



Nyttjande av det digitaliserade stickvägsnätet vid skogsgödsling med traktor

*Use of the digitized strip road network for forest fertilization with
tractor*



Per Nordwall

**Arbetsrapport 317 2011
Examensarbete 30hp D
Jägmästarprogrammet**

**Handledare:
Tomas Nordfjell**

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för skoglig resurshushållning
901 83 UMEÅ
www.slu.se/srh
Tfn: 090-786 81 00



ISSN 1401-1204
ISRN SLU-SRG-AR-317-SE

Nyttjande av det digitaliserade stickvägsnätet vid skogsgödsling med traktor

*Use of the digitized strip road network for forest fertilization with
tractor*

Per Nordwall

Examensarbete i Skogshushållning vid inst för skoglig resurshushållning, 30 hp
jägmästarprogrammet

EX0492

Handledare: Tomas Nordfjell, SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning, teknologi

Examinator: Dimitris Athanassiadis, SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning, teknologi

Förord

Tack till er alla som hjälpt till under detta examensarbete. Tack till mina handledare, Tomas Nordfjell på SLU och Mats-Åke Lantz på SCA Skog. Tack till Mike Bobik på SCA skog som hjälpt till att få fram material som gjort detta arbete möjligt. Tack till Thorbjörn Cruse på Cruse Datakonsult som byggde programmet som gjorde det möjligt att ta fram tillräckligt med data. Tack till alla anställda på RL Gallringsservice AB som tagit er tid att besvara frågeformulären samt tagit er tid för att intervjuas. Tack till Sören Holm som hjälpt till under det statistiska arbetet.

Sammanfattning

Skogsgödsling hade sina toppår under slutet av 60 talet då nästan 200 000 ha gödslades årligen. Dagens skogsbruk har ett allt högre krav på virkesproduktionen samtidigt som kravet på avsättningar till bl.a. naturvård ökar. Det gör att man måste producera mer volym på mindre areal i framtiden. Användandet av DGPS-utrustning i skogsbruket i Sverige har blivit allt vanligare. Om maskinens positioner lagras regelbundet och med inte alltför långa intervall (max 30 sekunder) kan man med hjälp av dessa positioner digitalisera stickvägarna.

Det här arbetet har utförts inom Västerbotten och Jämtlands förvaltningar inom SCA och syftet var att: undersöka om nyttjande av det digitaliserade stickvägsnät som erhållits från gallring några år tidigare ökar produktivitet (ha/tim) och effektivitet (gödslad areal per körd sträcka) i skogsgödsling med traktor.

Effektiviteten ökade från 4,42 till 4,75 ha gödslad areal per körd kilometer för trakter där förarna haft tillgång till det digitaliserade stickvägsnätet. I de trakter där förarna upplevt att de haft viss hjälp eller stor hjälp av det digitaliserade stickvägsnätet så ökade andelen gödslad areal från 74,9 % till 86,6 %. Andel gödslad areal är den kvot man får om man dividerar gödslad areal med nettoarealen på trakten. Förarna själva tyckte att de hade störst nytta av det digitaliserade stickvägsnätet på små trakter med lätta terrängförhållanden och på stora trakter med svåra terrängförhållanden. Effektivitetsökningen som uppmättes var störst på stora trakter med svåra terrängförhållanden, (+22 %).

Nyckelord: Skogsgödsling, Produktivitet, Effektivitet, GPS-teknik

Summary

Forest fertilization had its peak in the late 60's, when almost 200 000 ha was fertilized annually. The silviculture of today has high demands for timber production at the same time as the demand for nature conservation increases. It means that it's necessary to produce more volume in smaller areas in the future. The use of DGPS equipment has in modern forestry in Sweden become more and more common. If the positions of the machine are stored on a regular basis with not too long intervals (up to 30 seconds), it's possible to digitize the driving paths.

This work has been conducted in SCA's Västerbotten and Jämtland districts and the purpose was to: investigate if the use of digitized strip roads obtained from thinning a few years earlier increases productivity (ha/h) and efficiency (fertilized area per traveled kilometer) in forest fertilization with tractor.

The efficiency increased from 4,42 to 4,75 fertilized hectares per traveled km for areas where the drivers had access to the digitized strip roads. In areas where drivers felt that they had some help or big help of this information the proportion of fertilized area increased from 74,9 % to 86,6 %. Proportion fertilized area is a quota between the fertilized area and the total area of the stand. The drivers themselves argued that they had the greatest advantage of the digitized roads in small stands with easy terrain conditions and in large stands with difficult terrain conditions. The highest recorded increase of efficiency was in large areas with difficult terrain conditions, (+22%).

