

MODELLERING AV TRANSPORTGEVINST VED SKOGSBILVEGBYGGING

MODELLING OF TRANSPORT GAIN IN FOREST ROAD CONSTRUCTION

DAG OKKENHAUG BÆVRE

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP
INSTITUTT FOR NATURFORVALTNING
MASTEROPPGAVE 30 STP. 2009



Forord

I løpet av min skogfagutdannelse her ved Universitetet for miljø- og biovitenskap har jeg hatt flere kurs hvor jeg har lært at lønnsomheten av tiltakene vi gjør i skogen i stor grad er avhengig av skogens beliggenhet i forhold til veg, mens i noen tilfeller kan en veg være avgjørende for om tiltaket kan gjennomføres. Vegens sentrale rolle i skogbruket så jeg på som interessant og jeg valgte derfor å ta kursene vegplanlegging og vegbygging. Kursene ga meg videre innsikt i fordelene ved en veg og økte lysten til å fordype meg i dette emnet. Da jeg skulle velge tema for masteroppgave ønsket jeg at oppgaven skulle være nyttig for skognæringa. Derfor tok jeg kontakt med Jan Olsen og Nils Olaf Kyllø ved Fylkesmannen i Nord-Trøndelag. Disse ga meg innspill på problemstillinger som kunne være av interesse å få belyst. Disse tok jeg med videre til min veileder Jan Bjerketvedt og vi kom sammen fram til en oppgave med bakgrunn i temaet transportgevinst ved bygging/ombygging av skogsbilveg.

Jeg vil takke mine veiledere, Førsteamanuensis Sjur Baardsen som er ansatt ved Institutt for naturforvaltning og fylkesskogmester Jan Bjerketvedt ved Fylkesmannen i Østfold, for hjelp og veiledning jeg har fått i arbeidet med denne oppgaven. Jeg vil også takke mine foreldre og min svoger for gjennomlesning og konstruktive innspill under skrivingen.

Forhåpentligvis vil min analyse, oppdateringer og modellutvikling være nyttig for de som har et forhold til temaet.

Dag Okkenhaug Bævre

Ås 12. mai 2009

Sammendrag

I Norge har vi 48 406 km med skogsbilveger, mange av disse vegene trenger ombygging for å holde kravene til skogsbilveg. I tillegg til dagens skogsbilveger er det også behov for nybygging av veger, særlig i kyststrøkene der vegdekningen er lav. Mye av den skogreisninga som har skjedd på kysten begynner nå å bli hogstmoden, noe som gjør denne problemstillingen ekstra aktuell. Transportgevinsten er gevinsten av å bygg eller ombygge en veg, i forhold til å la området være med dagens vegdekning. Transportgevinsten er et viktig beslutningsgrunnlag under planlegging og lønnsomhetsvurdering av veg. Den brukes også til i rangere veganlegg m.h.p. nytte av tilskudd fra det offentlige.

Denne studien er en kombinasjon av litteraturstudie og egne modelleringer utregnet med ajourførte forutsetninger og data. Hensikten var å få kartlagt om dagens modeller ga et godt og realistisk mål for lønnsomheten. På bakgrunn av denne modellkunnskapen er det utarbeidet nye modeller og foretatt sammenligninger med eksisterende modeller.

En gjennomgang av dagens modeller for transportgevinst viser at forutsetningene er foreldet eller at det kreves så god bakgrunnskunnskap av brukeren at det blir en høy terskel for å bruke modellen.

Den nye modellen gjelder for; nybygging av skogsbilveg, ombygging av traktorveg og ombygging av skogsbilveg av høyere klasse til klasse 3 eller 4. Modellen for nybygging av skogsbilveg er delt opp i en bestandsvis og en forenklet modell. Inndata for modellene er:

- antall m³ aktuell for hogst, tynning og uttak av bioenergivirke
- antall dekar i bonitetsklassene høy, middels og lav
- terrengforhold i klasser
- innspart terrengtransport i meter
- antall dekar som skal plantes eller ungskogpleies

Nye faktorer som er tatt med i den nye modellen er markas bæreevne og m³ virke som blir kjørt ut for bioenergiformål. Markas bæreevne har stor betydning for kjøreskadene som oppstår under framkjøring og er derfor viktig å ta med i en modell som skal beskrive innsparingene med et veganlegg. Uttak av bioenergi kan bli en viktig inntektskilde i skogbruket i framtiden og er derfor nødvendig å få med i en ny modell som er laget for framtidig bruk.

En følsomhetsanalyse på den nye modellen viser at faktorene maskinkostnad på hogstmaskin og lassbærer, uttaksprosent og kjørehastighet i terrenget har mest betydning for den totale transportgevinsten. En analyse av forholdet mellom realrenten og den prosentvise volumtilveksten i forhold til når virket skal tas ut viser at en stor differanse mellom rente og tilvekst betyr at det er ekstra viktig å få fanget opp når virket skal tas ut igjennom modellen. Dette gir oss kunnskap til å si at en forenklet modell kan brukes i de tilfeller der det er liten variasjon i terrengforhold og bonitet og hvis det er liten differanse mellom renta og tilveksten.

Abstract

There are 48 406 km of forest roads in Norway (2006). However, low coverage of forest roads in many regions and poor quality of existing roads makes upgrading and new construction of roads an important forest management issue. During cost-benefit analysis, and ranking of road projects, the “transport gain” parameter is essential. This parameter predicts the gain from running forest operations based on new or reconstructed forest roads compared to running similar operations based on present road coverage.

This study is based on a literature review and modelling to discuss parameters and assumptions of the models present up against today’s equipment and methods used in forest operations. The intention is to evaluate if the models give a sound and realistic measure of the profitability of a road. A new model is proposed based on the review.

The review of the models present shows either that the assumptions are outdated or that the models are very complex and demands highly skilled users.

The new model proposal applies to: construction of a new forest road, reconstruction of roads formerly classified for transport only by tractors, and reconstruction of formerly higher classified forest roads into road class 3 or 4. The model for construction of a new road is divided into a stand wise and a simplified model. The predictions are made from input data describing:

- volume (in m³) available for final harvest, thinning or removal of wood for bioenergy purposes
- area (in 1/10 ha) in site index classes “high”, “medium” and “low”
- terrain conditions in classes
- reduced terrain transport in metres
- area (in 1/10 ha) to be regenerated by planting or pre-commercial thinned

New factors included in the model are the carrying capacity of the ground and the volume of wood transported for bioenergy purposes. The degree of damage to ground caused by transport in terrain (e.g. forwarding) is mainly distinguished by the carrying capacity of the ground. Carrying capacity is therefore important to describe as a model input. Harvesting of bioenergy is predicted to become a major source of income for forestry in near future. It is therefore important to include also these operations in the models.

A sensitivity analysis of the new model show that equipment costs of harvester and forwarder, harvest intensity and transport speed are those factors most important for the estimated transport gain. An analysis of the ratio between real interest rate and annual increment percentage relative to time of harvest show that it is more important to be able to know time of harvest of individual stands when the difference between interest rate and annual increment is large.

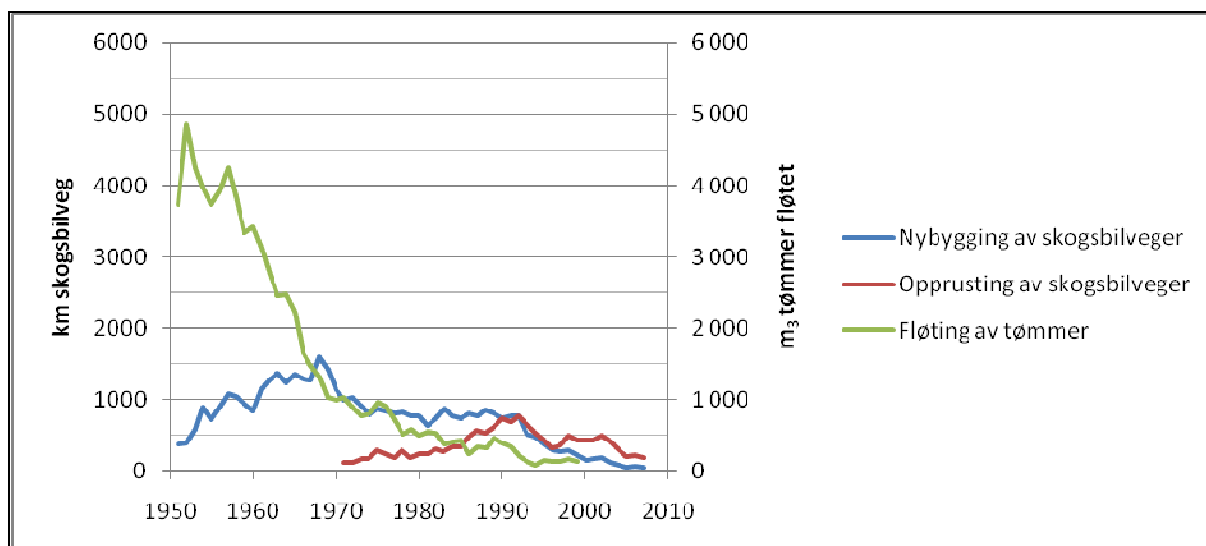
INNHold

1.0	Innledning.....	1
2.0	Gjennomgang av tidligere modeller for utregning av transportgevinst	5
2.1	Terrengklassifisering	6
2.1.1	Bæreevne	7
2.1.2	Overflatestruktur	8
2.1.3	Helning	10
2.2	Transporthastighet i terreng og på veg	12
2.3	Innsparing ved terrengtransport av tømmer.....	14
2.4	Innsparing ved hogst.....	16
2.5	Innsparinger ved administrasjon.....	17
2.6	Innsparinger ved planting	18
2.7	Innsparinger ved ungsogpleie	19
2.8	Andre fordeler ved vegen	19
3.0	Material og metode.....	22
3.1	Nybygging av skogsbilveg	22
3.1.1	Bestandsvis modell.....	22
3.1.2	Forenklet modell	25
3.2	Ombygging av traktorveg til bilveg.....	26
3.3	Ombygging av bilveg av høyere klasse til klasse 3 eller 4.....	27
3.4	Svartåsvegen	27
3.5	Bonitetstest	27
3.6	Følsomhetsanalyse	28
4.0	Resultat.....	30
4.1	Nybygging av skogsbilveg	30
4.1.1	Svartåsvegen	33
4.1.2	Bonitetstest.....	34
4.1.3	Følsomhetsanalyse	35
4.2	Ombygging av traktorveg til bilveg.....	38
4.3	Ombygging av skogsbilveg til klasse 3 eller 4	40
5.0	Diskusjon.....	41
6.0	Konklusjon	47
7.0	Litteratur.....	48
	Vedlegg 1	53
	Vedlegg 2	55

1.0 Innledning

Vannet har alltid vært en av våre viktigste transportveger. Slik var det også for tømmertransporten fra våre dype skoger til industrien ved utløpet av vassdraget. Hesten ble brukt til å kjøre tømmeret fra stubben til nærmeste vassdrag, der tømmeret ble lagt opp i påvente av snøsmelting og stor vassføring. Samset (1997) skriver at man i den mest aktive fløteperioden hadde en tetthet av fløtingsvassdrag på lik linje med dagens skogsbilvegnett. I tillegg hadde man stier og hesteveger langs vassdragene. En to-vendingers hesteveg til/fra vassdraget kunne være på over 6 km på vinterføre. Med vassdrag, stier og hesteveger var det aller meste av skogarealet tilgjengelig for skogsdrift. Men denne fløtingen var svært arbeidsintensiv. Først barking av tømmeret, så stabling på elvebredden, og i tillegg fløtere og damvoktere. Så lenge vassdragene var den eneste mulige fraktruten for tømmeret hadde man heller ikke mulighet til å få ferskt virke til industrien i store deler av året. Det ble derfor allerede i 1935 viet en viss interesse for bygging av skogsbilveger. Ingeniør O. Benterud (Benterud 1935) skrev da i "Tidsskrift for skogbruk" at "Interessen for bedre veier i skogene har lenge vært stadig stigende." Videre skriver han at "forstmenn og skogeiere nu interessere sig meget for å bygge veier, såvel farbare med bil som bare for almindelig hestetransport".

