Ytstrukturklass	1	-4
	2,3,4	+6
Trädrestklass	2	-3
	3	+7
Humustjocklek	0-6 cm	-1
	6-15 cm	+2

I övrigt bör viss försiktighet iakttas vid användningen av ovanstående procentuella skillnader (speciellt humustjockle-

en), eftersom de inte är ett resultat från en direkt jämförelse utan endast ett framräknat medelvärde för hela materialet.

Vid kvantifiering av orsakerna till att vissa planteringsställen saknar planteringspunkt har en blandning av olika beräkningstekniker använts. Bakgrunden till detta är att de samband som registrerats var så komplicerade att de inte lät sig behandlas med traditionell regressionsteknik.

I figur 6 redovisas andelen planteringsställen utan planteringspunkt vid olika blockkvot på provytanivå. Blockkvoten är huvudvariabel och övriga påverkande faktorer har karaktären av dummyvariabler.

Punktsvärmen i figur 6 är S-formad, och en flexibel funktionstyp (Richards F J, 1959) med ett sådant utseende anpassades därför grafiskt till materialet i ett första steg.

Funktionen har nedanstående utseende.

$$S = 10 + 45 \cdot ((1 - 1401,5458)^{-(B/100)})^{55,553}$$

där

S = andelen planteringsställen utan planteringspunkt, %

B = blockkvoten, %

Utifrån denna funktion och de verkliga mätningarna beräknades residualen för varje inmätt provyta, dvs avståndet i y-led mellan varje enskild punkt och kurvan i figuren.

Residualerna fick sedan utgöra beroende variabel, och ytstrukturklass, trädrestklass och humustjocklek fick vara oberoende variabler i en traditionell analys med multipel regression. Ur denna kunde påverkan från sistnämnda variabler beräknas.

Från etableringssynpunkt godkända planteringspunkter

Planteringspunkternas fördelning inom planteringsställena i förhållande till blockkvoten återges i tabell 9. Det bör uppmärksammas att ett planteringsställe kan innehålla fler än en planteringspunkt. Planteringsställena utan planteringspunkt har behandlats i föregående avsnitt.

Av tabell 9 framgår att

- oavsett blockkvot blir fördelningen av planteringspunkterna relativt likartad,
- andelen godkända planteringspunkter är högst när det gäller den näst lägsta planteringspunkten.

Särskilt intresse tilldrar sig de tre punkter som representerar plantering i humus. En specialbearbetning av materialet visar att de till övervägande del förekommer i olika planteringsställena. Detta innebär att de angivna värdena i princip kan adderas för att erhålla andelen planteringspunkter i humus. Detta förhållande påverkas inte heller av blockkvoten.

Bedömning av de från etableringssynpunkt godkända planteringspunkterna

För en vidare bedömning av de från etableringssynpunkt godkända planteringspunkterna ska även hänsyn tas till ståndorten. Denna betingas av markfuktighetsklassen, jordartens textur och risken för torka efter planteringen (se bilaga 1). Ståndortstyperna beskrivs schematiskt i figur 7.

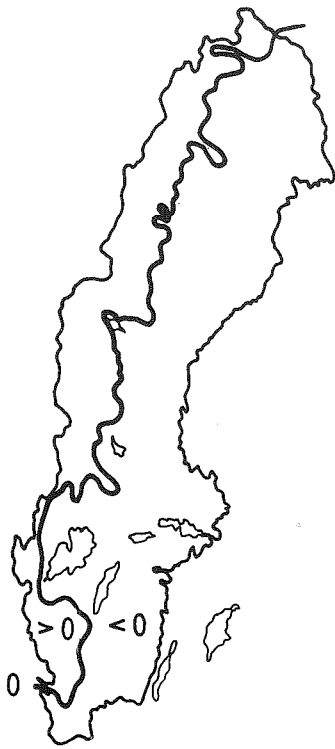
Inom varje ståndortstyp har planteringspunkterna klassats i tre typer, godkända, med tvekan godkända eller underkända. Hur dessa är definierade beroende på ståndortstypen framgår också av figuren.

Tabell 9. Procentuell andel inmätta planteringspunkter av antalet planteringsställena med någon från etableringssynpunkt godkänd planteringspunkt.

Blockkvot, %	Planteringspunkt					
	1	2	3	4	5	6
0 - 25	82	93	45	13	9	1
26 - 50	57	92	41	24	12	2
51 - 75	45	89	31	14	11	4
76 - 100	54	91	19	5	8	2

RISK FÖR TORKA	MARKFUKTIGHET	JORDARTENS TEXTUR	
		Grov och medelgrov	Fin
Liten	Torr		
	Frisk		
	Fuktig		
Stor	Torr		
	Frisk		
	Fuktig		

Figur 7. Klassning av planteringspunkter i godkända (inringade), med tvekan godkända (utan markering) och underkända (med kryss).



Figur 8. Humiditet för perioden 30-60 dagar efter vegetationsperiodens början. (Efter Eriksson B, 1986.) Gränsen (0) anger var nederbörd och avdunstning är lika stora vid denna tidpunkt.

Någon uppdelning av data-materialet på stor och liten risk för torka är inte meningsfull, eftersom detta är en ren klimatfaktor. I det följande används därför samma provtyper vid både stor och liten risk för torka. Av figur 8 framgår hur risken för torka varierar i olika delar av landet.

Kartan återger gränsens läge då humiditeten åsatts värdet 0. Linjens läge gäller för perioden 30-60 dagar efter vegetationsperiodens start. Aktuell period i södra Sverige är ungefär 15 maj - 14 juni, i norra Sverige ungefär 1 juni - 30 juni. Perioderna sammanfaller i stort sett med den intensivaste planteringssäsongen.

Resultat från bedömning av planteringsställena

Vad gäller kvalitetsuppföljningen omfattar hela materialet som tidigare nämnts 86 provtyper. Deras fördelning på olika ståndortstyper framgår av tabell 10.

Genom att ansätta bedömningsschemat i figur 7 samt ris-

Tabell 10. Antal provtyper inom olika ståndortstyper.

Markfuktighet	Jordartstextur	
	Grov till medelgrov	Fin
Torr	8	-
Frisk	58	8
Fuktig	4	8

ken för torka på de inmätta planteringspunkterna erhålls tabell 11.

Indelningen i tabell 11 är gjord så att planteringsställena klassificeras efter den bästa planteringspunkten inom planteringsstället. Vid klassningen har således varje planteringsställe åsatts någon av klasserna godkänd, med tvekan godkänd, underkänd eller utan planteringspunkt. Som framgår av tabellen är andelarna underkända planteringsställena och sådana utan planteringspunkt desamma vid stor och liten risk för torka.

Tabell 11. Fördelning av planteringsställenas godhetsklass över ståndortstyp vid olika risk för torka.