Keywords: Forest fertilization, Productivity, Efficiency, GPS technology

Innehållförteckning

Förord	4
Sammanfattning	5
1. Inledning.....	8
1.1 Bakgrund	8
1.2 Mål.....	10
2. Material och metoder	11
3. Resultat.....	13
4. Diskussion	17
4.1 Bortfall.....	17
4.2 Produktivitet och effektivitet vid nyttjande av digitaliserat stickvägsnät.....	17
4.3 Problem vid gödsling.....	18
Referenser.....	19
Tryckta referenser.....	19
Digitala referenser:	19
Muntliga referenser:	19
Bilaga 1	20
Frågeformulär	20
Lathund till frågeformuläret.....	21

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Det skogsbruk som idag drivs har fått ett allt högre krav på virkesproduktion samtidigt som kravet på avsättningar till naturvård av framförallt gammal skog minskar den areal som virkesproduktion kan ske på. Detta gör att man måste producera mer volym på mindre areal i framtiden än vad man tidigare gjort, för att kunna försörja industrin med råvara. För att öka produktionen på kort och lång sikt kan gödsling vara ett alternativ för att påverka vilka volymer som finns tillgängliga för avverkning (Jacobson & Pettersson 2003).

Andra alternativ för att öka virkesproduktionen kan vara att använda förädlade plantor, byta trädslag, röjning eller dikesrensning.

Användandet av GPS-utrustning har i det moderna skogsbruket i Sverige blivit allt vanligare. Differentiell GPS, vanligen förkortat DGPS, är en relativ GPS-mätning, det vill säga en metod där korrektioner för systematiska felkällor beräknas på en referensstation och sänds till mobila GPS-mottagare som korregerar sina mätning med hjälp av dessa korrektioner. Med en DGPS uppnås en noggrannhet inom 0,5-5 m (Staland, 1999).

Stickvägarna är i teorin lätta att positionsbestämma, förutsatt att man har en pålitlig metod för att positionsbestämma maskinen. Med en DGPS-mottagare i maskinen kan man med 2-3 meters noggrannhet bestämma maskinens position. Om maskinens positioner lagras regelbundet och med inte alltför långa intervall (max 30 sekunder) kan man med hjälp av dessa positioner digitalisera stickvägarna, direkt på maskinens skärm eller i beståndsregistret (Staland, 1999).

Gödslingseffekten varar 8-10 år i norra Sverige och detta medför att gödsling 10 år innan slutavverkning har ansetts som ekonomiskt lönsamt då kapitalet som man investerat i gödslingen binds under en relativt kort tid. En normalgiva på 150 kg kväve per hektar ger upphov till 15-20 m³sk mer virke vid avverkning (Jacobsson et al. 2005). Tillväxtökningen är några m³sk högre för norra Sverige jämfört med södra Sverige (Jacobsson et al. 2005). Vinsten består av två delar, en volymeffekt men också en dimensionseffekt. Volymeffekt innebär att den stående volymen ökar efter en gödslingsåtgärd. Dimensionseffekt betyder att träden efter gödsling blir grövre och därmed att de då betalas med ett högre pris per m³ samtidigt som avverkningskostnaderna per m³ sjunker när träden får en större volym.

Idag gödslas årligen ca 60 000 ha i Sverige (Skogsstatistisk årsbok 2009). Av detta så gödlas ca 50% med traktor (Lantz 2010 pers. komm.). I Sverige används endast ammoniumnitrat med tillsats av dolomit och bor. Detta gödsel kallas för Skog-CAN och det kan ges upp till tre gånger per omloppstid beroende på var i landet man befinner sig. Av den totala kostnaden för gödslingen står gödselmedlet för ca 70 procent vilket innebär att det är viktigt att gödselmedlet hamnar där det verkligen gör nytta (Jacobsson et al. 2005).

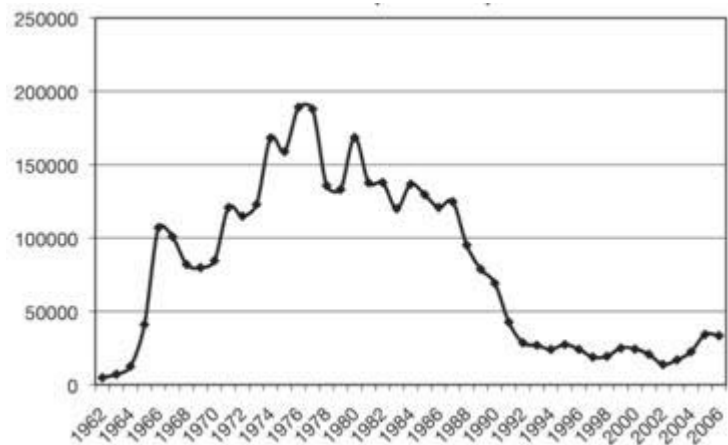
All skog är definitivt inte värd att gödsla. Vissa marker kan redan idag vara så kväverika att tillväxtökningen blir för liten för att gödsling skall vara lönsam. Det kan exempelvis också vara en lövrik trakt som då binder kvävet första året men när träden kommande höst tappar sina löv så blir effekten av gödslingen liten (Jacobsson et al. 2005).