Til tross for interessen holdt fløtingsaktiviteten seg relativt stabil fram til slutten av 1950 tallet (Figur 1).



Figur 1. Antall km nybygde og ombygde skogsbilveg og fløtet tømmer pr. år.

I 1950 var det en topp i antall sysselsatte i skogbruket med 36 631 lønnstakere (Trædal 2008). Dette skyldes et stort behov for trevirke til oppbyggingen av landet etter krigen. På 1960- og 1970- tallet vokste industrien fram og den gode tilgangen på arbeidskraft ble borte. Dette satte for alvor fart på bygging av skogsbilveger. Vannkraftutbygginga og nye overføringslinjer for elektrisk kraft førte også til veger som kunne nyttes til tømmertransport. Vegutbyggingen i denne perioden ga industrien en jevnere tømmertilgang gjennom hele året.

I 2006 hadde Norge 48 406 km skogsbilveger i klassene helårs- og sommerbilveg. Industrien hevder de har behov for ferskt virke gjennom hele året noe som har ført til at skognæringa i dag er helt avhengig av skogsbilveger av god standard, men vegbyggingen i Norge har nå i flere år vært på et historisk lavmål. Selv om det er stort behov for nybygging av veger i skogreisningsstrøkene og ombygging av veger i de mer etablerte skogområdene, har man ikke fått aktiviteten opp på et høyere nivå. I 2008 ble det bygget 74 km nye skogsbilveger i Norge, mens det ble ombygd/omlagt 316 km (SSB 2009).

En stor andel av tømmerkvantumet som skal tas ut de neste 50 årene kommer fra skogreisningsstrøkene på Vestlandet og i Nord- Norge. Med få begrensninger på avvirkningskvantumet kan vi i følge Øyen (2008) få et langsiktig balansekvantum på 7,5-8 mill. m³ på dagens skogarealer i kystfylkene (Vestlandet, Trøndelag, Nordland og Troms). Et uttak i denne størrelsesorden krever en like god vegdekning som i de ”etablerte skogområdene”, noe som betyr at det må bygges 400 km. veg pr. år i 50 år (Sellæg *et al.* 2008). Vegplanlegging i kyststrøk er mer krevende på grunn av at terrenget for mye av arealet bare er tilgjengelig med taubaneutstyr, og en eiendomsstruktur med mange relativt små eiendommer (Sellæg *et al.* 2008).

De første vegene som ble bygd var enkle og av en helt annen klasse en hva som kreves i dag. Mange av disse vegene har ikke blitt vedlikeholdt og opprustet/ombygd i takt med tiden. Dette medfører at det også er et stort etterslep på ombygging av eksisterende veger.

Den sittende regjering har ved flere anledninger vist stor interesse for bioenergi, sist ved å gi ekstra tilskudd til produksjon av skogsflis gjennom tiltakspakken (Landbruks- og matdepartementet 2009). Produksjon av bioenergi har fram til nå vært vanskelig å få til med økonomisk overskudd. Grunnen til dette er at betalingsvilligheten for energibærere fra skogen

er lav og derfor må kostnadene med uttak være lave. Med flere veger vil man kunne dekke et større område med korte driftsveglengder og få tatt ut mer virke til bioenergiformål til en lavere pris.

Ved nybygging eller ombygging av skogsbilveg er man i følge "Forskrift om planlegging og godkjenning av veier for landbruksformål" pålagt å søke kommunen (Landbruksdepartementet 1996), bl.a. å sikre helhetlige løsninger. Søkeren plikter å fylle ut informasjon i søknadsskjema M-0021 B/N, noe som bl.a. innbefatter transportgevinsten til vegen. Transportgevinsten er et mål på de innsparingene som man får ved å bygge eller ombygge en skogsbilveg. Gevinsten er differansen før og etter tiltaket. Transportgevinst på en landbruksveg kan være knyttet til alt fra jordbruk, skogbruk, husdyrhold, hytter etc., men ofte vil det være en kombinasjon av flere faktorer som utgjør transportgevinsten. Det kan også være andre fordeler av vegen, men mange av disse fordelene er vanskelig å sette en økonomisk verdi på som for eksempel jakt, fiske eller friluftsliv. Gundersen & Nyeggen (2007) skriver at tilgjengeligheten til skogen er viktig for bruken av skogen til friluftsliv. Ved hjelp av vegene kommer man seg ut i skogen enten ved hjelp av bil eller som gående. På vinteren blir mange skiløyper kjørt opp på skogsbilvegene. For ren skogbruksaktivitet vil transportgevinsten i stor grad være knyttet opp til hogst og skogkulturtiltak. De største innsparingene ved en ny veg er ved terrengtransport tømmer (Jorstad 1987).

Terrengtransport med lassbærer er både mer tid- og energikrevende enn hva transport av tømmer på tømmerbil er. Tømmertransport med tømmerbil på skogsbilveg er 20-30 % mer effektivt enn transport med lassbærer ute i terrenget (Norsk institutt for Skog og landskap u.å.-b). På denne måten blir det en gevinst ved bygging av en veg som gjør at terrengtransporten blir korter. Det vil også være innsparinger på den nye vegen som følge av enklere tilgjengelighet til skogarealet, som gjør for eksempel skogkulturarbeid og administrasjon billigere.

I Norge har vi hatt flere forskjellige metoder for utregning av transportgevinst. Jorstad (1987) laget igjennom sin hovedoppgave ved NLH (nå UMB) en metode for enkel fastsettelse av transportgevinst. I 1994 kom det en forenklet metode for utregning av transportgevinst fra Landbruksdepartementet (Landbruksdepartementet 1994). Denne var så enkel at den hadde en fast sats for traktorterreng og en for taubane/vinsjeterreng. Det var også en korreksjonsfaktor

for boniteten som skulle veie opp for gevinsten ved planting, ungskogpleie, administrasjon m.m. I 1999 fikk Norsk institutt for skogforskning (NISK) i oppdrag av Landbruksdepartementet å utarbeide nye effektive rutiner for beregning av lønnsomhet ved skogsveibygging. Det ble da utarbeidet en ny metode for beregning av transportgevinst (Norsk institutt for Skog og landskap u.å.-a) (Senere referert som Skog og landskap u.å.-a).

Metoden for utregning av transportgevinst varierer fra vegplanlegger til vegplanlegger, og det er i dag ikke noe bestemt standard for hvordan dette skal gjøres. Dette fører til store variasjoner i transportgevinsten mellom prosjekter, noe som kan være utslagsgivende i en tidlig fase av vegplanleggingen. Det er viktig med en enkel modell med en lav brukerterskel fordi planleggingen ofte involverer mange med begrenset kompetanse på veg. På bakgrunn av dette er det nødvendig å se om dagens modeller er foreldet eller er for komplekse og dermed har for høy brukerterskel. Det vil også til enhver tid være viktig å vurdere muligheter for forbedringer, i tillegg til at man bør være på utkikk etter nye faktorer som kan spille inn på transportgevinsten.

Transportgevinst er viktig i planlegging av veg, og er et helt sentral beslutningsgrunnlag for realisering av planer. Forutsetningene og de driftstekniske og økonomiske faktorene må kunne oppdateres. For å forbedre dagens modeller eller utvikle nye modeller, er det nødvendig å analysere modellene og teste disse med oppdaterte data. En enkel, men likevel presis modell har skognæringen og myndighetene behov for nå som det rettes mer oppmerksomhet mot uttransport av tømmer og bioenergivirke fra områder med dårlig vegstandard eller uten veg. Dette er utfordringer som jeg vil ta opp i denne oppgaven.

Det vil jeg gjøre ved å analysere modellen til Jorstad (1987) og Skog og landskap (u.å.-a) og på bakgrunn av disse og Berg (1991) sin terrengklassifisering, lage en modell for utregning av transportgevinst. Videre ønsker jeg å sammenligne den nye modellen med tidligere modeller og utføre en følsomhetsanalyse på den nye.

2.0 Gjennomgang av tidligere modeller for utregning av transportgevinst

Utrekningen av transportgevinst kan gjøres på flere måter. Noen av metodene har vært forenklete modeller, mens andre har tatt for seg et helhetlig bilde med mange detaljer. I det følgende vil jeg presentere noe av arbeidet som er gjort tidligere på området.

Jorstad (1987)

Øyvind Jorstad utarbeidet igjennom sin hovedoppgave i 1987 en metode for enkel beregning av transportgevinst (Jorstad 1987). Denne modellen tar utgangspunkt i fire terrengklasser som beskriver terrenget ved hjelp av helning, overflatestruktur og bæreevne. I tillegg er det tre forskjellige behandlingsalternativ som i stor grad gjenspeiler boniteten på voksestedet. Behandlingsalternativene blir brukt for å kategorisere hvor mange ganger man gjør behandlinger i de forskjellige bestandene. Jorstad har tatt med to ytterpunkter og en middelveg. Behandlingsalternativ 1 er på god bonitet med kort omløpstid (70 år) og med mange behandlinger på den korte tiden. Behandlingsalternativ 3 er på lav bonitet med lang omløpstid (140 år) med kun planting uten noen form for kulturaktivitet. Ut fra disse enkle dataene kan man gå inn i en tabell og få innsparingene i kroner pr. m³ og 100 meter innspart driftsveglengde.

Landbruksdepartementet (1994)

Dette er en utregningsmetode som kom sammen med skjemaet ”Melding om skogsveibygging” fra Landbruksdepartementet (Landbruksdepartementet 1994). Dette er en veldig enkel utregningsmetode for transportgevinst, der man tar utgangspunkt i svært få faktorer. De eneste inndataene man trenger er terrengforholdene (traktorterreng, vinsj/taubaneteterreng), arealfordelingen av god, middels og lav bonitet samt antall m³ i hogstklasse 4 og 5. Ut fra dette får man da innsparingene i kr pr. m³ og 100 meter innspart driftsveglengde for hogst og i kr pr. dekar og 100 meter innspart driftsveglengde for enklere tilgang til skogarealet.

Skog og landskap (u.å.-a)

Uregningsmetoden ble utarbeidet på oppdrag fra Landbruksdepartementet og er en omfattende og nøyaktig måte å regne ut transportgevinsten på. Metoden gir brukeren stor

valgfrihet til å sette inn egne forutsetninger. Terrenget klassifiseres etter helning (4 klasser + traktorveg) og overflatestruktur (4 klasser + traktorveg). Dette sammen med den innsparte kjøreavstanden gir grunnlag for utregning av transportgevinst ved alle skoglige tiltak. I regnearket er det mulig å ta hvert enkelt bestand for seg, men man kan også forenkle det ved å ta hver teig i stedet for hvert bestand. Alt dette ligger inne i et regneark som gjør at selve utregningen er enkel når forutsetningene er satt. Denne metoden er i stor grad basert på at det settes inn egne forutsetninger. Derfor vil modellen ha lengre brukstid ettersom den oppdateres med dagsaktuelle tall, men brukeren må ha god bakgrunnskunnskap og mye informasjon.

Videre skal jeg nå ta for meg modellene til Jorstad (1987) og Skog og landskap (u.å.-a) og prøve å splitte opp disse for å se på utregningsmetoder og identifisere nye faktorer som er avgjørende for transportgevinsten.