Jordartstextur	Ståndortstyp									
	Grov - medelgrov						Fin			
	Torr		Frisk		Fuktig		Frisk		Fuktig	
Risk för torka	Stor	Liten	Stor	Liten	Stor	Liten	Stor	Liten	Stor	Liten
Antal provtyper	8		58		4		8		8	
Blockkvot, %	75		65		37		18		11	
Utan planteringspunkt	23		37		19		14		10	
Underkända	0		4		46		44		44	
Med tvekan godkända	1	6	1	33	0	0	4	27	25	25
Godkända	76	71	58	26	35	35	38	15	21	21

Planteringsställena utan planteringspunkt

Det bör uppmärksammas att andelen planteringsställena utan planteringspunkt på torr mark med jordartstexturen grov till medelgrov är relativt låg trots att blockkvoten är hög. Skälet till detta är dels att bedömnings-schemat accepterar låga planteringspunkter på den ståndorten, dels att på de aktuella provytorna fanns mycket jord mellan stenarna. Orsaken till det senare finns troligen att söka i att samtliga provytor hos denna ståndortstyp legat över högsta kustlinjen och således inte varit utsatt för någon svallning.

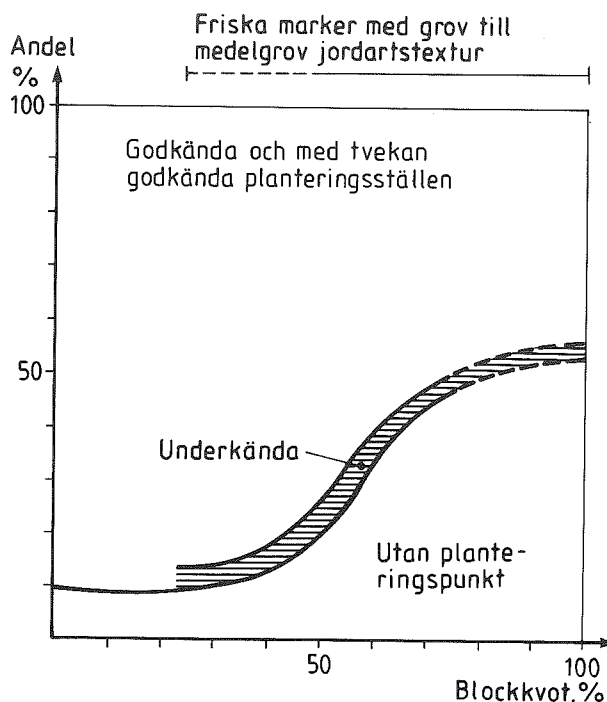
Underkända planteringsställena

På fuktiga och finjordsrika marker är andelen underkända planteringsställena hög. Tabellen visar också att på torra och friska marker är andelen låg. Förhållandena åskådliggörs grafiskt i figur 9 och 10.

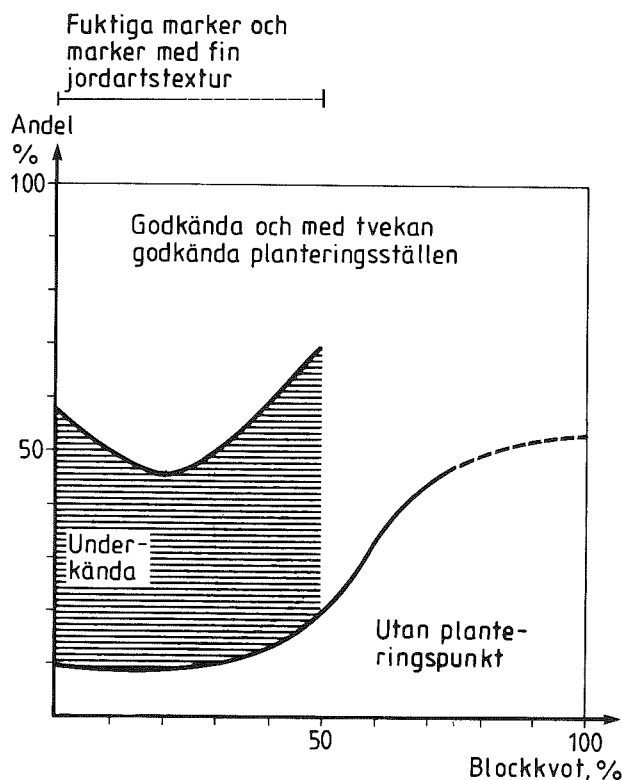
Som framgår av figurerna överlappar de olika ståndortstyperna varandra, sett över blockkvoten. Ståndorten har således stor betydelse då andelen underkända planteringsställena ska bedömas.

Med tvekan godkända och godkända planteringsställena

Vid bedömning av andelen med tvekan godkända och godkända planteringsställena måste förutom ståndorten hänsyn tas till risken för torka. Allmänt kan sägas om andelen godkända planteringsställena att resultatet blir sämre ju fuktigare och finare jordartstextur ståndorten har. Dessutom inverkar klimatet så att ju högre humiditet desto sämre resultat. Orsaken finns att söka i att dessa faktorer gynnar höga planteringspunkter och missgynnar låga (jfr figur 7).



Figur 9. Grafisk beskrivning av planteringsställena på friska marker med grov till medelgrov jordartstextur.



Figur 10. Grafisk beskrivning av planteringsställena på fuktiga marker och marker med fin jordartstextur.

Terrängkorrektion

Förutom körning i terräng studerades även körning på grusväg. Körning i terräng avser medelvärde för och nerför lutningar i förekommande fall. Dessutom gjordes mätningarna under pågående markberedning.

I tabell 12 återges resultatet fördelat på de båda maskiner som deltagit i studierna.

Den redovisade skillnaden beror inte enbart på maskinutrustningen utan även på skillnader i terrängen.

Tyvärr är det insamlade data-materialet begränsat med avseende på ytstruktur och lutning. Det indikerar dock att en ökning med en ytstrukturklass eller en lutningsklass ökar terrängkorrektionen med 4 procentenheter.

Medelavståndet mellan kördragscentra

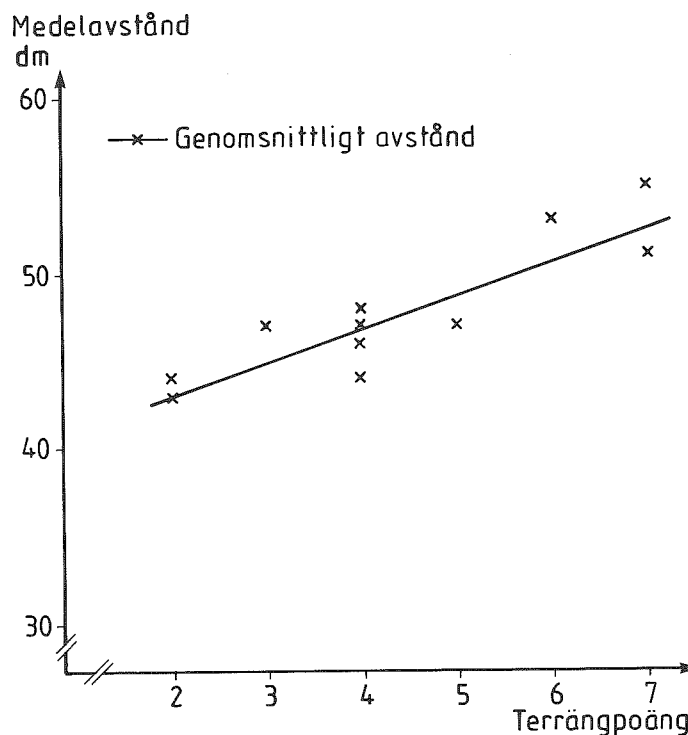
I samband med inventeringen av kvalitetsprovytorna noterades även avståndet till närmaste markberedningsstråk. Förutom information om de praktiska köravstånden visar materialet att avståndet mellan kördragscentra ökar med ökande terrängpoäng (se avsnitt normal körning). I figur 11 åskådliggörs de uppmätta avstånden grafiskt.