För att en trakt skall vara lämplig att gödsla ska trakten uppfylla sju baskrav (Skogforsk 2011a):

- Fastmark
- Podsoljordmån
- Ståndortsindex 16-30m
- Minst 80 % av grundytan skall vara barrträd
- Lägst förstagallringsskog
- Ingen avverkning inom tio år
- Frisk och välsluten skog

Historiskt har gödsling utförts på betydligt större arealer än idag.

De första toppåren nåddes 1966–1967 med en sista topp kring år 1980. Mellan dessa år kulminerade skogsgödslingen och ca 190 000 ha/år gödslades under åren 1976 och 1977 (Fig. 1). Den gödslade arealen har sedan dess sjunkit kraftigt för att efter 1992 ligga på ca 20 000-30 000 ha årligen (Lindkvist & Kardell 2009).



Figur 1. Skogsgödsling inom storskogsbruket i Sverige för åren 1962-2006 (Lindkvist & Kardell 2009).

Figure 1. Forest fertilization in Sweden between 1962-2006.

Förklaringen till den kraftiga nedgången kan tyckas vara uppenbar med oljekrisen på

70-talet och sedan oron över försurning, skogsöd, alblomning och säldöd under 80-talet. Men det är ändå ett stort frågetecken eftersom gödsling till skillnad från annan kemikalieanvändning inom skogsbruket aldrig begränsades med något förbud från myndigheter, utan endast rekommendationer (Lindkvist & Kardell 2009).

Spridning av gödsel kan ske antingen från luften via helikopter eller från marken med traktor. Planeringen av spridningen bör göras så att gödselmedlet inte hamnar direkt i vattendrag, sjöar eller i angränsande utströmningsområden (www.skogforsk.se). Man gödslar idag så stor areal som möjligt med traktor för att sedan med helikopter gödsla resterande marker som pga. av åtkomligheten inte går att gödsla med traktor (Lantz 2010 pers. komm.)

Att gödsla med traktor ger högre träffsäkerhet och risken att sprida gödsel för nära ett vattendrag eller i ett område med lövskog där gödslingseffekten skulle vara låg minskar (Skogforsk 2011b).

I tidigare studier har man visat att tidsåtgång, körsträcka och kostnad kan minskas med ca 10 % vid skotning om man utnyttjar GPS teknik i arbetet (Arvidsson et al. 1999). Man sänkte exempelvis körd sträcka från 63 till 56 km för att skota samma mängd virke och tidsåtgången sjönk från 33,9 till ca 31 timmar för samma trakt. Utöver minskade kostnader, tidsåtgång och körd sträcka så är ett smart vägval bra för miljön (Arvidsson et al. 1999).

Produktiviteten vid skogsgödsling med traktor ligger idag på mellan 3-7 ha/timme beroende på hur trakten ser ut. Dagens maskiner lastar omkring 6-7 ton gödselmedel, vilket räcker till en trakt på 12-13 ha. På större trakter innebär detta att förarna ska försöka vara så nära platsen där mer gödselmedel finns att hämta då det tar slut, för att minska tomkörningen. Det är svårt att planera när översikten över stickvägarna är dålig inne i trakten. Andra faktorer som påverkar produktiviteten är terrängförhållandena, dvs. om det är blött och/eller stenigt för att det påverkar körhastigheten negativt (Lundberg 2010, pers. komm.).

Att komma in på en så kallad ”backväg” dvs. en väg utan genomkörningsmöjligheter är ett problem som innebär att maskinen måste backa långa sträckor inne i trakten. Risken för detta är större när man inte har överblick över hur stickvägarna är dragna (muntl. K. Lundberg 2010). Körning i mörker är också en faktor som påverkar produktiviteten negativt då sikten är sämre och därmed ser föraren inte hur stickvägarna är dragna. Det blir då svårare att planera och förutse körningen. Ett annat problem vid gödsling är att om gallringen utfördes för många år sedan så kan det vara svårt att se exakt var stickvägarna går, framförallt i relativt glesa bestånd (Lundberg 2010, pers. komm.).

Ytterligare en svårighet är att beräkna rätt mängd gödselmedel till en given trakt. Det kostar därför varje säsong både tid och pengar att flytta runt gödselsäckar som blivit över eller som fattas (Lundberg 2010, pers. komm.).