2.1 *Terrengklassifisering*

Terrengklassifiseringen er en viktig del av det å regne ut transportgevinst da terrenget virker sterkt inn på hvor raskt det er mulig å ta seg fram både med tømmer og som gående. Terrenget kan beskrives ved hjelp av deskriptiv eller funksjonell terrengklassifisering (Samset 1975). *Deskriptiv terrengklassifisering* tar utgangspunkt i fysiske målbare kjennetegn ved terrenget som jevnhet, bæreevne og helning. En deskriptiv terrengklassifisering er uavhengig av driftsmetoder som er aktuell for området. Dette gjør at klassifiseringen har lang gyldighet, ettersom terrenget kun beskrives som det er. Et eksempel på en deskriptiv terrengklassifisering er det svenske ”Terrängtypsschema för skogsarbete”(Berg 1991) som ble utarbeidet i 1982 og oppdatert i 1991. *Funksjonell terrengklassifisering* deler terrenget inn i klasser etter en bestemt målsetting for klassifiseringen. Dette kan for eksempel være driftsmetoder som kan brukes i terrenget. Denne metoden tar utgangspunkt i den deskriptive terrengklassifiseringen, men krever i tillegg god kunnskap om maskiner og hvordan de opptrer i terrenget. Ettersom det stadig skjer en utvikling i forhold til maskiner, vil denne klassifiseringen ha kortere gyldighet enn en deskriptiv klassifisering. Et eksempel på en funksjonell terrengklassifisering er Jorstad (1987) sin klassifisering, der han har tatt utgangspunkt i den første utgaven av det svenske ”Terrängtypsschema ...”

Med tanke på transportgevinst for en skogsbilveg er det særlig tre parametere som er viktig å klassifisere: bæreevne, overflatestruktur og helning. Disse parametrene skal jeg gå nærmere inn på nedenfor.

2.1.1 Bæreevne

Bæreevnen sier noe om jordas evne til å tåle påkjenning uten å få varig skader. I følge Berg (1991) er bæreevnen først og fremst avhengig av jordart, fuktighet og armering. Berg deler bæreevnen inn i 5 klasser (Tabell 1).

Tabell 1. Klassifisering av bæreevne (Berg 1991)

	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5
Bæreevne	God bæreevne. Går bra å kjøre året rundt	Går bra å kjøre året rundt, men med forsiktighet under teleløsning og ved mye regn	Middels god bæreevne. Vær forsiktig ved høy markfuktighet, i lavtliggende terreng og ved mange overfarter	Her har armeringen mye å si. Når bakken ikke er spekt er bæreevnen dårlig for tunge maskiner, vær forsiktig med lokale forsumpinger	Veldig dårlig bæreevne. Avhengig av tele for å kjøre.

Med armering menes røtter, trerester og steiner som er med på å binde jorda sammen. Røtter og trerester vil ha en kortvarig effekt på bæreevnen, mens steiner vil virke inn på bæreevnen i all overskuelig framtid (Berg 1991).

Av de norske metodene for utregning av transportgevinst er det bare Jordstad (1987) sin modell som tar med bæreevnen i klassifiseringen. Han brukte en tidligere utgave av Berg¹ (1991) i sin klassifisering og har i den klassifiseringen tatt med terreng med bæreevne til og med klasse 4. Klasse 5 er ikke tatt med i Jorstads modell for utregning av transportgevinst.

Gjedtjern (1989) fant igjennom sin doktorgradsoppgave at tidsforbruket på mark med dårlig bæreevne økte med 25 % ved kjøring med lass og 20 % uten lass. Hun forklarer dette med at dypere spor gir større rullemotstand, dette igjen er årsaken til at det brukes lengre tid på å kjøre samme strekning. Dype spor vil i tillegg til økt tidsforbruk, også føre til kostnader ved utbedring av sporskader etter drift. I følge standarden for *Levende skog* skal det legges vekt på hindre sporskader og utbedre eventuelle sporskader så raskt det er praktisk mulig (Levende

¹ Jorstad (1987) oppgir Berg (årstall ikke oppgitt) for sin terrengklassifisering

skog 2009). Både å hindre sporskader og utbedre eventuelle skader vil være en kostnad med tømmertransporten i terrenget.

Å hindre sporskader fører til at det går med mer tid til alternativ aktivitet som å legge bar i kjørevegen under hogsten, eller finne alternative kjøreruter. Dale (1995) undersøkte omfanget og årsakene til hjulsporskader etter skogsdrifter. Han kom fram til at de dypeste sporene etter framkjøring på basveg ble laget på tidligsommeren (mai og juni) og på høsten (september, oktober og november). Den midlere hjulspordybden var 73 % større om sommeren enn i vintersesongen. Spordybden økte med økende størrelse på lassbæreren. Dale & Aamodt (1994) undersøkte ulike tiltak for å hindre terrengskader ved hjelp av barlegging av basveg. Det ble her undersøkt to ulike felt, ett med god bæreevne og ett med dårlig bæreevne. På disse to feltene ble det testet barlegging med 10 kvister pr. meter, barlegging med 20 kvister pr. meter samt en kontroll. Maskinen som ble benyttet var en Valmet 755 firehjulsdrevet landbrukstraktor med ekstra belastning. Dette tilsvarer en 10-12 tonns lassbærer. De fant at kvistlegging på mark med god bæreevne ikke hadde noen effekt. På mark med dårlig bæreevne var det derimot signifikant (ukjent signifikansnivå) forskjell på spordybden ved kvistlegging i forhold til kontrollen. Det var ikke signifikant forskjell mellom 10 og 20 kvister pr. meter. Et alternativ til å forebygge skadene er å utbedre skadene i etterkant. Nyeggen & Øyen (2007) foretok studier på utbedring av sporskader med gravemaskin. I studiet ble det registrert parametere som stigning, sporvolum, blokkinnhold og stubbe/kvist innhold. Ingen av disse parametrene viste seg å ha noen innvirkning på prestasjonen til gravemaskinen. Dette mener de kanskje kan forklares med at de dype sporene er dannet i masser som er lett å bearbeide, mens de grunne sporene er dannet på blokkrik mark som er mer krevende å reparere.

2.1.2 Overflatestruktur

Overflatestrukturen beskriver hvor jevnt eller ujevnt terrenget er. Klassifiseringen av overflatestrukturen er avhengig av høyden på hindrene og hvor mange det er av disse. Her regnes det ikke med stubber. Berg (1991) skriver at stein, blokk og jordhauger som er minst 10 cm høye regnes som hindre. Fordypninger som er dypere enn 20 cm og med en diameter på maks 6 ganger dybden regnes som hindre. Overflatestrukturen må klassifiseres uavhengig av stigningen. Overflatestrukturen registreres ved hjelp av øyemål, men kan også måles i

terrenget. Det kan da legges ut prøveflater og så måle den gjennomsnittlige mengden hindre i hver høydeklasse. Høydeklasser og antall hindre gir grunnlaget for å klassifisere terrenget. Antall hindre i hver høydeklasse kan bestemmes ved å måle gjennomsnittlig avstand mellom hindrene eller å telle antall hindre pr. dekar. Berg (1991) har delt inn terrenget i følgende klasser for overflatestruktur (Tabell 2).

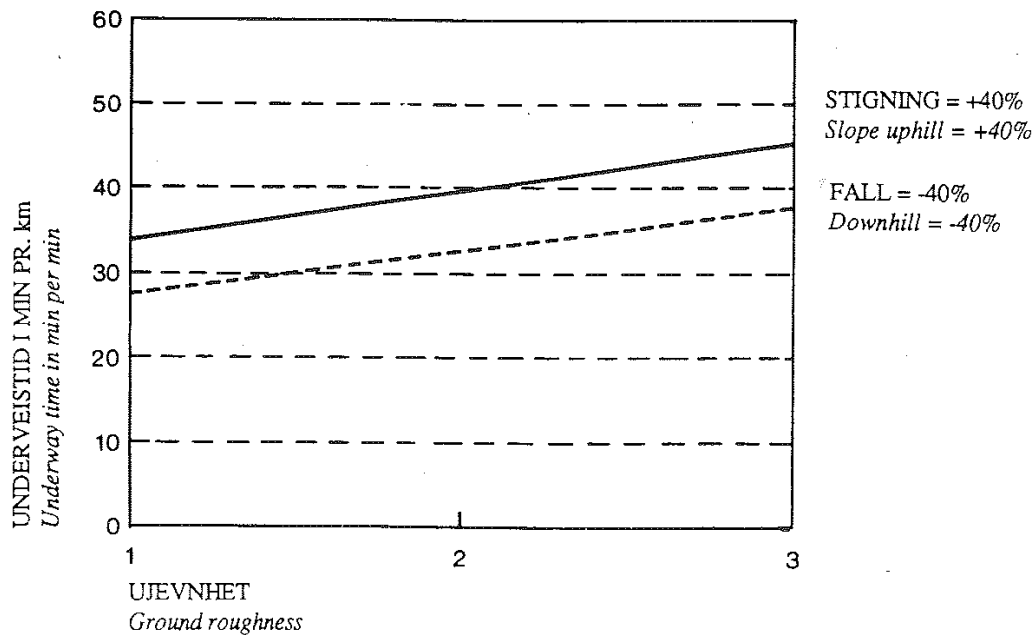
Tabell 2. Klassifisering av overflatestruktur med høydeklasser og antall hindre pr. ha og gjennomsnittlig avstand (Berg 1991)

Høydeklasse				Overflatestrukturklasse
H20 (10-30 cm)	H 40 (30-50 cm)	H 60 (50-70 cm)	H 80 (70-90 cm)	
400- 40 hinder/ha. 16- 5,0 meter	4-40 hinder/ha 50-16 meter			Klasse 1 Jevn overflate
4 000-400 hinder/ha. 5-1,6 meter	Ingen			
	400- 40 hinder/ha. 16- 5,0 meter	4-40 hinder/ha. 50-16 meter		Klasse 2 Mellomklasse
Mer enn 4 000 hinder/ha. Mindre enn 1,6 meter	4-40 hinder/ha. 50-16 meter			
	4 000-400 hinder/ha. 5-1,6 meter	400- 40 hinder/ha 16- 5,0 meter	4-40 hinder/ha. 50-16 meter	Klasse 3 Noe ujevn overflate
			400- 40 hinder/ha. 16- 5,0 meter	Klasse 4 Mellomklasse
All overflate som er verre enn klasse 4				Klasse 5 Veldig ujevn overflate

Skog- og landskap (u.å.-a) har i sin modell delt opp terrenget i fire klasser for overflatestruktur som samsvarer med de fire beste klassene i Berg (1991). Den mest ujevne klassen er ikke tatt med i denne modellen (Lileng *et al.* 1999).

Dette gir følgende klasser: Meget gode kjøreforhold->Meget jevn overflate, Gode kjøreforhold->Mellomklasse, Middels gode kjøreforhold->Noe ujevn overflate, Dårlige kjøreforhold->Mellomklasse. Jorstad (1987) brukte alle de fem klassene i sin klassifisering av terrenget.

Gjedtjernet (1989) fant at markas overflatestruktur påvirker tidsforbruket ved kjøring (Figur 2). Overflatestrukturen vil ha en psykologisk virkning på føreren. Jo flere og større ujevnheter det er, desto mer ujevn blir kjøringen, og føreren setter ned farten.



Figur 2. Underveistidens variasjon med markoverflatens ujevnhet². Stor (>100kW) og mellomstor (70-100kW) lastetraktor (gruppe=1) og for liten (<70kW) lastetraktor (Gruppe=0). Uten lass. Barmark. (Gjedtjernet 1989).

Markas overflatestruktur vil også øke den virkelige kjørelengden i terrenget. Dette kan korrigeres ved hjelp slingrefaktoren som forteller noe om den virkelige kjøreavstanden i forhold til avstand målt i terreng eller på kart. Slingrefaktoren varierer med de forskjellige klassene for overflatestruktur (Tabell 3).

Tabell 3. Slingret tillegg ved forskjellige overflatestrukturklasser (Lindstrøm 1983).

Overflatestrukturklasse	Slingret tillegg
Klasse 1	10 %
Klasse 2	20 %
Klasse 3	35 %
Klasse 4	50 %

2.1.3 Helning

Helning er den parameter som er enklest å måle. Dette kan gjøres ved hjelp av en stigningsmåler. Det som er viktig her, er at man måler den gjennomsnittlige helningen over minst 25 meter. Det er også mulig å måle helningen i et kart eller i en digital terrengmodell (DTM) (O'Sullivan & Unwin 2003). Berg (1991) deler terrenget inn i 5 helningsklasser

² Gjedtjernet (1989) har brukt ujevnhet som en ordningsvariabel i den statistiske analysen med omtrentlig lik avstand mellom de ulike klassene. Dette samsvarer ikke med overflatestrukturklassene til Berg (1991)

(Tabell 4). Helningen skal i utgangspunktet måles uavhengig av transportretning, men for kortsiktig og funksjonell planlegging kan det være hensiktsmessig å måle i transportretningen.