Orsaken till att avståndet mellan kördragscentra ökar med ökande terrängpoäng beror på att förarens möjligheter att välja väg i terrängen då minskar.

Det uppmätta medelavståndet om 43 dm vid terrängpoängen 2, stämmer bra med praktiska erfarenheter. Avståndet representerar det minsta avstånd som kan tillämpas utan att intilliggande spår harvas igen med den här typen av utrustning.

Tabell 12. Uppmätt terrängkorrektion (kvoten mellan körd och mätt sträcka).

Maskin	Körning på grusväg	Körning i terräng	Ytstrukturklass	Lutningsklass
FMG 280 (8-hjul)	1,00	1,13	1	1
FMG 280 (6-hjul)	1,00	1,22	2	2



Figur 11. Uppmätt medelstråvstånd hos delytor med olika terrängpoäng. Varje kryss återger medelavståndet inom en delyta.

Diskussion

Val av dragmaskin

De maskiner (FMG 280) som ingick i studie 1-4 representerar en modern maskinkonstruktion. Karaktäristiskt för maskintypen är att den är motorstark och försedd med hydrostatisk drift. Motorstyrkan gjorde att maskinerna inte hade några nämnvärda dragkraftsproblem ens under besvärliga terrängförhållanden. Den hydrostatiska driften gav också en jämn och lugn framryckning över hindren. Hade en motorsvagare basmaskin valts är det troligt att detta gett en större sänkning av framryckningshastigheten än som framgår av de redovisade sambanden. Detsamma gäller om maskinerna varit försedda med hydrodynamisk drift i stället för hydrostatisk.

Av de båda basmaskiner som studerades var den ena försedd med boggiutrustning på både bak- och framhjulen, medan den andra saknade boggi fram. Intrycken från studierna var att maskinen med dubbelboggi medförde mindre påfrestningar på föraren. Studieresultaten visar dock att denna maskin framfördes något långsammare. Om detta berodde på maskinens hjulutrustning eller på förarna är svårt att avgöra utifrån studierna.

Ytstruktur

Vid prestationsstudierna klassades ytstrukturen med varje delsträcka som enhet. Av resultatredovisningen framgår att avståndet mellan kördragscentra ökade med ökande terrängsvårighet. Orsaken är att föraren väljer väg med hänsyn till terrängens utseende. Detta är

särskilt tydligt på höga ytstrukturklasser. Är ytstrukturklassen låg är differensen mellan hela ytans ytstrukturklass och den ytstruktur där maskinen kört liten. Vid högre ytstrukturklasser kan skillnaden däremot vara så stor som en hel klass. Detta förhållande bör observeras vid bortsättning av markberedningsarbete.

Enkelkörning

Av resultatredovisningen framgår att underlaget för bedömningen av tidsåtgången för enkelkörning är begränsat. Tidsåtgången för markberedning och körning med lyft aggregat är emellertid endast en del av problemet med att prognostisera enkelkörningen. Det största problemet är kanske att i förväg avgöra vilken väg som är lämpligast att köra uppför. Finns det stickvägar från skotningen i närheten väljer markberedningsföraren ofta dessa. Saknas sådana eller om de ligger alltför långt bort tvingas han att köra uppför i obanad terräng. Sättet att ta sig uppför slutningen påverkar

tidsåtgången och därmed relationen mellan markberedning och körning med lyft aggregat. Sådan enkelkörning som innebär att maskinen backas upp parallellt med det markberedda spåret förekom inte i någon av studierna.

Prestationsmått

För närvarande görs bortsättning av maskinell markberedning både per hektar och per meter körd sträcka. För båda sätten behövs uppgifterna i tabell 13.

I båda fallen behövs säkra uppgifter om körhastigheten. Övriga uppgifter skiljer sig däremot åt.

Prestation per hektar

Både arealen och medelavståndet mellan kördragscentra är svåra att uppskatta, varför den beräknade prestationen blir behäftad med fel. Det är för närvarande svårt att se några lösningar på hur felet ska kunna reduceras utan omfattande inventeringsarbeten före bortsättningen av varje hygge.

Tabell 13. Schematisk uppställning av uppgifter som behövs för bortsättning.

Bortsättning per hektar	Bortsättning per körd sträcka
Uppskattning av körhastigheten under olika terrängförhållanden	Uppskattning av körhastigheten under olika terrängförhållanden
Arealuppskattning	Utrustning för registrering av körd längd
Uppskattning av medelavståndet mellan kördragscentra	Kännedom om terrängkorrektionen för olika terrängtyper

Prestation per körd sträcka

Det finns idag teknisk utrustning som registrerar maskinens körda sträcka. Registreringen görs från en givare på kardanaxeln, vilket medför att slirning på något av bakhjulen påverkar mätningen. De redovisade terrängkorrektionerna ligger därför dels på en hög nivå och dels är stegen tämligen stora mellan olika terrängtyper. Ett önskemål är därför att längdmättningsregistreringen ges en teknisk utformning som minimerar denna korrektion.

Hyggesålder

Studierna har genomförts 2-3 vegetationssäsonger efter avverkning. Sker markberedningen kortare eller längre tid efter avverkningen kan både arbetets kvalitet och prestation avvika från de resultat som redovisas här.

Vid markberedning som sker mycket kort tid efter avverkning sänker de relativt stora mängderna kvarvarande trädrester prestationen och försämrar markberedningens kvalitet.

Utförs markberedningen relativt lång tid efter avverkningen kan i första hand kraftig vegetation påverka det kvalitativa resultatet negativt.

Jämförelse mellan harv och högläggare

Föregående redovisning har endast behandlat markberedning utförd med driven harv. Vad gäller högläggarna är det tillgängliga materialet mera begränsat men ger ändå vissa indikationer både vad gäller körhastigheten och markberedningens kvalitet.

Körhastighet

I absoluta tal anger de studier som genomförts att körhastigheten hos högläggarna är densamma eller något lägre än harvarnas. Resultatet är rimligt så tillvida att båda aggregat-typerna enligt tillverkarna krä-

ver ungefär samma dragkraft hos basmaskinen. Hastighetens beroende av ytstruktur och lutning är också densamma för högläggare och harvar.