Spridningen av gödsel står idag för ca 30 % av den totala kostnaden för en gödsling. En genomsnittlig kostnad för gödsling uppgår till 2960 kr/ha (Skogforsk 2011c). Det innebär att den totala kostnaden för att sprida gödsel på 30 000 ha uppskattningsvis uppgår till 26,6 miljoner kronor årligen för Svenskt skogsbruk varav 4,4 miljoner kronor för SCA, beräknat på en areal av 5 000 ha. Vid en besparing på 10 % genom nyttjande av GPS-teknik och därav en smartare och mera välplanerad körning så skulle det innebära att svenskt skogsbruk årligen skulle tjäna 2,66 miljoner kronor varav SCA skulle tjäna 444 000 kronor årligen.

Företaget RL Gallringsservice (nedan kallad entreprenören) gödslar omkring 75-80% av den totala areal som SCA gödslar med traktor. Företaget ägs tillsammans av en pappa och hans tre söner. Under vinterhalvåret kör de gallringar med maskinerna för att under våren konvertera de två skotarna för gödsling under barmarkssäsongen.

1.2 Mål

Det övergripande målet med detta examensarbete är att undersöka om nyttjande av det digitaliserade stickvägsnät som erhållits från gallring några år tidigare ökar produktivitet (ha/tim) och effektiviteten (gödslad areal per körd sträcka) vid skogsgödsling med traktor.

2. Material och metoder

Studien har genomförts på SCA: s marker inom Västerbottens och Jämtlands förvaltningar. En tjänsteman på SCA har från respektive förvaltning samlat in totalt 59 trakter som har digitaliserat stickvägsnät. Till alla dessa 59 trakter hämtades information om ytstruktur (Y) och lutning (L) in från respektive traktdirektiv. Respektive variabel var klassad mellan 1 och 5 där 1 är lättaste klassen och 5 den svåraste och trakterna delades sedan in efter dessa klasser (Berg 1985). För att få en svårighetsklassning för varje trakt adderades de två variablerna (ytstruktur och lutning) och på de 59 trakter som fanns att tillgå varierade från 2-5 efter denna addition. Trakterna delades upp mellan stora (större än 15ha) och små (mindre än 15ha) och därefter delades dessa trakter upp mellan lätta (klassning 2-3) och svåra (klassning 4-5) (Tabell 1). Därefter fanns fyra grupper med fördelning enligt nedan.

Tabell 1. Fördelning av trakter efter storlek och terrängsvårighet

Table 1. Distribution of stands by size and terrain difficulty

Svårighet (Ytstruktur* och Lutning* adderat)	Små (Mindre än 15 ha)	Stora (Större än 15 ha)
Lätta (2-3)	24	17
Svåra (4-5)	13	5

* Enligt terrängtypschema (Berg 1985)

Inom varje kombination av terrängsvårighet och storlek på trakt lottades hälften av trakterna ut där entreprenören fick tillgång till det digitaliserade stickvägsnätet. Förarna hade sedan denna möjlighet att själv kunna se hur stickvägarna var dragna samt planera sin körning på ett bättre sätt. För den andra hälften av trakter fick entreprenören inte tillgång till den informationen. En jämförelse utfördes mellan dessa hälfter.

Entreprenören använde två John Deere 1110 Eco III skotare av årsmodell 2006 och 2008.

Under gödslingsäsongen arbetar man i två grupper om 5 personer i varje grupp som jobbar 7 dagar och är sedan lediga 7 dagar. Två av ägarna ingår i varje 5-manna grupp och man jobbar på så sätt att två personer kör ena maskinen hela tiden och de tre övriga alternerar mellan att gödsla och köra den trailer som flyttar runt maskinerna. Jobbet läggs upp så att maskinen flyttas till ett stort objekt där den har jobb för ett längre tag. De mindre objekten tas med den andra traktorn som då får flytta runt mera.

Produktiviteten har mätts i hektar gödslad areal/ G_0 timme (ha gödslad areal/ G_0 tim). Effektiviteten har uttryckts som gödslad areal per körd sträcka (ha gödslad areal/km). Gödslad areal har beräknats som en kvot mellan gödslad areal och nettoareal på den aktuella trakten. Hastigheten har mätts i km/h för respektive trakt. Alla dessa variabler har beräknats med hjälp av resultatfiler som är hämtade från mjukvaran i gödseltraktorn. Mjukvaran räknar ut gödslad areal genom att multiplicera körd sträcka med den bredd som gödselaggregatet är inställt på att sprida. En av sönerna i entreprenadföretaget har haft ansvar för att ta fram och skicka in data för detta.