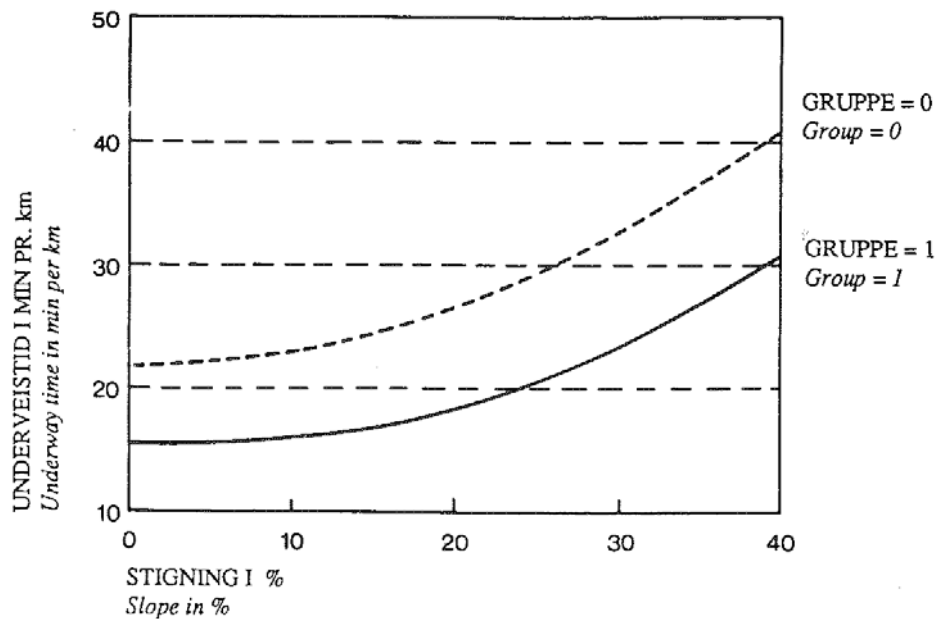
Tabell 4. Klassifisering av helning i prosent og grader (Berg 1991).

	Prosent	Grader
Klasse 1	0-10	0-6
Klasse 2	10-20	6-11
Klasse 3	20-33	11-18
Klasse 4	33-50	18-27
Klasse 5	50<	27<

I den funksjonelle terrengklassifiseringen til Jorstad (1987) har han tatt med terreng som er opp til 33 % helning som kjørbare med lassbærere. Det vil si at helningsklasse til og med 3 er tatt med i klassifiseringen.

Skog- og landskap (u.å.-a) har valgt å dele terrenget inn etter de fire beste helningsklassene. Det vil si at det tas utgangspunkt i at en lassbærer kan kjøre i terreng med helning på 50 % og klassifiserer dette da som klasse 4. Helningen virker både positivt og negativt inn på kjørehastigheten. Gjerdtnet (1989) skriver at en bratt motbakke krever mer trekkraft av maskinen for å ta seg fram, noe som fører til en hastighetsreduksjon. I nedoverbakken skyver lasset maskinen nedover, men føreren vil ofte av sikkerhetsgrunner holde en lavere hastighet enn hva som er teoretisk mulig (Gjerdtnet 1989). Gjerdtnet (1989) fant følgende funksjon for hvordan stigning virker inn på kjøretiden med tom lastbærer (Figur 3).

Hun fant ikke noe samspilleffekt mellom stigning og ulike lassbærertyper under kjøring med lass. Dette forklarer hun med at de store lastbærerne har større lass. Ettersom større lass fører til redusert hastighet, er forskjellen i underveistid mellom store og små lastbærere den samme uansett stigningsforhold (Gjerdtnet 1989).



Figur 3. Underveistidens variasjon med stigning for stor (>100kW) og mellomstor (70-100kW) lastetraktor (gruppe=1) og for liten (<70kW) lastetraktor (Gruppe=0). Uten lass. Barmark. Lette markforhold (Gjedtjernet 1989).

2.2 Transporthastighet i terreng og på veg

Når terrenget er klassifisert, kan denne kunnskapen brukes til å si noe om transporthastigheten i vegens dekningsområde. Kjørehastigheten til en maskin bestemmes av flere faktorer og er i stor grad avhengig av terrenget (Frønsdal 1985, Brunberg 2004). Den kraften som kan tas ut i et drivende hjul, kan betegnes som teknisk drivkraft. Hvor stor del av dette som kommer ut som nyttbar drivkraft, avhenger av friksjonen og sluringen mellom drivhjul/belte og kjørebanelen. Om kjøremotstanden trekkes fra den tekniske drivkraften, får en tilgjengelig drivkraft til kjøretøyet. Den tilgjengelige drivkraften er den som avgjør kjørehastigheten til maskinen. Kjøremotstanden til en skogsmaskin består av rullemotstand, stigningsmotstand og aksellerasjonsmotstand. Muligheten for å omsette den tekniske drivkraften til nyttbar drivkraft avhenger blant annet av hjulenes evne til å gripe tak i underlaget. Dette kan beskrives ved hjelp av en friksjonskoeffisient, som igjen er avhengig av markas egenskaper. Jordtypen har stor innvirkning på friksjonen og vil dermed også ha innvirkning på kjørehastigheten. Rullemotstanden omfatter all motstand som hindrer et kjøretøy i å rulle framover på horisontalt underlag. Rullemotstanden er avhengig av både indre og ytre faktorer. Ytre rullemotstand bestemmes av rullebanens fasthet og jevnhet. Et løst og ujevnt underlag vil føre til større rullemotstand og maskinen må dermed bruke mer kraft for å flytte maskinen framover (Frønsdal 1985).

Det er også andre faktorer enn terrenget som har innvirkning på kjørehastigheten. Frønsdal (1985) viste i sin rapport til Asserståhl (1973) som undersøkte hvordan terrengforholdene spilte inn på hastigheten til ulike traktortyper. Han fant at det var kun 50-60 % av spredningen som kunne forklares ut ifra terrengforholdene. Frønsdal (1985) refererte også til Haarlaa (1971) som i en lignende undersøkelse fant at terrengforholdene ikke kunne forklare mer enn 20-30 % av variasjonen. Faktorer som kjøreferdigheter og evne til å "lese" terrenget vil ha like stor innvirkning på kjørehastigheten som terrengforholdene i seg selv. Reber (1989) undersøkte menneskets evne til å ha underforstått kunnskap og bygge seg en "kompetansedatabase" i en arbeidsoperasjon. En som er vant til å kjøre i kupert terreng, vil ha en høyere fart enn en som kjører i kupert terreng for første gang. Denne "kompetansedatabasen" er en del av det som gjør at forskjellige førere har forskjellig ytelse. Ytelsesgraden varierer hos føreren i løpet av arbeidsdagen, fra dag til dag og i løpet av en sesong (Gjedtjernet 1989). Ytelsesgraden vil også variere fra arbeider til arbeider samtidig som den varierer mellom ulike arbeidsoperasjoner.

Som vi har sett er det vanskelig å angi en bestemt kjørehastighet, men dette er også en viktig faktor for å bestemme produktiviteten til en maskin. Brunberg (2004) gjorde en studie på lassbærerens kjørehastighet i forskjellig terreng. Studien ble gjort som en kombinasjon av tidsstudier og innhenting av informasjon fra drifter og gamle normer for terrengtransport. I en sammenligning av resultatet fra studiene og Holmen Skog AB's norm for kjørehastighet, fant han en stor likhet i kjørehastighet.

Hastighetene som Jordstad (1987) brukte gjelder for en lassbærer med 10 tonns lasteevne og er hentet fra Lindstrøm (1983). Tiden som lassbæreren bruker blir beregnet for en tur/retur avstand på 100 meter, noe som gir en reel kjøreavstand på 200 meter. Slingrefaktoren i modellen er også hentet fra Lindstrøm (1983). Jordstad (1987) har i sin modell regnet med lik kjørehastighet for kjøring med og uten last. Dette gir følgende kjøretid for de fire forskjellige terrengklassene (Tabell 5).

Tabell 5. Kjørehastighet, slingretillegg og kjøretid for en 10-tonns lastetraktor under forskjellige forhold (Jorstad 1987).

Terrengklasse	Hastighet m/s	Slingretillegg	Kjøretid min.
Meget gode kjøreforhold	0,93	1,15	4,12
Middels gode kjøreforhold	0,74	1,29	5,81
Dårlige kjøreforhold	0,61	1,42	7,76
Meget dårlige kjøreforhold	0,44	1,58	11,97

Skog og landskap. (u.å.-a) har brukt terrenghastigheter som er hentet fra "Överenskommelse mellom Västerbotten-Övik och skogsmaskinföretagare" (1997). Det er her beregnet en gjennomsnittshastighet for ulikt terreng og ulike lassbærere (Tabell 6).

Tabell 6. Kjørehastighet i km/t fra "Överenskommelse mellom Västerbotten-Övik och skogsmaskinföretagare" (1997) ved ulik helning og overflatestruktur m/E₁₅- min i parentes.

	Helning 1	Helning 2	Helning 3	Helning 4
Jevnhet 1	4,2 (65)	4,1 (63)	3,7 (57)	2,7 (42)
Jevnhet 2	3,8 (58)	3,4 (53)	3 (47)	2,1 (33)
Jevnhet 3	3,2 (50)	2,9 (45)	2,4 (37)	1,8 (28)
Jevnhet 4	2,5 (38)	2,3 (35)	2,1 (32)	1,5 (23)

Brunberg (2004) har følgende funksjon for tidsforbruk på terrengtransport:

$$T = \frac{(2 * A)}{H * L}$$

T= G₁₅-min/m³ fub

A= Enkel terrengtransportavstand

H= Kjørehastighet i m/min ved ulik overflatestruktur og helning

L= Lasstørrelse i m³fub

Brunberg (2004) tar her ikke med slingretillegg for utregning av tidsforbruk.

Kjørehastigheten på veg for en lassbærer er betydelig høyere enn ute i terrenget. Grunnen til det er at ujevnheter er slettet ut og bæreevnen som oftest er god. Brunberg (2004) har oppgitt en kjørehastighet på 6 km/t for lassbærer på veg.

2.3 Innsparing ved terrengtransport av tømmer

Ved bygging av en ny skogsbilveg reduseres behovet for terrengtransport ettersom den gjennomsnittlige driftsveglengden reduseres (Jorstad 1987). Om lengden på terrengtransporten reduseres, kan det regnes med at hver vending går raskere, ettersom

terminaloperasjonene er de samme før og etter vegbygging. Kostnadene ved å kjøre tur/retur strekning på 100 meter er et produkt av tidskostnadene og tidsforbruket på strekningen. For å knytte dette opp mot antall m^3 kan man dele på lasstørrelsen til lassbæreren. Dette gir til sammen innsparingene i $kr/m^3/100\text{meter}$ (Innsparingene ved en skogsbilveg er i kr pr. m^3 og 100 meter, og den vanlige skrivemåte er $kr/m^3/100\text{ meter}$)

Med en timekostnad på $kr\ 470$ pr. $E_{15}\text{-time}^3$ for lassbæreren som Jorstad (1987) brukte, gir dette følgende innsparinger for de ulike terrengklassene (Tabell 7).

Tabell 7. Reduksjon i kostnader knyttet til tømmertransport når driftsveglengden reduseres med 100 meter. Angitt i 1987 kroner pr. m^3 og 100-meter (2008 kroner i parentes (SSB 2008a) (Jorstad 1987).