Markberedningens kvalitet

För att kunna belysa eventuella skillnader i markberedningskvalitet mellan harvar och högläggare gjordes en direkt jämförande studie (studie 6). Denna omfattade både morän- och sedimentmarker. Förutsättningarna för studien framgår av tabell 14.

Moränmarker

Resultaten från studien på moränmarken återges i tabell 15.

Av tabellen framgår att harven i denna studie gav ett något bättre resultat än högläggaren. Blockkvoten var dock i medeltal något högre på de provytor där kvaliteten efter högläggaren inmättes. Då hänsyn tas till denna variation är andelen planterings-

Tabell 14. Förutsättningar för studien.

	Moränmark	Sedimentmark
Blockkvot, %	41	0
Ytstrukturklass	2	1
Lutningsklass	1	1
Jordart	Sandig -moig morän	Grovmo
Humustjocklek, cm	8	15
Trädrestklass	3	2
Markfuktighet	Frisk	Fuktig

ställen utan planteringspunkt ca 7 % högre för högläggaren än för harven. I övrigt kan nämnas att resultatet för harven i det här försöket var något bättre än i övriga här presenterade studier.

Tabell 15. Andelen planteringsställen av olika godhetsklass på moränmark för harv och högläggare vid olika risk för torka, %.

Aggregat	Harv		Högläggare	
	Stor	Liten	Stor	Liten
Risk för torka				
Saknade	8	8	21	21
Underkända	1	1	2	2
Med tvekan godkända	0	31	0	26
Godkända	91	60	77	51

Tabell 16. Andelen planteringsställen av olika godhetsklass på sedimentmark för harv och högläggare, %.

Aggregat	Harv	Högläggare
Saknade	12	14
Underkända	19	0
Med tvekan godkända	2	2
Godkända	67	84

Sedimentmarker

Resultatet från jämförelsen på sedimentmarken återges i tabell 16.

Av tabell 16 framgår att andelen underkända planteringsställen var störst för harven. Planteringspunkternas klassificering på olika godhetsklasser vid stor respektive liten risk för försommartorka var i detta fall lika. Skillnaderna mellan aggregaten förklaras främst med högläggarens förmåga att markbereda i tjock humus.

Skillnaden mellan aggregaten framgår av tabell 17. Där återges andelen inmätta planteringspunkter av antalet planteringsställen med någon från etableringssynpunkt godkänd planteringspunkt.

Resultatet visar att harven i huvudsak producerade låga planteringspunkter och planteringspunkter på omvänd torva. Planteringspunkterna efter högläggaren var fler till antalet samt mera jämnt fördelade över de olika planteringspunkterna.

Prestation kontra kvalitet

Av redovisningen framgår inte hur kvaliteten varierar med olika hastighet hos markberedaren. Det går dock att utgå ifrån att de här redovisade kvalitetsnivåerna i medeltal kommer att kunna uppnås vid den prestation som beräknats med hjälp av formlerna. Därutöver är materialet ännu så länge alltför litet för att några allmänna riktvär-

den ska kunna ges. Studie 6 gav för harven ett något bättre resultat än övriga studier. Resultaten indikerar att det är möjligt att höja kvalitetsnivån genom bättre utbildning av och bättre instruktioner till förarna. Ett kompletterande sätt att höja markberedningens kvalitet, kunde vara att göra den betalningsgrundande.

Tabell 17. Procentuell andel inmätta planteringspunkter av antalet planteringsställen med någon från etableringssynpunkt godkänd planteringspunkt, studie 6.

Aggregattyp	Planteringspunkt					
	1	2	3	4	5	6
Harv	17	51	8	0	77	0
Högläggare	62	58	54	52	64	12

Tillämpning av studieresultaten

Syftet med tidigare avsnitt har varit att så väl som möjligt belysa resultaten från de genomförda studierna samt redovisa hur enskilda faktorer påverkar arbetet vid maskinell markberedning. Det som redovisats kan emellertid inte direkt utnyttjas vid praktiskt arbete utan flera bearbetningssteg återstår. Den traditionella arbetsgången vid framställning och underhåll av en prestationsnorm innehåller enligt Bergstrand (1987) normalt följande steg:

- Konstruktion av tidsformler med hjälp av tidsstudier m m.
- Erfarenhetsmässig korrigering av tidsformler bland annat med hänsyn till ej beaktade faktorer och faktorkombinationer.
- Omformning av underlaget för att göra det praktiskt användbart.
- Nivåläggning av normen, vanligen med stöd av detaljerad driftsuppföljning.
- Fortlöpande revidering av normen.

Således krävs att formlerna förs över antingen till en blankett för direkt användning i fält eller läggs in i någon form av datoriserad beräkningsmodell. Dessutom måste prestationerna omföras från G_0 - till G_{15} -tid (= nivåläggas).

För att underlätta konstruktionen av egna normer, blankett- eller datorbaserade, har nedanstående formler sammanställts. Observera att vissa konstanter måste tillföras av användaren. Vilka konstanter som sålunda ska tillföras finns klart angivna nedan. I bilaga 3 finns ett exempel på hur en blankettbaserad prestationsnorm skulle kunna se ut om den utformades med hjälp av följande matematiska samband.

$$P_m = 60 \cdot F \cdot B \cdot H \cdot f(P) \cdot f(A, V, H) \cdot T \cdot f(S) \cdot f(E, He) \quad (1)$$

där P_m = prestation, m/h, G_{15} -tid (trådmätt sträcka).

F = omföringstal mellan G_0 - och G_{15} -tid (G_0/G_{15}).
Anges av användaren.

B = övrig verktid. I denna tid ingår exempelvis backning påhygget. Anges som ett relativt avdrag, t ex 0,97 om övrig verktid utgör 3 % av G_0 -tiden.
Anges av användaren.

H = framryckningshastighet för dragmaskin och aggregat, m/min, G_0 -tid vid ytstruktur och lutningsklass 1. Anges av användaren.

$f(P)$ = relativ hastighetssänkning som funktion av terrängpoängen.

$f(A, V, H)$ = relativ hastighetssänkning som funktion av slaglängd, vändningstid och hastighet (H). Sätts till 1,00 vid figurkörning.

T = konstant, som bestäms av trädrestklass enligt Skogsarbetens Terrängtypsschema. Endast klass 2 och 3 finns i studiematerialet, varför extrapolering inte bör ske. För klass 2 sätts T till 1,00 och för klass 3 till 0,95.

$f(S)$ = relativ hastighetssänkning som funktion av stubbhöjden.

$f(E, He)$ = relativ hastighetssänkning som funktion av andelen enkelkörning och relativ hastighet vid enkelkörning.