För varje trakt har de personer som gödslat den aktuella trakten fått fylla i ett frågeformulär om trakten (bilaga 1). Svaren har sedan sammanställts och analyserats för att se om det finns skillnader mellan svåra och lätta trakter samt hur mycket hjälp man tyckte man fick av stickvägsnätet i olika trakter. Förarna har alltså själva fått klassificera objekten mellan lätt, medel och svår utifrån vad de tycker när de kört klart trakten. Detta för att få en så bra och lika klassning för alla trakter som möjligt eftersom förarna under sommaren sett alla typer av trakter. Denna klassning har skett utifrån hur ljusförhållanden, underväxt, grundförhållanden, ytstruktur och lutning var i den aktuella trakten.

Programmet ”ResultatAnalys” som är byggt av Thorbjörn Cruse på Cruse Datakonsult användes för att köra varje resultatfil för respektive trakt som hämtades från gödseltraktornas mjukvara. Det första som gjordes med resultaten var att jämföra körd sträcka per gödslad areal, hastighet, tidsåtgång per hektar samt andel gödslad areal av netto arealen mellan de trakter som entreprenören haft tillgång till det digitaliserade stickvägsnätet med de trakter som denne inte haft tillgång till det digitaliserade stickvägsnätet. Därefter har trakterna delats upp efter hur förarna klassat varje trakt med avseende på hur mycket hjälp de haft av stickvägsnätet.

I den statistiska bearbetningen är det utfört nio olika t-tester i programmet minitab och i ett senare skede har det även utförts nio variansanalyser, för att hitta signifikanta skillnader. Resultaten har sedan analyserats för att finna signifikanta skillnader på nivån $p < 0,05$.

3. Resultat

Det fanns en signifikant skillnad mellan produktiviteten för de två förvaltningarna när man gjorde en variansanalys med traktens svårighet inkluderad ($p=0,014$). Det finns ingen signifikant skillnad ($p=0,367$) för produktiviteten om trakten var lätt eller svår (Tabell 2). Trots detta så redovisas i fortsättningen även resultat där traktens svårighet ingår.

Tabell 2. Variansanalys för produktivitet (ha gödslad areal/ G_0 -tim) körd mot Förvaltning och traktens svårighet

Table 2. Analysis of variance for productivity (ha fertilized area/ E_0 -h) against district and difficulties

Källa	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Lätt (1)/Svår (2)	1	7,80	14,09	14,09	0,83	0,367
Förvaltning	1	91,97	110,36	110,36	6,49	0,014
Lätt(1)/Svår(2)*Förvaltning	1	18,86	18,86	18,86	1,11	0,297
Error	50	850,63	850,63	17,01		
Total	53	969,26				

S = 4,12463

R-Sq = 12,24%

R-Sq(adj) = 6,97%

För de trakter förarna haft tillgång till digitaliserat stickvägsnät sjönk andelen gödslad areal från 86,1 % till 85,4 % vilket dock inte var någon signifikant skillnad.

Effektiviteten ökade från 4,42 till 4,75 ha gödslad areal per körd kilometer för de trakter som hade digitaliserat stickvägsnät vilket dock inte heller var någon signifikant skillnad ($p>0,05$). Denna ökning av effektiviteten på ca 7,5 % är ett tecken på mindre andel tomkörning och förarna har kunnat planera sin körning bättre när man haft tillgång till det digitaliserade stickvägsnätet (Tabell 3).

Produktiviteten på dessa trakter sjönk dock från 12,6 till 11,9 G_0 -tim vilket motsvarar en sänkning på ca 5 %.

Tabell 3. Andel gödslad areal, effektivitet och produktivitet på trakter med digitaliserat stickvägsnät i jämförelse mot trakter utan digitaliserat stickvägsnät

Table 3. Proportion of fertilized area, efficiency and productivity in stands with digitized strip roads in comparison to stands without digitized strip roads

Trakter	Andel gödslad areal (%) (gödslad areal/netto areal)	Effektivitet (ha gödslad areal/km)	Produktivitet (ha/ G_0 -tim)
Utan digitaliserat stickvägnät	86,1	4,42	12,6
Med digitaliserat stickvägnät	85,4	4,75	11,9

Efter att trakterna delats upp efter hur förarna klassat varje trakt efter hur mycket hjälp de haft av stickvägnätet ökade andelen gödslad areal. Den ökade i genomsnitt från 74,9 % för klassen där förarna upplevt att de inte haft någon eller haft lite hjälp (1-2) av det digitaliserade stickvägsnätet till i genomsnitt 86,6 % för den klass som förarna upplevt att de haft viss eller stor hjälp (3-5) av det digitaliserade stickvägsnätet (Tabell 4).

Tabell 4. Andel gödslad areal uppdelat utifrån hur stor hjälp av information om stickvägsnätet som förarna tycker att de haft på den aktuella trakten

Table 4. Proportion fertilized area distributed on how helpful the information from the digitized strip roads in a specified stand was for the driver.