Terrengklasse	Redusert transportkostnader i kroner pr. m^3 og 100-meter
Meget gode kjøreforhold	3,2 (5,52)
Middels gode kjøreforhold	4,6 (7,93)
Dårlige kjøreforhold	6,0 (10,34)
Meget dårlige kjøreforhold	9,4 (16,21)

Modellen til skog og landskap. (u.å.-a) har delt inn terrengtransporten i 3 kategorier: Lassbærer, stammelunner og landbrukstraktor (Lileng *et al.* 1999).

For lassbærer beregnes tidsforbruket ut fra kjørehastighetene som er hentet fra "Överenskommelse mellom Västerbotten-Övik och skogsmaskinföretagare" (1997). I regnearket er det mulig å endre størrelsen på lassbæreren for å se hvordan dette spiller inn på kostnadene. I tillegg må brukeren sett inn timekostnaden for lassbæreren i $kr/ E_{15}\text{-time}$.

Skog og landskap. (u.å.-a) forutsatte at landbrukstraktor og stammelunner hadde den samme kjørehastighet i terrenget (Lileng *et al.* 1999). Terrengastigheter ble hentet fra den tidligere nevnte overenskomst og Dale (1998). Skog og landskap (u.å.-a) har videre forutsatt at stammelunner/landbrukstraktor har den samme hastighetsreduksjonen for de forskjellige terrengklassene som en lassbærer (Lileng *et al.* 1999). Dette gir følgende kjørehastigheter for landbrukstraktor/stammelunner (Tabell 8).

³ E_{15} – Grunntid inkludert tapstider opp til 15 minutter.

Tabell 8. Terreng hastigheter for traktor og stammelunner (Lileng *et al.* 1999)

Overflatestruktur klasser	Terreng hastigheter for traktor/stammelunner – meter/minutt			
	Helningsklasser			
	1	2	3	4
1	100	97	88	65
2	89	82	72	51
3	77	69	57	43
4	58	54	49	35

Skog og landskap (u.å.-a) bruker samme framgangsmåte for å beregne innsparingene som ble brukt for lassbærer. I likhet med utregningene for lassbærer kan man også her endre lasstørrelsen for å se hvordan det virker inn på kostnadene. Brukeren må selv sette inn maskinkostnaden (kr/ E_{15} -time).

2.4 Innsparing ved hogst

Som tidligere nevnt vil det innsparingene først og fremst være et resultat av kortere undervegsoperasjoner. Dette innebærer at det bare er transport av maskiner/arbeidskraft fram til hogstfelt som vil utgjøre innsparingene ved hogst.

Både Jorstad (1987) og Skog og landskap. (u.å.-a) delte hogsten inn i motormanuell og helmekanisert hogst. Innsparingene ved motormanuell hogst ble i begge tilfellene regnet ut som et produkt av kostnaden ved å gå tur/retur en strekning på 100 meter dividert på dagsprestasjonen til skogsarbeideren (Lileng *et al.* 1999). Jorstad (1987) brukte da en timekostnad på kr 100 for skogsarbeideren og en dagsprestasjon på 11 m³. Skog og landskap. (u.å.-a) differensierte ganghastigheten mellom de ulike overflatestrukturklassene med bakgrunnstall fra Lindstöm (1983). Det ble også korrigert for helningen ved å legge på en prosentsats (Lileng *et al.* 1999). Modellen til Skog og landskap (u.å.-a) krever at brukeren selv setter inn kostnad for skogsarbeider (kr/ E_{15} -time).

Innsparingene ved helmekanisert hogst ble regnet ut på samme måte som for motormanuell hogst, men da med kjørehastighet istedenfor ganghastighet. For modellen til Skog og landskap (u.å.-a) må brukeren her sette inn maskinkostnaden (kr/ E_{15} -time).

Jorstad (1987) forutsatte en timekostnad på kr 900 og en dagsprestasjon på 100 m³ med hogstmaskin, noe som ga følgende innsparinger for de forskjellige terrengklassene (Tabell 9).

Tabell 9. Innsparinger ved hogst for motormanuell og helmekanisert hogst på grunn av redusert driftsveglengde (kr/m³/100m) (Jorstad 1987). 2008 kr i parentes (SSB 2008a).

Terrengklasse	Innsparinger ved hogst (kr/m ³ /100m)	
	Motormanuell	Helmekanisert
Meget gode kjøreforhold	0,4 (0,68)	0,6 (1,02)
Gode kjøreforhold	0,5 (0,85)	0,9 (1,54)
Middels gode kjøreforhold	0,8 (1,37)	1,2 (2,05)
Dårlige kjøreforhold	2,4 (4,10)	1,8 (3,07)

2.5 Innsparinger ved administrasjon

En skogsbilveg inn i skogsområdet vil gjøre administrasjonen av skogen enklere, billigere og raskere. Skogeier eller den som administrerer skogeiendommen, inspiserer skogen og aktiviteter som skjer i skogen med jevne mellomrom. Dette kan være aktiviteter som etterkontroll etter planting og ungskogpleie eller merking av hogstområde. Dette er aktiviteter som tar kortere tid når avstanden til bilveg blir kortere. Det vil også være enklere å foreta kontroll, noe som vil kunne medføre en bedre skjøttet skog. Hvor store disse innsparingene er vil være avhengig av antall befaringer og tidskostnaden (Lileng *et al.* 1999).

Jorstad (1987) foretok i sitt studie en spørreundersøkelse for å kartlegge størrelsen på innsparingene. Kartleggingen av besøkshyppigheten ble gjort blant de 11 største skogeierne i Norge i et antatt rasjonelt drevet skogbruk. Jorstad (1987) delte opp antall befaringer i tre grupper med forskjellig behandlingsintensitet. Befaringshyppigheten ble undersøkt gjennom hele omløpet. Resultatet fra undersøkelsen viste følgende besøkshyppighet i forhold til behandlingsforslagene (Tabell 10).

Tabell 10. Antall besøk for administrasjon pr. omløp ved forskjellige behandlingsintensiteter (Jorstad 1987).

Behandlingsalternativ	Totalt	Pr. m ³
1	23,3	0,023
2	16,8	0,017
3	12,6	0,013

Jorstad (1987) regnet innsparingene i administrasjonsutgifter som et produkt av tidskostnaden, gangtiden og hvor mange besøk man foretar pr. m³. Jorstad brukte da en timekostnad på administrasjon på kr 160 pr. time, noe som ga følgende innsparinger fordelt på behandlingsalternativ og terrengforhold (Tabell 11).

Tabell 11. Innsparinger i administrasjonskostnader (kr/m³/100 meter) ved ulike behandlingsalternativer og terrengklasser (Jorstad 1987). 2008 kr i parentes (SSB 2008a).

Terrengklasse	Behandlingsalternativer		
	1	2	3
Meget gode kjøreforhold	0,1 (0,17)	0,1 (0,17)	0,1 (0,17)
Gode kjøreforhold	0,2 (0,34)	0,2 (0,34)	0,1 (0,17)
Middels gode kjøreforhold	0,3 (0,51)	0,2 (0,34)	0,2 (0,34)
Dårlige kjøreforhold	1,0 (1,71)	0,7 (1,20)	0,5 (0,85)

I motsetning til Jorstad (1987) knyttet Skog- og landskap (u.å.-a) administrasjonen opp mot antall dekar, med en flat besøksintensitet på 0,15 ganger pr. dekar (Lileng *et al.* 1999). Ved hjelp av brukerens innsatte timekostnad for administrasjon kan kostnaden ved administrasjon regnes ut.

2.6 Innsparinger ved planting

Innsparingene på planting vil som for hogst først og fremst være i forbindelse med kortere avstand mellom hogstflate og veg. Dette fører til innsparinger både ved gange til feltet samt ved transport av plantene. Som ved administrasjon er gangtiden og tidskostnaden avgjørende for innsparingene. Både Jorstad (1987) og Skog- og landskap (u.å.-a) økte gangtiden med 10 % for å kompensere for ekstra belastning ved å bære plantene (Lileng *et al.* 1999). Jorstad (1987) knyttet innsparingene ved planting opp mot antall m³ som stod på arealet før hogst. Han forutsatte at det ble plantet ut 700 planter pr. dag, noe som ga følgende innsparinger ved forskjellige terrengklasser (Tabell 12).

Tabell 12. Reduksjon i transportkostnader under planting når driftsveglengden reduseres med 100 meter (Jorstad 1987). 2008 kr i parentes (SSB 2008a).

Terrengklasse	Reduserte gangkostnader i kroner pr. m ³ og 100 meter
Meget gode kjøreforhold	0,1 (0,17)
Gode kjøreforhold	0,1 (0,17)
Middels gode kjøreforhold	0,2 (0,34)
Dårlige kjøreforhold	0,7 (1,20)

I motsetning til Jorstad (1987) knyttet Skog- og landskap (u.å.-a) innsparingene ved planting opp mot arealet (Lileng *et al.* 1999). Innsparingene regnes da som et produkt av gangtiden og tidskostnadene som divideres på antall dekar som plantes i løpet av en dag. Brukeren kan selv velge planteforband, dagsprestasjon og timekostnad for skogsarbeideren.

2.7 Innsparinger ved ungskogpleie

Innsparingene på ungskogpleie er også knyttet til at det blir kortere avstand fra veg til feltet som skal ungskogpleies. Som for planting har Jorstad (1987) her knyttet ungskogpleien opp mot antall m³ i slutthogsten. Han forutsetter at det blir ryddet 4 dekar pr. dag, noe som han har kommet fram til at tilsvarer 15 m³ før hogst. Gangtiden for ungskogpleie er den samme som for ubelastet gange i terrenget. Dette gir følgende innsparinger ved ungskogpleie (Tabell 13).

Tabell 13. Reduksjon i transportkostnader under ungskogpleie når driftsavstanden reduseres med 100 meter (Jorstad 1987). 2008 kr i parentes (SSB 2008a).

Terrengklasse	Reduserte gangkostnader i kr/m ³ /100m
Meget gode kjøreforhold	0,1 (0,17)
Gode kjøreforhold	0,1 (0,17)
Middels gode kjøreforhold	0,2 (0,34)
Dårlige kjøreforhold	0,4 (0,68)

Skog- og landskap (u.å.-a) bruker også her arealet for å beregne innsparingene. På grunnlag av arealet som skal ungskogpleies, tidskostnaden og dagsprestasjonen for skogsarbeideren kan man regne ut innsparingene ved ungskogpleie (Lileng *et al.* 1999). Brukeren selv kan også her sette inn egne tall for tidskostnad og dagsprestasjon.

2.8 Andre fordeler ved vegen

Nytten av en skogsbilveg vil være forskjellig alt etter hvordan vi regner på det. I en samfunnsøkonomisk analyse vil det være en god del goder som fellesskapet vil nyte godt av, men som det ikke nødvendigvis er så enkelt for skogeieren å tjene penger på. Ettersom dette er en privatøkonomisk analyse, vil det ofte være vanskelig å få dette inn i modellen. Jeg skal i det følgende gå litt inn på noen av disse godene.