De i (1) utnyttjade funktionernas utseende framgår av funktionerna (2) till (5) nedan.

$$f(P) = 1,00 / (0,14 \cdot P + 0,72) \quad (2)$$

där P = terrängpoängen, dvs summan av ytstruktur- och lutningsklassen enligt Skogsarbetens Terrängtypsschema.

$$f(A, V, H) = A / (A + HV) \quad (3)$$

där A = slagets längd, m.

H = framryckningshastighet för dragmaskin och aggregat, m/min, G_0 -tid. Anges av användaren.

V = vändningstid för aktuell maskin, min, G_0 -tid.

$$f(S) = 1,00 + (0,0741 \cdot S - 0,00119 \cdot S^2 - 1,152) \quad (4)$$

där S = aritmetiska stubbhöjden hos de stubbar som givit gagnvirke, cm.

Observera att funktion (4) endast är definierad för stubbhöjder mellan 30 och 45 cm. Den ska således inte användas utanför dessa gränser.

$$f(E, He) = He / (He + E \cdot (1,00 - He)) \quad (5)$$

där E = andel enkelkörning av totalt markberedd sträcka.

He = relativ hastighet för dragmaskin och aggregat vid enkelkörning i förhållande till normal framryckningshastighet (H). Den relativa hastigheten ska beräknas med utgångspunkt i att den markberedda sträckan måste passeras två gånger, dels under markberedning, dels vid förbitransport. **Anges av användaren.**

I de fall användaren önskar erhålla prestationen per hektar (ha/G₁₅-timme) ska prestationen (m/h, G₁₅-tid) beräknad enligt (1) sättas in i funktionen (6) nedan. Observera att om formeln utnyttjas ska slagets längd, A i funktion (3) vara mätt med trådmätare eller motsvarande.

$$Ph = P_m \cdot (3,92 + 0,191 \cdot P) / 10\,000 \quad (6)$$

där Ph = prestation, ha/h, G₁₅-tid.

P_m = prestation, m/h, G₁₅-tid (trådmätt sträcka).

P = terrängpoängen, dvs summan av ytstruktur- och lutningsklassen enligt Skogsarbetens Terrängtypschema.

Om ekipaget är utrustat med längdmätningstrustning, kalibrerad så att den registrerar samma avstånd som trådmätare på skogsväg (= grusväg), kan prestationen enligt (1) omräknas till att avse markberedd sträcka enligt sträckmätaren. Detta sker med funktion (7).

$$Ps = P_m \cdot (0,04 \cdot P + 1,05) \quad (7)$$

där Ps = prestation, m/h, G₁₅-tid (sträckmätt).

P_m = prestation, m/h, G₁₅-tid (trådmätt sträcka).

P = terrängpoängen, dvs summan av ytstruktur- och lutningsklassen enligt Skogsarbetens Terrängtypschema.

Litteratur

- Adelsköld G 1986 Donaren 280 - ett variationsaggregat. - Forskningsstiftelsen Uggla C Skogsarbeten, Resultat nr 20, 1986.
- Adelsköld G 1989 Val av planteringspunkt. - Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Örlander G Resultat nr 8, 1989.
- Andersson G 1989 Markberedningsstudie av Donaren 280/FMG 280. Brunberg T - Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Stencil, 1989-10-02. Westerling S
- Andersson G 1989 Markberedningsstudie av Donaren 180/FMG 280. Brunberg T - Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Stencil, 1989-10-02. Westerling S
- Andersson G 1989 Studie av stubbarnas inverkan vid markberedning med buren Brunberg T harv. - Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Stencil, 1989-11-14.
- Andersson G 1989 Studie av markberedning med buren högläggare. - Forskningsstiftelsen Brunberg T Skogsarbeten, Stencil, 1989-10-02.
- Andersson G 1989 Studie av markberedning med buren, driven harv och buren högläggare. Brunberg T - Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Stencil, 1989-12-04.
- Bergstrand K-G 1985 Underlag för prestationsmål för skotning. - Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Redogörelse nr 7, 1985.
- Bergstrand K-G 1987 Normer för prestationsnormer. - Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Stencil, 1987-12-11.
- Brunberg T 1988 Underlag för prestationsnormer för skördare i slutavverkning. - Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Redogörelse nr 4, 1988.
- Eriksson B 1986 Nederbörds- och humiditetsklimat i Sverige under vegetationsperioden - SMHI, RMK.46.
- Fryk J 1989 Markbehandlingsteknik. - Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Redogörelse nr 4, 1989.
- Hägglund B 1987 Handledning i bonitering med Skogshögskolans boniteringssystem, Lundmark J-E Del 1-3 - Skogsstyrelsen, Jönköping.
- Larsson M 1981 Markberedningsaggregatet Murveln. - Forskningsstiftelsen Morenius B Skogsarbeten, Teknik nr 7, 1981.
- Lundmark J-E 1986 Skogsmarkens ekologi. Ståndortsanpassat skogsbruk Del 1-2. - Skogsstyrelsen, 1986.
- Richards F J 1959 A flexible growth function for empirical use. Journal of Experimental Botany 1959, 10(29), sid 290 - 300.
- Skogsarbeten 1982 Terrängtypsschema för skogsarbete. - Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Handledning.
- Skogsarbeten 1976 Markberedning - ett nordiskt forskarmöte i Umeå 1975. - Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Redogörelse nr 6, 1976.
- Skogsarbeten 1981 Rationaliseringskonferensen 1981. - Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Redogörelse nr 1, 1981.