Hur mycket hjälp förarna upplevt att de haft på den aktuella trakten. (1-5)	Andel gödslad areal (%) (gödslad areal/netto areal)
1-2	74,9
3-5	86,6

Generellt kan sägas att i de trakter som var stora (större än 15ha) och där förarna också upplevde att de haft viss eller stor hjälp av det digitaliserade stickvägsnätet så ökade andelen gödslad areal med 8-11 %. Högst andel gödslad areal återfanns på trakter mindre än 15ha där förarna haft tillgång till det digitaliserade stickvägsnätet. För de trakter som var små och lätta hade förarna upplevt den högsta hjälpen med ett snitt på 3,67 på en 5-gradig skala, för dessa trakter ökade andelen gödslad areal från 78 % till 86 % jämfört med de trakter i samma klass som förarna inte haft tillgång till digitaliserat stickvägsnät (Tabell 5).

Tabell 5. Hur stor hjälp förarna upplevde att de fått från det digitaliserade stickvägsnätet i de 4 olika klasserna där 1= ingen hjälp och 5= mycket hjälp

Table 5. How much help the drivers felt that they received from the digitized strip roads in the four different classes. 1= no help and 5=much help

Svårighet (Ytstruktur och Lutning adderat)	Små (Mindre än 15 ha)	Stora (Större än 15 ha)
Lätta (2-3)	3,67	1,6
Svåra (4-5)	2,2	3,25

Effektiviteten var mellan 4,5-22,3 % högre för de trakter där man haft tillgång till digitaliserat stickvägsnät. Stora trakter (över 15ha) där summan av klasserna för ytstruktur och lutning var minst 4 hade den högsta effektiviteten och även högsta effektivitetshöjningen jämförd med liknande trakter som inte hade digitaliserat stickvägsnät (Tabell 6). Effektiviteten på dessa uppmättes till 5.04 ha gödslad areal/km, och effektivitetshöjning på dessa trakter låg på 22,3 %.

Tabell 6. Effektivitet (ha gödslad areal/ km) för trakter med digitaliserat stickvägsnät jämfört med trakter utan digitaliserat stickvägsnät

Table 6. Efficiency (ha fertilized area/traveled distance in km) for stands with digitized strip roads compared to stands without digitized strip roads

Svårighet (Ytstruktur och lutning adderad)	Små (Mindre än 15 ha)			Stora (Större än 15ha)		
	Utan digitaliserat stickvägsnät (ha/km)	Med digitaliserat stickvägsnät (ha/km)	Förändring (%)	Utan digitaliserat stickvägsnät (ha/km)	Med digitaliserat stickvägsnät (ha/km)	Förändring (%)
Lätta (2-3)	4,35	4,58	+5	4,4	4,82	+9, 5
Svåra (4-5)	4,48	4,68	+ 4,5	4,12	5,04	+22, 3

Produktiviteten var väldigt lika om man jämför alla trakter, men det kan konstateras att tillgång till digitaliserat stickvägsnät bidrar till en produktivitetshöjning på mellan 6-21 % på de större trakterna. I genomsnitt ökar produktiviteten med 13 % på stora trakter (Tabell 7).

Tabell 7. Produktivitet på stora och små trakter med och utan tillgång på digitaliserat stickvägsnät

Table 7. The productivity (ha fertilized area/E₀-h) at small and large stands with and without access to digitized strip roads

Storlek på trakten	Produktivitet utan digitaliserat stickvägsnät (ha/G ₀ -tim)	Produktivitet med digitaliserat stickvägsnät (ha/G ₀ -tim)	Förändring av produktivitet (%)
Stora trakter (större än 15 ha)	12,6	14,2	+ 13
Små trakter (mindre än 15 ha)	10,6	12,1	-14

Det fanns en signifikant skillnad ($p=0,037$) mellan hur stor effekten av digitaliserat stickvägsnät var mellan de två förvaltningarna Jämtland och Västerbotten (Tabell 8). Störst nytta av det digitaliserade stickvägsnätet hade man i Västerbotten där man fick en höjning på 1,9 gödslad areal /G₀-tim i produktivitet och en effektivitetshöjning på 0,54 ha gödslad areal/km (Tabell 8). Det fanns dessutom en signifikant skillnad mellan produktiviteten för de två förvaltningarna rent generellt på signifikansnivån $p=0,1$ ($p=0,057$).

Tabell 8. Variansanalys för produktivitet (ha gödslad areal/G₀-tim) körd mot Förvaltning och tillgång till digitaliserat stickvägsnät

Table 8. Analysis of variance for productivity (ha fertilized area/E₀-h) against district and access to digitized strip roads

Källa	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Förvaltning	1	93,41	60,72	60,72	3,80	0,057
Med digitaliserat stickvägsnät (1) / Utan (2)	1	3,59	22,75	22,75	1,42	0,238
Förvaltning*Med digitaliserat stickvägsnät (1)/Utan (2)	1	73,17	73,17	73,17	4,58	0,037
Error	50	799,09	799,09	15,98		
Total	53	969,26				

S = 3,99773

R-Sq = 17,56%

R-Sq(adj) = 12,61%

4. Diskussion

4.1 Bortfall

På 2 av de 59 trakterna saknades korrekta data och dessa gick ej att få fram i efterhand vilket innebar att dessa två trakter uteslöts ur försöket.