Friluftsliv

Bruken av skogsbilveger i forhold til friluftsliv er undersøkt i flere brukerundersøkelser her i Norge. De fleste undersøkelsene er foretatt i bynære områder på Østlandet og i Trøndelag (Gundersen & Nyeggen 2007). Undersøkelser viser at majoriteten av turfolket benytter seg av stier og veger i barmarksperioden. Vinterstid blir skogsbilvegene i bynære områder ofte brukt til skiløyper. Mestvedt (1984) og Aasetre (1992) viser at folk hovedsakelig benytter seg av oppkjørte løyper vinterstid. Sammenligninger av undersøkelser fra 1970 tallet og undersøkelser fra 1990 tallet viser at folk i større grad foretrekker oppkjørte løyper nå enn før

(Gundersen & Nyeggen 2007). Det er også visse grupper av brukere som er avhengig av, eller sterkt begunstiget av veger, dette er for eksempel bevegelseshemmede, eldre m.m. Det vil også være visse aktiviteter som for eksempel landevegssykling og ridning, som er avhengig av veger (Gundersen & Nyeggen 2007). Verdien av slik friluftsbruk er vanskelig å fastsette. Brukerundersøkelser i Norge har vist at det totalt er 200 millioner skogsbesøk i løpet av et år, trolig halvparten av disse besøkene benytter seg av skogsbilveg under hele eller deler av besøket. Gundersen & Nyeggen (2007) mener dette har en stor samfunnsmessig verdi, men som er lite realiserbar for skogeier. Deler av denne friluftaktiviteten kan være noe enklere å få realisert enn andre deler. For eksempel vil jakt og fiske være en del av friluftslivet som er enklere å tjene penger på enn for eksempel det å gå tur. Verdien av jakt ble beregnet til å være 463 millioner kroner i 2007 (SSB 2008b). Dette er verdien av felt vilt. I tillegg vil jaktopplevelsen ha en subjektiv verdi. Til sammen vil dette utgjøre en betydelig verdi. Hvor mye av dette som kan realiseres direkte som en fordel av en ny veg, er derimot mer usikkert. Tilgjengeligheten til området vil bli bedre, noe som kan øke en eventuell utleiepris, men denne vil variere mye etter hvor man befinner seg i landet og hvem som leier jaktterrenget.

Skogbrann

Ved skogbrann kan fordelene av en skogsbilveg være store. Skogsbilvegen vil da bli brukt både til å holde oversikt, fordele mannskap og slukkeutstyr. En skogsbilveg vil også fungere som en naturlig branngate, som kan hindre videre spredning av en skogbrann (Aas 2002). Ved bygging av ny skogsbilveg bør man vurdere vegens plassering, bredde og møteplasser som et tiltak for å hindre eller begrense en eventuell brann (Aas 2002). Et annet aspekt ved skogsbilvegen er at bedre tilgjengelighet til terrenget og økt trafikk, vil øke faren for skogbrann. Økt vegetetthet fører altså til flere branntilløp, samtidig som brannen blir lettere å slukke (Vevstad 1978). Til tross for at en brann i et område med høy tetthet av veger er lettere å slukke, blir ikke denne faktoren tatt med i vurdering av forsikringspremien i Norges største forsikringsselskap for skogbrann (Pers. medd. Fjalestad 2009).

Verdien av bedre skjøtsel

Ettersom kostnadene ved å utføre de forskjellige behandlingstiltakene går ned, vil det også bli mer aktuelt for skogeieren å utføre tiltakene. Dette kan føre til en bedre skjøttet skog. Et ungskogfelt som ligger langt fra veg, er mye enklere å nedprioritere i forhold felt som ligger nær veg. Et ungskogfelt som ikke ryddes til rett tid, vil få en lengre omløpstid. For eksempel

vil en økt omløpstid på 5 år gi en venteverdi på 500 kr pr. dekar på en G-20 bonitet (Heje & Nygård 1999).

3.0 Material og metode

Denne oppgaven er gjennomført ved å hente bakgrunnsmateriale fra tidligere modeller for transportgevinst. Modellene har jeg delt opp og analysert. På bakgrunn av de gamle modellene har jeg laget nye modeller der jeg har gjort mine egne forutsetninger med nye og oppdaterte tall der det har vært tilgjengelig.

3.1 Nybygging av skogsbilveg

3.1.1 Bestandsvis modell

Innsparinger ved slutthogst

Terrengtransport

Bakgrunnen for beregningene er kjørehastighet ved forskjellige terrengforhold. Ved hjelp av kjørehastigheten og et slingretillegg er det mulig å regne tidsforbruk pr. m³ og en driftsveglengde på 100 meter. Kjørehastigheten jeg har brukt er hentet fra "Överenskommelse mellom Västerbotten-Övik och skogsmaskinföretagare" (1997), Tabell 14. Slingretillegget er hentet fra Lindstøm (1983), Tabell 3.

Tabell 14. Kjørehastighet i km/t fra "Överenskommelse mellom Västerbotten-Övik och skogsmaskinföretagare" (1997) ved ulik helning og overflatestruktur m/E₁₅- min i parentes

	Helning 1	Helning 2	Helning 3	Helning 4
Jevnhet 1	4,2 (65)	4,1 (63)	3,7 (57)	2,7 (42)
Jevnhet 2	3,8 (58)	3,4 (53)	3 (47)	2,1 (33)
Jevnhet 3	3,2 (50)	2,9 (45)	2,4 (37)	1,8 (28)
Jevnhet 4	2,5 (38)	2,3 (35)	2,1 (32)	1,5 (23)

Den effektive kjøretiden på en tur/retur kan regnes ut ved hjelp av følgende formel (Lileng *et al.* 1999):

$$K = \frac{200 \text{ m} * \text{Slingretillegg}}{\text{Hastighet}}$$

Dette vil da gi grunnlag for å regne ut innsparingene ved å kjøre fram 1 m³ med en driftsveglengde på 100 meter. I modellen er tidskostnaden satt til 800 kr/ E₁₅-time (pers medd. Kjøstelsen 2009). For å knytte dette opp til antall m³ divideres kjøretiden og tidskostnaden på lasstørrelsen som er satt til 15 m³. Dette er ment som et snitt for lassbærere som brukes ved sluttavvirkning i dag. Formelen for utregning av innsparingene vil da bli som følger (Jorstad 1987):

$$\text{Innsparing (kr/m}^3\text{ /100m)} = \frac{\text{Kjøretid} * \text{tidskostnad}}{\text{Lasstørrelse}}$$

Med kjøring på mark med dårlig bæreevne er det lagt på 25 % på kjørehastigheten (Gjedtjernet 1989). I tillegg kommer kostnaden ved å utbedre sporskadene i ettertid. Nyeggen & Øyen (2007) fant at en gravemaskin utbedrer i gjennomsnitt 89 meter veg pr. time. Ut fra denne prestasjonen samt kjent timepris til en gravemaskin, kan kostnaden ved å utbedre 1 meter veg beregnes. Jeg har regnet med en timekostnad på gravemaskin på 500 kr (Pers. medd. Eidesmo 2009a). Gjennomsnittlig kostnad pr. meter veg vil da bli 5,61 kr. Med en gjennomsnittlig driftsstørrelse i Norge på 367 m³ (SSB u.å.) kan innsparingen ved utbedring av sporskader regnes ut etter følgende formel:

$$\text{Innsparing (kr/m}^3\text{ /100m)} = \frac{5,61 \text{ kr} * 100 \text{ m}}{367 \text{ m}^3}$$

Hogst

Jeg har antatt at hogstmaskina kjører en tur fram til vegen pr. dag. Dette betyr at vi også vil ha en innsparing for selve hogsten ved bygging av veg. Tidsforbruket til hogstmaskina er regnet på samme måte som for lassbæreren (Jorstad 1987).

$$\text{Innsparing (kr/m}^3\text{ /100m)} = \frac{\text{Kjøretid} * \text{Tidskostnad}}{\text{Dagsproduksjon}}$$

Tidskostnad for hogstmaskin er satt til 1200 kr pr. E₁₅-time (pers medd. Kjøstelsen 2009). Innsparingene ved hogst er knyttet opp mot antall m³ ved å dele på dagsprestasjonen for en hogstmaskin som er satt til 150 m³.

Det er ikke tatt hensyn til bæreevne for hogstmaskina ettersom den utgjør en svært liten del av den samlede transportbelastningen.

I den bestandsvise modellen er det mulig å legge inn perioden hvor tiltaket ønskes gjennomført og en egen tilvekstprosent på bestandet. På den måten vil man få tilveksten til det enkelte bestandet, samt en diskonteringsfaktor som gjenspeiler tidspunktet for hogst/tytning.

Innsparinger ved tynning

Terrengtransport

Det er de samme utregningene som ligger til grunn her som det var for terrengtransport ved slutthogst. Eneste forskjellen er at jeg har tatt utgangspunkt i en lassbærer med en kapasitet på 10 m³ istedenfor 15 m³ som ble brukt ved slutthogst.

Hogst

Også her er utregningene de samme som for slutthogst, men med en lavere dagsprestasjon. Den er i dette tilfellet satt til 75 m³.

Innsparing ved skogbehandling

Innsparingene med administrasjon, planting og ungskogpleie er samlet i en kategori under skogbehandling. Innsparingene med disse aktivitetene er i form av kortere gangavstand og/eller transportavstand. Administrasjonen er i stor grad styrt av boniteten som er delt opp i lav, middels og høy. I motsetning til hogst og tynning er innsparingene ved tiltakene knyttet opp mot antall dekar istedenfor m³. Bakgrunnen for innsparingene ved skogbehandling er gangtid i forskjellig terreng. Ganghastigheten for forskjellig overflatestrukturer er hentet fra Lindstrøm (1983). Disse bakgrunnstallene er korrigert for helning ved å legge på 20, 30 og 40 % for henholdsvis helningsklasse 2, 3 og 4. Dette gir følgende ganghastighet i forskjellig terreng (Tabell 15).

Tabell 15. Ganghastighet ved ulike overflatestruktur og helning (minutt/100 meter).

Overflatestruktur Klasser	Helningsklasser			
	1	2	3	4
1	3,0	3,6	3,9	4,2
2	3,8	4,6	4,9	5,3
3	4,6	5,5	6,0	6,4
4	5,4	6,5	7,0	7,6

Administrasjon

Et resultat av veg inn i skogsområdet er at administrasjon ute i felten tar kortere tid ettersom det blir kortere å gå fram til bestandet. Denne innsparingen kan regnes ut på følgende måte (Lileng *et al.* 1999):

$$\text{Innsparing (kr/daa/100m)} = \text{Gangtid} * \text{Tidskostnad} * \text{besøk/daa}$$

Timekostnaden er satt til kr 500 for den som gjennomfører administrasjonen (pers. medd. Eidesmo 2009b). Antall besøk pr. dekar i et 20 års perspektiv er omarbeidet fra Jorstad (1987), Tabell 16.

Tabell 16. Besøk pr.dekar/20 år.

Behandlingsalternativ	Besøk pr. daa/omløp (Jorstad 1987)	Besøk pr. daa/20 år
1 (70 års omløpstid)	0,358	0,1022
2 (100 års omløpstid)	0,258	0,0516
3 (140 års omløpstid)	0,1938	0,0276

Planting og ungskogpleie

Innsparingen ved planting og ungskogpleie regnes ut på følgende måte (Lileng *et al.* 1999):

$$\text{Innsparing (kr/daa/100m)} = \frac{\text{Gangtid} * \text{tidskostnad}}{\text{daa pr. dag}}$$

For planting er det forutsatt at dagsprestasjonen er 2,3 dekar og at den som planter bærer med seg plantene. Den ekstra belastningen det er å bære med seg plantene er tatt med ved at det er lagt på 10 % på gangtiden. For ungskogpleie er det forutsatt en dagsprestasjon på 7 dekar. Tidskostnaden for en skogsarbeider som utfører planting eller ungskogpleie er satt til 300 kr timen (pers. medd. Eidesmo 2009b). Innsparingene for all skogbehandling er diskontert over 10 år.

Innsparing ved utkjøring av bioenergivirke

For utkjøring av bioenergivirke er det brukt de samme kjørehastighetene og timekostnadene som ved terrengtransport ved hogst. Utregningen er gjort for GROT, noe som gir et lass på 15 lm³ eller 5,5 fm³ (pers medd. Kjøstelsen 2009)

0-områder

I områder som er 0-områder før vegbygging, er innsparingene regnet som rotnettoen.

Driftskostnader og tømmerprisene varierer så mye ut ifra det enkelte bestand at her må brukeren selv sette inn forutsetningene som passer for området

Andre fordeler av vegen

Innsparingen/inntjeningen som følge av andre fordeler av vegen, som for eksempel jakt, fiske, turisme er satt sammen i en post der egne tall settes inn. De årlige inntjeningene under denne posten blir kapitalisert over hele 20 års-perioden.