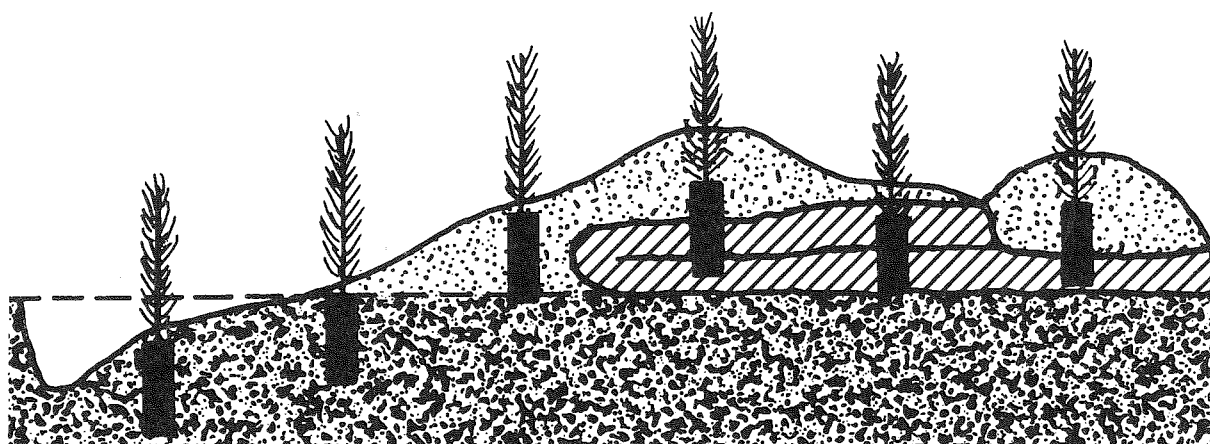
Forskningsstiftelsen

Skogsarbeten

resultat

Val av planteringspunkt

Göran Adelsköld
Göran Örlander, SLU



Teckning: Birgitta Engström

Sammanfattning

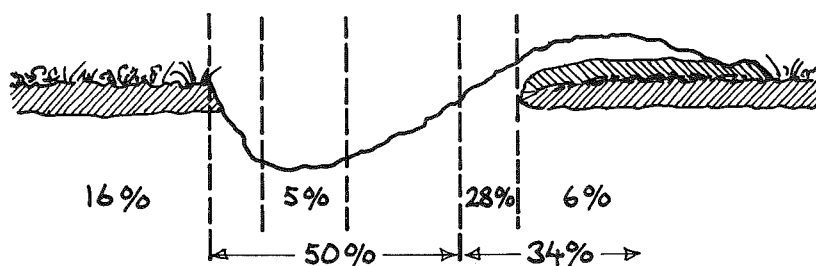
Utifrån kravet på en god etableringsmiljö för plantorna definieras sex olika planteringspunkter (se vinjettbilden). De är, räknat från vänster, fläck under mineraljordsnivå, fläck i mineraljordsnivå, hög på mineraljord, hög på omvänd torva, omvänd torva och hög på humus. Planteringsställen i harvspår betraktas här som fläckar och de i en harvtilla (plogtilla) som högar. Vidare urskiljs tio olika standortstyper med avseende på markfuktighetsklass, jordartens textur och risken för torka efter planteringen. För varje standortstyp klassas sedan planteringspunkterna i godkända, med tvekan godkända och underkända.

Klassningen visar något generaliserat att på torr mark är hög på mineraljord och planteringspunkterna i fläcken att föredra. På en frisk, sandig-

moig morän är hög på mineraljord eller på omvänd torva bättre punkter än de i fläcken. På frisk, finjordsrik mark och på fuktig mark är hög på omvänd torva, hög på humus och omvänd torva bäst. I dessa tre punkter ska dessutom plantan alltid sättas djupare än normalt för att inte torka ut.

Bakgrund

Plantor sätts alltför ofta under marknivå i fläcken eller harvspåret i stället för i högen eller harvtiltan strax intill, figur 1. Orsaken kan vara att lämplig planteringspunkt ovan marknivå saknas, men förmodligen beror det också på brister i in-



Figur 1
Planterade plantors placering på markberedda objekt, hela landet.
Källa: Plantinventering 1983, Skogsstyrelsen.

formation och uppföljning eller allför hårda krav på ett fixt planteringsförband.

I följande instruktion har hänsyn endast tagits till kravet på en god etableringsmiljö. Markberedningens långsiktiga effekter ska beaktas vid valet av markberedningsmetod eller vid valet av inställning på aggregatet. Då bestäms hur stor andel av markytan som ska påverkas och hur djupgående bearbetningen ska vara. För plantören gäller det dock att, oavsett hur markberedningen utförts, utnyttja resultatet på bästa sätt.

Definitioner

Med planteringsställe menas här den markberedda yta inom vilken det finns en eller flera av nedanstående planteringspunkter. För att definitionerna inte ska vara beroende av vilken metod som använts så betraktas ett planteringsställe i ett harvspår som en fläck.

Analogt med detta betraktas ett planteringsställe i en tilla som en hög.

I figur 2 visas de sex olika planteringspunkter vi valt att definiera. För dessa punkter gäller följande generella krav:

- Arean sammanhängande, blottlagd mineraljord i planteringsstället ska vara minst 4×5 dm (20 dm^2). Då medräknas även mineraljord som ligger ovanpå omvänd torva eller obearbetad humus samt i mineraljorden frilagda stenar.
- Planteringspunkten ska kunna placeras minst 20 cm från obearbetad mark, dvs där markvegetationen är opåverkad.

I en hög ska mineraljordslagret vara i genomsnitt minst 5 cm och högst 20 cm högt (H i figur 2). Beroende på vilken typ av hög det är mäts höjden från den omvända torvans yta, mineraljordens nivå respektive det orörda humuslagrets yta.

Högen ska också vara minst 20 cm i fyrkant.

Med denna definition innehåller en hög minst 5 dm^3 mineraljord. Vid höjden 10 cm är volymen ca 15 dm^3 och vid höjden 20 cm omkring 80 dm^3 . För närvarande anses den önskvärda storleken ligga i intervallet 10–40 dm^3 .

En hög på omvänd torva som inte uppfyller dessa storlekskrav definieras som omvänd torva. Saknar den omvända torvan helt eller delvis mineraljord ska den vara sammanhängande inom en area av 4×5 dm.

I planteringspunkter på omvänd torva får inte alltför mycket trädrester ligga mellan humuslagren. Dessa punkter bör i regel också ligga till sig under en vinter innan de används.

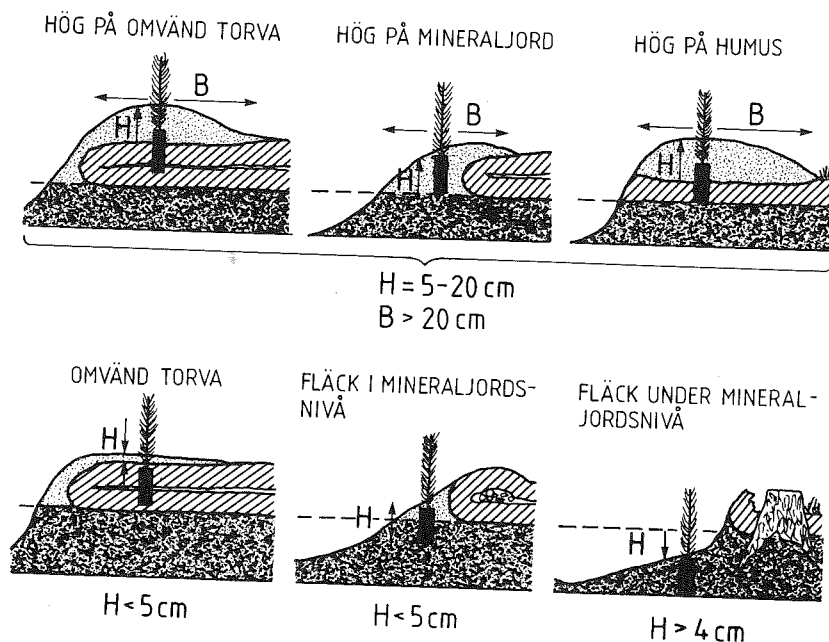
En hög på mineraljord ska till minst två tredjedelar ligga i fläcken. Om inte storlekskraven uppfylls definieras punkten som en fläck i mineraljordsnivå. Båda dessa punkter kallas i praktiken plantering i "gångjärnet". En sådan punkt är normalt något upphöjd, men det är inte alltid en hög.

Hög på humus förekommer vid dikning och högläggning med grävmaskin. Är en hög på humus för liten är punkten underkänd.