4.2 Produktivitet och effektivitet vid nyttjande av digitaliserat stickvägsnät

Samtidigt som andelen gödslad areal ökar så ökar även nyttan av gödslingen i form av högre tillväxt på en större andel av varje trakt.

Den addering som utfördes på respektive trakt för att få en slags svårighetsklassning på trakten var det enda rimliga som gick att göra utifrån de två variabler (Y) ytstruktur och (L) lutning som fanns att tillgå för respektive trakt.

Det gick inte att hitta signifikanta skillnader mellan effektivitet, produktivitet eller andel gödslad areal när de variablerna kördes mot om man hade haft tillgång till digitaliserat stickvägsnät eller inte samt mot om trakten var lätt eller svår. Det beror främst på att variationen är stor och materialet är litet. För att hitta skillnaderna borde försöket göras om med ett större antal trakter.

Den sänkning av produktivitet på 5 % som uppmätts när det digitaliserade stickvägsnätet utnyttjades berodde antagligen på tillfälligheter. Det resultatet motsägs av tidigare studier som istället indikerar att produktiviteten borde öka (Arvidsson et al. 1999).

Den ökning av effektivitet som uppmättes till 7,5 % medför givetvis en vinst i sig då man har mindre tomkörning än tidigare. Detta borde normalt ha gett en högre produktivitet men på de trakter där digitaliserat stickvägsnät användes hade man en något lägre hastighet vid gödsling och man fick därför dessa två något motsägelsefulla resultat. Skulle däremot hastigheten med och utan digitaliserat stickvägsnät ha varit lika så hade resultatet sett ut som kalkylen nedan (Tabell 9). På en gödslad areal av 5000 ha motsvarar en effektivitetshöjning på 7,5 % en sänkning av körd sträcka med 79 km, en sänkning av tidsåtgången med 29 timmar och en sänkning av kostnaden med 21 750 kr (Tabell 9).

Tabell 9. Resultat av 7,5 % effektivitetshöjning med avseende på körd sträcka, tidsåtgång och kostnad
Table 10. Result of 7,5 % higher efficiency with respect to driven distance, time and costs

	Utan digitaliserat stickvägsnät	Med digitaliserat stickvägsnät	Förändring
Körd sträcka (km)	1131	1052	-79
Tidsåtgång (G ₀ -timmar)	419	390	-29
Kostnad (kr)	314 250	292 500	-21 750

Kalkylen är räknad utifrån en areal på 5000 ha och hastigheten är bestämd till 2,7 km/h som var genomsnittet i alla de 59 trakter som ingick i detta försök (Tabell 10).

Tabell 10. Exempel på areal, hastighet, kostnad och effektivitet vid skogsgödsling med traktor
Table 9. Example on area, speed, costs and efficiency in forest fertilization with tractor

Totalt gödslad areal per år (ha)	5000
Hastighet vid gödsling (km/h)	2,7
Kostnad per timme John Deere 1110 (kr/G ₀ -tim)	750
Antal gödslade ha per körd km utan digitaliserat stickvägsnät	4,42
Antal gödslade ha per körd km med digitaliserat stickvägsnät	4,75

4.3 Problem vid gödsling

Om problemet med ”backvägar” minskade genom användandet av digitaliserade stickvägar är svårt att kontrollera. Eftersom effektiviteten har ökat är det mycket troligt att användandet av det digitaliserade stickvägsnätet kunnat undvika några av de platser där ”backvägar” finns och på det sättet kunnat minska tomkörningen.

Körning i mörker är ett problem då siktsträckan och möjligheten att planera sin körning minskar och genom att nyttja digitaliserade stickvägsnät har man fått bättre möjlighet att planera och en bättre överblick även här borde tomkörningen ha minskat. På de trakter där det var många år sedan gallring har man haft svårt att se exakt hur stickvägarna är dragna och det har sannolikt varit så att man fått ägna en del tid åt att leta efter stickvägarna vilket nu med det digitaliserade stickvägsnätet borde ha gått snabbare. Det är svårt att säga mer exakt hur mycket av de tre problemen som nämns ovan har minskat i omfattning men eftersom effektiviteten ökat så borde alla de tre ovan nämnda problemen ha minskat men hur mycket är omöjligt att säga då det saknas data för att mäta dessa tre enskilt.