3.1.2 Forenklet modell

Ved hjelp av den forenklete modellen kan transportgevinsten for slutthogst, tynning og skogbehandling beregnes for nybygging av veg. I den forenklete modellen ligger de samme forutsetningene som for den bestandsvise modellen, men i motsetning til den bestandsvise modellen er diskonteringsfaktoren og tilveksten lagt på allerede i skjemaet for slutthogst og tynning. Innsparingene er diskontert over 10 år samt at det er lagt på tilvekst for de neste 10

årene. Innsparingene ved administrasjon, planting og ungskogpleie er diskontert over 10 år i korreksjonsfaktoren. I tillegg leses ganghastigheten av i en graf som er en funksjon av helning og overflatestruktur. Det er forutsatt en kalkulasjonsrentefot på 4 % (Landbruksdepartementet 2002) og en volumtilvekst på 3,6 % (Larsson & Hylen 2007).

3.2 Ombygging av traktorveg til bilveg

For å regne på innsparingene ved opprusting av traktorveg til bilveg kan det bare regnes på den innsparte parsellen av traktorvegen.

Innsparing ved slutthogst

For kjøring på traktorveg har er det regnet med en kjørehastighet på 100 m/min ved helningsklasse 1. Kjørehastigheten er justert for ulik helning med samme prosentvise nedgangen som ved terrengkjøring ved overflatestruktur 1. Ellers er utregningene lik for nybygging av skogsbilveg.

Innsparing ved tynning

Også her er utregningene lik de som er for nybygging av veg, men med en justert kjørehastighet som ved slutthogst.

Innsparing ved administrasjon

Her forutsettes det at vegen ikke er kjørbær og at man dermed er nødt til å gå. Utregningen blir som for vegløst terreng, men ettersom det bare er den biten av vegen som skal ombygges som utgjør innsparingen, er det bare ganghastighet for overflatestrukturklasse 1 ved de forskjellige helningsklassene som ligger til grunn for utregningene.

Innsparing ved planting

Utregningen her er i all hovedsak lik som ved innsparinger ved nybygging, men det regnes med at plantene kjøres inn med traktor og at det dermed ikke er noe ekstra belastning ved å bære plantene. Ganghastigheten er lik som for administrasjon.

Innsparing ved ungskogpleie

Utregningen er lik som for nybygging av veg, men med ganghastighet bare for overflatestrukturklasse 1 ved de forskjellige helningsklasser.

Innsparinger ved utkjøring av bioenergivirke

Utrekningen for utkjøring av bioenergivirke er gjort på samme måte som for utkjøring ved slutthogst/tynning, men med en lasstørrelse på $5,5 \text{ fm}^3$.

Andre fordeler av vegen

Innsparingene/inntjeningen som følge av andre fordeler av vegen blir regnet ut på samme måte som i modellen for nybygging av skogsbilveg.

3.3 Ombygging av bilveg av høyere klasse til klasse 3 eller 4

Innsparingene ved ombygging av bilveg til en bilveg av høyere klasse er regnet ut med utgangspunkt i kippetillegget. Kippetillegget er satt til 20 kr/fm^3 opp til 5 km (Grimsrud 2009). Ettersom kippetillegget er flatt opp til 5 km blir det ikke riktig å regne om dette til innsparinger i $\text{kr/m}^3/100\text{m}$. Innsparingene for ombygging av bilveg av høyere klasse til klasse 3 eller 4 regnes derfor ut med bakgrunn i antall m^3 som er aktuell for hogst og tynning for deretter å gange dette opp med 20 kr/m^3 .

Andre fordeler av vegen regnes ut på samme måte som modellen for nybygging av skogsbilveg.

3.4 Svartåsvegen

For å se på hvordan de ulike modellene slår ut på samme veganlegg, er modellene testet opp mot et planlagt veganlegg.

3.5 Bonitetstest

I veldig mange tilfeller bygges en veg i dalbunnen der boniteten er høy, mens områder lengre opp i lisen der boniteten er lavere er fortsatt avhengig av lang terrengtransport. Boniteten virker inn på både hvor stort volum det er pr. dekar, men også på administrasjonen og hvor ofte skogkulturtiltak utføres. Formålet med bonitetstesten er å se hvordan en forenklet modell, kontra en bestandsvis modell fanger opp slike forskjeller i boniteten. Dette er gjort ved å sette opp et tenkt veganlegg med bestand der boniteten varierer (Figur 4).

Bestand 1 Bonitet 8	Bestand 2 Bonitet 8	Bestand 3 Bonitet 8
Bestand 4 Bonitet 8	Bestand 5 Bonitet 14	Bestand 6 Bonitet 14
Bestand 7 Bonitet 8	Bestand 8 Bonitet 14	Bestand 9 Bonitet 20
Bestand 10 Bonitet 8	Bestand 11 Bonitet 14	Bestand 12 Bonitet 20
Bestand 13 Bonitet 8	Bestand 14 Bonitet 14	Bestand 15 Bonitet 20
Bestand 16 Bonitet 8	Bestand 17 Bonitet 14	Bestand 18 Bonitet 20

Figur 4. Skjematisk framstilling av bonitetsforskjell i en dal der vegen (svart) er i bunn av dalen der boniteten er høy og boniteten avtar oppgjennom lisida. Den skjematiske framstillingen er brukt i bonitetstesten for å hvordan ulike modeller fanger opp forskjeller i bonitet.

På grunn av at det er endringene i bonitet som er interessante å fange opp i denne analysen er det ikke tatt hensyn til helningen varierer i lisiden. Antall m³ pr. dekar fordelt på ulike boniteter er hentet fra Landskogstakseringens data (Larsson & Hysten 2007) og multiplisert med bestandsstørrelsen. Også den prosentvise tilveksten er basert på Landskogstakseringens data. Den innsparte terrengtransporten er regnet ut på den skjematiske figuren ved hjelp av rette linjer fra bestandets sentrum til nærmeste veg.

3.6 Følsomhetsanalyse

For å belyse hvordan de ulike faktorene virker inn på innsparingene i den nye modellen, er det utført følsomhetsanalyser. Følsomhetsanalysen er bare gjort i den bestandsvise modellen på veganlegget Svartåsvegen. Følsomhetsanalysen er gjort ved at en faktor endres, mens resten holdes fast. Utgangspunktet for følsomhetsanalysen er som følger:

- Alt virket blir tatt ut i periode 1.
- Kostnad for utbedring av sporskader: $1,52 \text{ kr/m}^3/100 \text{ meter}$.
- Maskinkostnad på 800 kr/time for lassbærer og 1200 kr/time for hogstmaskin.
- Lasstørrelse på 15 m^3 for lassbærer i sluttavvirkning og 10 m^3 for tynning.
- Dagsprestasjon på 150 m^3 for hogstmaskin i sluttavvirkning og 75 m^3 for tynning.
- 0 kr i andre innsparinger av vegen.

Analyse av forholdet rente/tilvekst i forhold til når virket tas ut

Denne analysen er gjort ved å endre renta og tilveksten i forhold til når det planlegges at virket skal tas ut.

Volumtilvekstprosent (i) = 1,2....5

Realrentefot (p) = 1,2...5

Hvilket år volumet tas ut (n) = 1,2...5

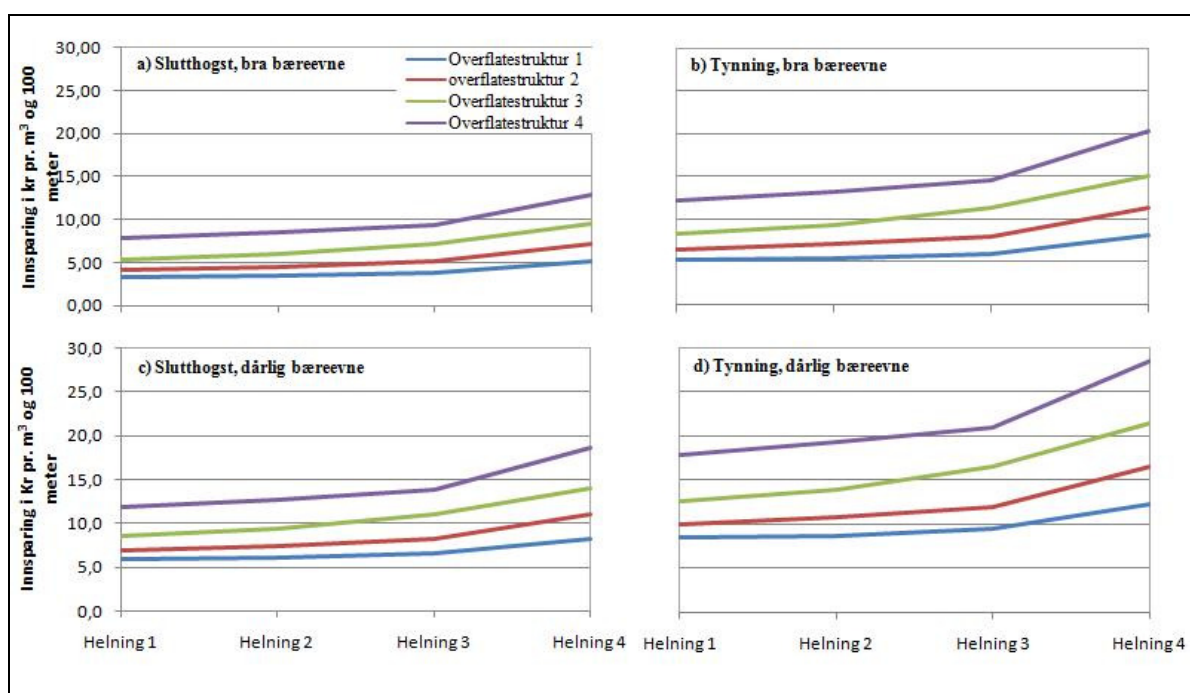
4.0 Resultat

Alle innsparingene i resultatdelen er diskontert over 10 år med en realrentefot på 4 % og justert for en volumtilvekst på 3,65 %

4.1 Nybygging av skogsbilveg

Innsparinger ved slutthogst og tynning

Ettersom innsparingene både på slutthogst og tynning er avhengig av kjørehastigheten i terrenget, vil de følge samme mønster (Figur 5).

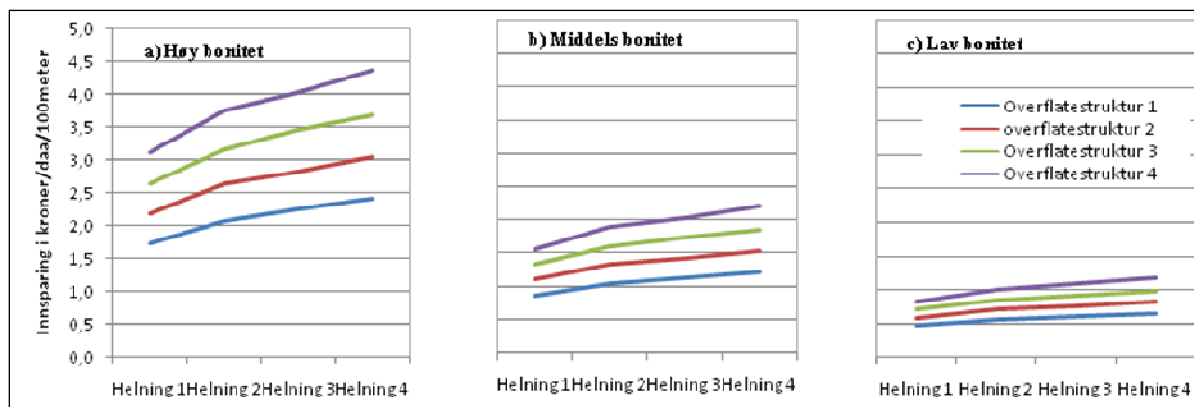


Figur 5. Innsparinger ved slutthogst (a og c) og tynning (b og d) funksjon av helning og overflatestruktur i klassene 1-4.