Humusblandad mineraljord som ligger ovanpå ett intakt humustäcke klassificeras som hög på omvänd torva. Är högen för liten är punkten underkänd.

Det kan således normalt finnas flera olika punkter inom samma planteringsställe, vilket också varit avsikten med definitionerna. Finns en planteringspunkt i hög eller på omvänd torva så finns i regel även en planteringspunkt i fläcken, däremot inte tvärtom.

För klassning av planteringspunkterna definieras tio olika ståndortstyper. De faktorer som beaktas är markfuktighetsklass (torr, frisk och fuktig), jordartens textur



Figur 2
Principskiss av de definierade planteringspunkterna. H anger medelhöjd och B bredd i figurerna. Den streckade linjen anger mineraljordsnivån. Ett negativt värde på H innebär att punkten är under denna nivå.

(grov, medelgrov och fin) samt risken för torka efter plantering (liten och stor). Med "fin" textur avses moig morän eller finmo och finare (texturklass FM enligt Skogshögskolans boniteringssystem).

Vid plantering är risken för torka stor i den östra delen av landet (låg humiditet) och liten i den västra (hög humiditet). Under försommaren (maj-juni) går "0-linjen", dvs där nederbörd och avdunstning är lika stor, långt västerut i landet, särskilt i Mellansverige. De väderleksförhållanden som råder vid planteringen ska också beaktas. Risken för torka är t ex oftast mindre på hösten än på försommaren.

Klassningar

För varje ståndortstyp klassas de sex planteringspunkterna i godkända, med tvekan godkända och underkända, se figur 3. Observera att plantan ska sättas djupare än normalt, s k djupplantering, i punkterna omvänd torva, hög på omvänd torva och hög på humus samt på ståndorter med fin textur även i punkten hög på mineraljord. Upp till halva plantans gröndel får då vara begrävd i jorden. Planteringspunkter i fläck ska däremot aldrig djupplanteras.

I planteringspunkten omvänd torva saknas mineraljord ovanpå torvan eller också är den endast täckt med ett tunt lager mineraljord. Risken för snytbaggeangrepp blir därför större där än i övriga punkter. På den omvända torvan växer också vegetationen in relativt snabbt. Omvänd torva bör därför inte planteras med små täckrotsplantor där risken för snytbaggeangrepp är stor eller där örter och gräs kan komma att konkurrera mycket.

Bedömningar

På torr mark är planteringspunkter i fläck eller hög på mineraljord godkända. Punkter på humus eller omvänd torva är med tvekan godkända

eller underkända p g a större risk för torkstress. Denna risk är störst i omvänd torva och hög på humus.

På frisk mark godkänns inte i något fall punkten fläck under mineraljordsnivå p g a alltför liten höjning av marktemperaturen och dålig lokal dränering. Fläck i mineraljordsnivå är i dessa avseenden något bättre. På frisk mark med grov till medelgrov textur och liten risk för torka bedöms den vara med tvekan godkänd, men godkänd där risken för torka är stor.

Är texturen fin eller marken fuktig påverkas marktemperatur och markfuktighet alltför lite i en fläck. På finjordsrik mark är dessutom risken för uppfrysning stor. På

dessa ståndorter är därför planteringspunkter i fläck underkända.

Ett decimetertjockt mineraljordslager som lagts på humus eller omvänd torva minskar vegetationskonkurrensen och ger ett visst avdunstningskydd. Är mineraljordslaget mycket tunt så är risken för uttorkning större. En snabb inväxning av gräs sänker dessutom markfuktigheten ytterligare. Punkterna omvänd torva och hög på humus är därför bara godkända på ståndorter där uttorkningsrisken bedöms vara liten.

Punkten omvänd torva är bedömd med viss försiktighet. Inom det praktiska skogsbruket finns uppfattningen att omvänd torva i många fall är

RISK FÖR TORKA	MARK-FUKTIGHET	JORDARTENS TEXTUR	
		Grov och medelgrov	Fin
Liten	Torr		
	Frisk		
	Fuktig		
Stor	Torr		
	Frisk		
	Fuktig		

Figur 3
Klassning av planteringspunkter i godkända (inringade), med tvekan godkända (utan markering) och underkända (överkorsade). Plantor i hög på omvänd torva och i hög på humus ska djupplanteras.

en lika bra planteringspunkt som hög på omvänd torva.

Hög på mineraljord och hög på omvänd torva är godkända punkter på all frisk och fuktig mark med grov och medelgrov textur. Hög på omvänd torva ger större förändring av marktemperatur och -fuktighet samt större näringsfrigörelse än hög på mineraljord. Den förra punkten är därför att föredra i kyliga och/eller starkt humida klimatlägen samt även på fuktiga ståndorter med fin textur.

Flera skogsvårdare anser att uppfrysningsrisken är alltför stor vid plantering i hög på mineraljord där texturen är fin. Detta bekräftas även i försök där plantorna satts på normalt djup. Djupplantering i hög på mineraljord har dock visat sig minska uppfrysningen avsevärt.

I en hög på omvänd torva är det viktigt att mineraljordslagret inte är tjockare än att plantrotten kan nå ner i humuslagret under den omvända torvan. Där är nämligen markfuktigheten hög även under längre torrperioder. Eftersom

högst halva plantan bör begravas så får mineraljordslagret inte vara tjockare än halva gröndelens längd, dvs ungefär 5-10 cm. Om plogning tillämpas ska den således vara grund, särskilt om texturen är fin. Vid dikning och högläggning med grävmaskin är det också viktigt att sprida ut de uppgrävda dikesmassorna så att inte högarna blir för höga.

Endast några för plantans etablering viktiga ståndortsfaktorer har medtagits. Trädslaget beaktas inte och några viktiga faktorer saknas, tex temperaturklimatet. I kyliga klimatlägen bör dock valet av planteringspunkt förskjutas mot dem i hög.

Med vilket förband planteringspunkterna ska sökas behandlas inte här, eftersom det ska anpassas till markens produktionsförmåga och hur markberedningen utförts. För att uppnå hög virkesproduktion har i allmänhet stamantalet per hektar större betydelse än i vilket geometriskt förband träden står. Dessutom har bra placerade plantor större chans

att överleva och bidra till den framtida produktionen än dåligt placerade. Det är därför bättre att välja rätt planteringspunkt än att strikt hålla samma planteringsförband. Särskilt vid kontinuerlig harvning och hyggesplogning kan man finna fler godkända punkter per hektar, om förbandet tillåts variera inom rimliga gränser.

Instruktionen är främst baserad på den forskning som bedrivs vid Institutionen för skogsskötsel vid Sveriges lantbruksuniversitet. För vissa bedömningar saknas ännu entydiga forskningsresultat. Trots detta bör denna instruktion kunna fungera som underlag för lokala anvisningar.

Litteratur

- Gemmel P, Örlander G, 1989: Markberedning. - Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidsskrift, nr 3, 1989.
- Lundmark J-E, 1988: Skogsmarkens ekologi, del 2. - Skogsstyrelsen, 1988.