Referenser

Tryckta referenser

Arvidsson, P-E., Eriksson, P., Eriksson, I., Rönnqvist, M., Westerlund, A., & Igeklint, P. 1999. Smartare vägval i skotningen – bra för både ekonomi och miljö. Skogforsk. Resultat nr 22. Uppsala.

Berg, S. 1985. Forskningsstiftelsen skogsarbetens terrängtypschema. SFM Specialnotiser nr 30. Stockholm.

Jacobsson, S. & Pettersson, F. 2003. Ny vår för skogsgödslingen? Skogforsk Resultat nr 23. Uppsala

Jacobsson, S., Pettersson, F., Högbom, L. & Sikström, U. 2005. Skogsgödsling – en handledning från Skogforsk. Uppsala.

Lindkvist, A. & Kardell, Ö. 2009. Skogsgödslingen i backspegeln. Skogshistoriska tidender nr 3.

Skogsstatistisk årsbok 2009. Skogsstyrelsen. Jönköping. ISBN: 978-91-88462879.

Staland, F. 1999. Användande av DGPS som navigeringsstöd vid avverkning. SLU, Umeå. Skogsteknologi, Studentuppsatser nr 30. Institutionen för skoglig resurshushållning.

Digitala referenser:

Skogforsk 2011a. Sju baskrav för gödsling. <http://www.skogforsk.se/KunskapDirekt/Alla-Verktyg/Godslingskalkyl/Sju-baskrav-for-godsling-ny/>

Skogforsk 2011b. Skogsgödsling med kväve. <http://www.skogforsk.se/sv/KunskapDirekt/Vattenvard/Effekter-av-olika-skogsbruksatgarder/Skyddsvarda-vatten>

Skogforsk 2011c. Kostnader för gödsling. <http://www.skogforsk.se/sv/KunskapDirekt/KraftsamlingSkog/Priser-och-kostnader/Kostnader/>

Muntliga referenser:

Bobik, Mike, SCA Skog. Telefonsamtal Maj, Oktober-December 2010.

Lantz Mats-Åke, SCA Skog. Telefonsamtal Maj, 2010.

Lundberg, Kim, RL Gallringservice AB. Telefonsamtal Maj & Oktober 2010.

Bilaga 1

Frågeformulär.

1. Trakt id:

2. Hur mycket hjälp i denna trakt tyckte du/ni att du/ni fick av det digitaliserade stickvägsnätet förutsatt att ni hade tillgång till det?

1 2 3 4 5

Ingen hjälp

Viss hjälp

Mycket hjälp

3. Hur var ljusförhållandena när ni gödslade denna trakt?

1 2 3

Dagsljus

Mörkt

4. Vilken svårhetsgrad tycker du/ni att trakten hade med avseende på **underväxt**?

1 2 3 4 5

Lätt

Medel

Svår

5. Vilken svårhetsgrad tycker du/ni att trakten hade med avseende på **grundförhållanden**?

1 2 3 4 5

Lätt

Medel

Svår

6. Vilken svårhetsgrad tycker du/ni att trakten hade med avseende på **ytstruktur**?

1 2 3 4 5

Lätt

Medel

Svår

7. Vilken svårhetsgrad tycker du/ni att trakten hade med avseende på **lutning**?

1 2 3 4 5

Lätt

Medel

Svår

Lathund till frågeformuläret

Grundförhållanden och markens hållfasthet indelas i fem klasser där 1 är bäst och 5 är sämst. När du vill beskriva grundförhållanden väger du samman jordart, fuktighet och armering.

- 1: Mycket goda grundförhållanden
- 2: Mellanklass
- 3: Medelgoda grundförhållanden
- 4: Mellanklass
- 5: Mycket dåliga grundförhållanden

Ytstrukturen beskriver förekomsten av hinder som stenar, block, jordhögar, stubbar eller gropar. Ytstrukturklass 1 är lättast och klass 5 är svårast. Genom att bedöma hindrens höjd och antal kan du få fram ytstrukturklass med beslutsstödet. Klassningen kan göras för hela trakten eller för avgränsade terrängavsnitt.

- 1: Mycket jämn markyta,
- 2: Jämn mellanklass,
- 3: Något ojämn markyta,
- 4: Ojämn mellanklass,
- 5: Mycket ojämn markyta.

Lutningen anges i procent eller grader och skall avse den dominerande klassen över avverkningstrakten. Klasserna är enligt tabellen men det enklaste är att ange i hur många grader det lutar på din mark. All lutning skall avse mätningar mellan punkter på minst 25 m horisontellt avstånd från varandra. Lutningen kan uppskattas med hjälp av lutningsmätare eller höjdmätare.

- 1: Plan mark eller svag lutning
- 2: Låg mellanklass
- 3: Måttlig lutning
- 4: Hög mellanklass
- 5: Stark lutning