Ämnesord: Markberedning, plantering.

Genomförda inmätningar

På hyggena genomfördes en rad inmätningar av ståndortsförhållanden och arbetsresultat efter

markberedningen. I tabell 1 redovisas samtliga genomförda inmätningar. Om ej annat anges

har inventeringsrutiner anvisade i Skogsarbetens terrängtypschema använts.

Tabell 1. Genomförda inmätningar.

	Studienivå	Variabel	Kommentar
Före studien	Delyta	Trädrester Ytstruktur Markfuktighet	Hägglund, Lundmark 1987.
Under tidsstudien	Delsträcka	Momenttider Längd Ytstruktur Lutning Lutningsriktning	Inmätt med trådmätare Okulärt uppskattat Inmätt med Suunto I körriktningen
Efter tidsstudien	Provyta	Jordart Markfuktighet Humustjocklek Blockkvot Stubbantal - höjd - diameter Planteringsställen Planteringspunkter Arbetsbredd	Hägglund, Lundmark 1987 -/- 5 provpunkter per yta Inmätt på en yta med 2,5 m bredd från kördrag- centra Adelsköld Adelsköld, Örlander 1988 Medelbredd av 6-8 intilliggande kördrag

Bilaga 3

Exempel på prestationsnorm för maskinell markberedning

Förutsättningar

Studieresultaten har i det följande utnyttjats för att konstruera ett exempel på hur en blankettbaserad prestationsnorm för maskinell markberedning kan vara utformad. Normen har baserats på prestationen ut-

tryckt i m/G_0 -h. Detta innebär att den inte direkt kan utnyttjas under praktiska förhållanden. Mallen måste således först nivåläggas, det vill säga omföras till m/G_{15} -h. Nivåläggningen görs lämpligen i tabellen för grundprestation.

Korrektionerna i tabellerna är uttryckta som andelar. De ska vid utnyttjandet multipliceras med varandra och med grundtabellens absoluta värde för att erhålla prestationen. Grundprestationen är uppbyggd efter nedan angivna förutsättningar.

● körningsmönster	figurkörning
● ytstruktur, klass	1
● lutning, klass	1
● trädrester, klass	2
● stubbhöjd	normalt (< 20 cm)
● andel enkelkörning, %	0

Grundprestation, m/G_0 -h

Dragmaskin	Harv
Skotare	2237

Terräng

Tabellen förutsätter den vändningstid och framryckningshastighet som angetts i Redogörelsen.

Korrektion	Körning drag vid drag (dragens längd, m)								Figurkörning	
	Poäng (Y + L)	50	100	150	200	250	300	350		400
2		0,60	0,75	0,82	0,85	0,88	0,90	0,91	0,92	1,00
3		0,53	0,66	0,72	0,75	0,77	0,79	0,80	0,81	0,88
4		0,47	0,59	0,64	0,66	0,69	0,70	0,71	0,72	0,78
5		0,42	0,53	0,57	0,60	0,62	0,63	0,64	0,64	0,70
6		0,38	0,48	0,52	0,54	0,56	0,58	0,58	0,59	0,64
7		0,35	0,44	0,48	0,50	0,52	0,53	0,54	0,54	0,59

Trädrester

Trädrestklass 1, 4 och 5 finns inte i materialet, varför extrapolering inte bör ske.

Trädrestklass.	2	3
Korrektion	1,00	0,95

Stubbar

Stubbhöjden avser den aritmetiska medelhöjden från markplanet beräknat för de träd som gett gagnvirke. Stubbar under 30 cm medelhöjd påverkar inte maskinen och för stubbhöjder över 45 cm saknas studiematerial. Tabellen ska således inte extrapoleras.

Stubbhöjd, cm.	30	35	40	45
Korrektion	1,00	0,98	0,91	0,77

Enkelkörning

Tabellen förutsätter att den relativa körhastigheten vid enkelkörning är 0,5, se vidare texten i Redogörelsen.

Andel av markberedd sträcka, %	0	5	10	15	20	25	30
Korrektion	1,00	0,95	0,91	0,87	0,83	0,80	0,77

Omföringstal

Den ovan beräknade prestationen (grundprestation i korrektioner, m/G_0-h) kan vid behov omföras till prestation per längdmått uttryckt i de enheter som registreras av ekipagets längdmättningsutrustning och till prestation per arealenhet.

Terrängkorrektion

Korrektionstalen i tabellen kan utnyttjas under förutsättning att ekipagets längdmättningsutrustning är kalibrerad så att den registrerar samma avstånd som trådmätare vid körning på skogsväg (= grusväg).

Poäng (Y + L)	2	3	4	5	6	7
Korrektion	1,13	1,17	1,21	1,25	1,29	1,33

Markberedd areal (ha/G₀-h)

Med stöd av prestation (m/G₀-h) beräknad enligt ovan kan prestationen per hektar hämtas ur nedanstående tabell.

Terrängpoäng		2	3	4	5	6	7
Avstånd mellan kördragcentra, m		4,3	4,5	4,7	4,9	5,1	5,3
Prestation, m/G ₀ -h	2 250	0,97	1,01	1,06	1,10	1,15	1,19
	2 000	0,87	0,90	0,94	0,98	1,02	1,06
	1 750	0,76	0,79	0,82	0,86	0,89	0,93
	1 500	0,65	0,68	0,71	0,74	0,77	0,80
	1 250	0,54	0,56	0,59	0,61	0,64	0,66
	1 000	0,43	0,45	0,47	0,49	0,51	0,53
	750	0,32	0,34	0,35	0,37	0,38	0,40
	500	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27

Tillämpningsexempel

I följande exempel återges hur korrektionen för ett typobjekt beräknas samt hur produkten av delkorrektionerna används för att fastställa prestationen i markberedd areal och sträcka.

		Korr	
Terrängpoäng	4	0,70	(Y = 2, L = 2)
Dragens längd	300 m		
Trädrestklass	3	0,95	
Stubbhöjd	20 cm	1,0	
Andel enkelkörning	15 %	0,87	
Total korrektion		0,58	(= 0,70 · 0,95 · 1,0 · 0,87)
Markberedd sträcka: (sträcka registrerad med trådmätare)		$2\,237 \cdot 0,58 = 1\,297 \text{ m/G}_0\text{-h}$	
Markberedd areal:		$(1\,297 \cdot 4,7) / 10\,000 = 0,61 \text{ ha/G}_0\text{-h}$	
Markberedd sträcka: (sträcka registrerad med ekipagets längd- mätningstrustning)		$1\,297 \cdot 1,21 = 1\,569 \text{ m/G}_0\text{-h}$	

Pris 50 kr

Redogörelsen rekvideras från

Forskningsstiftelsen Skogsarbeten - Box 1184 - 164 22 Kista - Tfn 08-750 72 20 - Telefax 08-750 96 77

© Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, 1990

ISSN 0346-6671