Den gjennomsnittlige innsparingen for slutthogst med bra bæreevne er 6,41kr/ m³/100 meter, mens den for dårlig bæreevne er 10,1 kr/ m³/100 meter. Den gjennomsnittlige spredningen mellom de ulike klassene for overflatestruktur er også større for kjøring på mark med dårlig bæreevne. For tynning er de gjennomsnittlige innsparingene på 10,5 og 15 kr/ m³/100 meter for henholdsvis bra og dårlig bæreevne. Spredningen mellom overflatestrukturklassene er større for tynning enn for slutthogst og følger samme mønster som for slutthogst ved at spredningen er større for kjøring på mark med dårlig bæreevne enn på mark med bra bæreevne.

Innsparing ved administrasjon

Ettersom innsparingene ved administrasjon er avhengig av ganghastigheten vil innsparingene variere ved ulik helning og overflatestruktur (Figur 6).

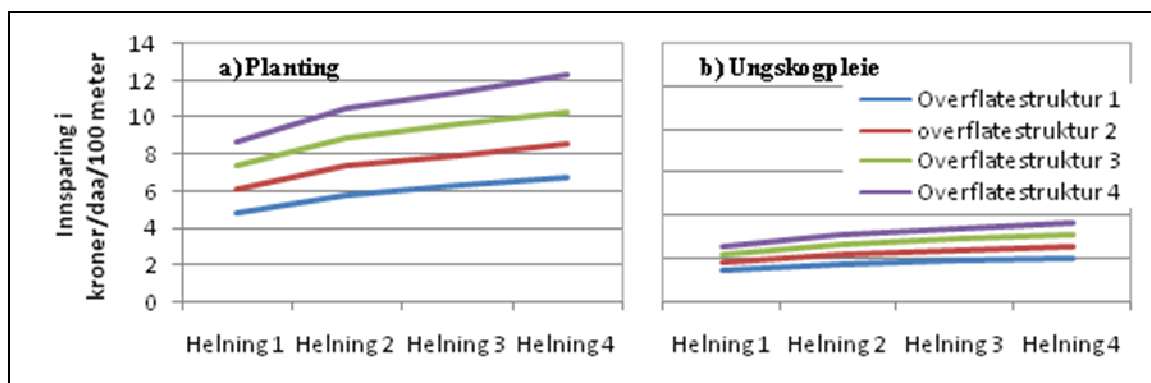


Figur 6. Innsparinger ved administrasjon for høy (a), middels (b) og lav (c) bonitet som en funksjon av helning og overflatestruktur i klassene 1-4.

På høy bonitet varierer innsparingene fra 1,7 til 4,4 kr/m³/100 meter, med en gjennomsnittlig differanse mellom de ulike overflatestrukturklassene på 0,6 kr/m³/100 meter. Ved middels bonitet vil innsparingene variere mellom 0,9 til 2,2 kr/m³/100 meter. Den gjennomsnittlige differansen mellom de ulike klassene for overflatestruktur er på 0,3 kr/m³/100 meter. For lav bonitet ligger innsparingene mellom 0,5 til 1,2 kr/m³/100 meter med en gjennomsnittlig differanse mellom de ulike overflatestrukturklassene på 0,2 kr/m³/100 meter.

Innsparing ved planting og ungskogpleie

Innsparingene ved planting og ungskogpleie (Figur 7) vil følge den samme utviklingen som for administrasjon.

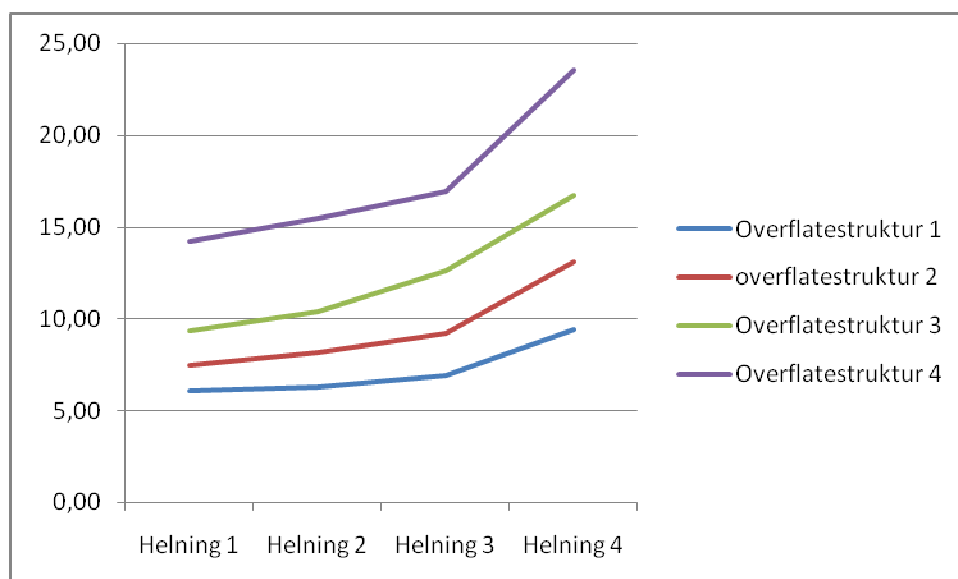


Figur 7. Innsparinger ved planting (a) og ungskogpleie (b) som en funksjon av helning og overflatestruktur i klassene 1-4.

For planting ligger innsparingene mellom 4,4 – 7,9 kr/m³/100 meter. Differansen mellom de ulike overflatestrukturklassene er i gjennomsnitt 1,5 kr/m³/100 meter. Innsparingene ved ungskogpleie varierer mellom 1,4 - 3,1 kr/m³/100 meter med en gjennomsnittlig differanse mellom de ulike klassene for overflatestruktur på 0,4 kr/m³/100 meter.

Innsparing ved utkjøring av bioenergivirke

Innsparingene ved utkjøring av bioenergivirke vil i likhet med for slutthogst og tynning variere med ulik helning og overflatestruktur (Figur 8).



Figur 8. Innsparinger ved utkjøring av bioenergivirke som en funksjon av helning og overflatestruktur i klassene 1-4.

Innsparingene for utkjøring av bioenergivirke er i gjennomsnitt 100 % høyere enn for utkjøring av tømmer i slutthogst.

4.1.1 Svartåsvegen

Svartåsvegen (N 63°22', E 11°21') er en planlagt skogsbilveg i Stjørdal kommune som brukes som en eksempelveg i denne oppgaven. Utregningene for transportgevinst er basert på tall fra skogbruksplanen (Tabell 17) og innspart driftsveglengde er regnet ut ved hjelp av GisLink (2009).

Tabell 17. Bestandsliste Svartåsvegen. Bestandsdata er hentet fra skogbruksplan og driftsveglengde er målt i GisLink (2009)

Bestands nr	Bonitet	Hogstklasse	Areal	Stående kubikkmasse	Driftsveilengde	
					før	etter
3	G8	5A	142	963	2495	1395
4	G11	5A	52,3	610	2317	1217
6	G11	3A	9	62	1895	795
7	G8	5A	38,4	258	1850	750
8	G8	5A	106,3	663	2316	1216
9	G11	3A	8,8	62	1859	759
10	G8	5A	115,9	971	2032	932
11	G11	5A	90,3	1169	1654	554
15	G11	5A	121,9	1578	1262	162
16	G11	5A	5	65	1428	328
20	G11	5A	11,5	157	924	36
22	G11	5A	53,8	737	626	81
31	G8	4B	8,6	36	414	50
33	G11	4A	51,3	695	161	67
Sum				8026		

Skog og landskap (u.å.-a)

Tar ut 100 % av kubikkmassen som er oppgitt i skogbruksplanen (Tabell 17). Det utføres planting og ungskogpleie på alt arealet. Et slikt forslag vil gi en transportgevinst på 467 585 kr fordelt på 354 359 kr på hogst/framkjøring og 113 226 kr på skogbehandling

Jorstad (1987).

Bæreevne: 3, overflatestruktur: 3, helning 2 gir etter Jorstads inndeling dårlige kjøreforhold. Behandlingsforslag 2 gir en transportgevinst på 9,5 kr/m³/100 meter. Innsparing på terrengtransport er 12 891 meter (gjennomsnitt 921 meter). Gir en innsparing på 555 874 kr. Dette tilsvarer en innsparing på 949 071 kr i 2008 (SSB 2008a).

Landbruksdepartementet (1994)

For traktorterreng gir dette en transportgevinst på 491 085 kr. Dette tilsvarer 657 808 kr i 2008 (SSB 2008a).

Ny modell

Innsparingene i den nye modellen er kr 609 076, fordelt på kr 495 856 for hogst og framkjøring og kr 113 220 for administrasjon, planting og ungskogpleie.

4.1.2 Bonitetstest

Bonitetstesten er et tenkt veganlegg som gjenspeiler bonitetsforholdene i en dal der vegen bygges i bunn av dalen der boniteten er høyest (Figur 4).

Tabell 18. Bestandsliste Bonitetstest. Volum og tilvekstprosent er hentet fra Larsson & Hysten (2007) og Driftsveglengde er hentet målt med utgangspunkt i skjematisk tegning av bestandene (Figur 4)

Bestands nr.	Lav bonitet	Middels bonitet	Høy bonitet	Bonitet	Volum	Tilvekstprosent	Driftsveglengde	
							før	etter
1	1,6			8	14,4	0,02	301,4	141,4
2	1,6			8	14,4	0,02	276,6	116,6
3	1,6			8	14,4	0,02	262,0	102,0
4	1,6			8	14,4	0,02	276,6	116,6
7	1,6			8	14,4	0,02	262,0	102,0
10	1,6			8	14,4	0,02	240,0	100,0
13	1,6			8	14,4	0,02	200,0	100,0
16	1,6			8	14,4	0,02	160,0	100,0
5		1,6		14	34,8	0,022	244,9	84,9
6		1,6		14	34,8	0,022	223,2	63,2
8		1,6		14	34,8	0,022	223,2	63,2
11		1,6		14	34,8	0,022	200,0	60,0
14		1,6		14	34,8	0,022	160,0	60,0
17		1,6		14	34,8	0,022	120,0	60,0
9			1,6	20	53,4	0,028	188,3	28,3
12			1,6	20	53,4	0,028	160,0	20,0
15			1,6	20	53,4	0,028	120,0	20,0
18			1,6	20	53,44	0,028	80,0	20,0
Sum	12,8	9,6	6,4		537,8		3698,2	1358,2

Med den bestandsvise modellen gir det en transportgevinst på totalt kr 2 332. Innsparingene for hogst utgjør kr 1946, mens innsparingene for skogkultur er på kr 387.

Med den forenklede modellen får vi en total transportgevinst på kr 3502 fordelt på kr 357 for skogbehandling og kr 3145 for slutthogst.

4.1.3 Følsomhetsanalyse

Følsomhetsanalysen som er gjort med bakgrunn i eksemplet, Svartåsvegen gir følgende resultat:

Endring i kostnader ved utbedring

Endring i kostnader ved utbedring (%)	+75	+50	+25	0	-25	-50
Endring i kostnader ved utbedring (kr)	2,66	2,28	1,90	1,52	1,14	0,76
Total transportgevinst (kr)	696 016	672 222	648 429	624 636	600 842	577 049
% økning av total transportgevinst	10	7	4	-	-4	-8

Endring i maskinkostnader

Endring i maskinkostnader (%)	+75	+50	+25	0	-25	-50
Endring i maskinkostnader (kr) (Lassbærer/hogstmaskin)	1400/2100	1200/1800	1000/1500	800/1200	600/900	400/600
Total transportgevinst (kr)	1 007 930	880 165	752 400	624 636	496 871	369 106
% økning av total transportgevinst	38	29	17	-	-26	-69

Endring i lasstørrelse på lassbærer

Endring lasstørrelse (%)	+75	+50	+25	0	-25	-50
Endring lasstørrelse (m ³)	26,2	22,5	18,7	15	11,2	7,5
Total transportgevinst (kr)	424 456	468 543	531 982	624 636	783 515	1 092 912
% økning av total transportgevinst	-47	-33	-17	-	20	43

Endring i dagsprestasjon på hogstmaskin

Endring dagsprestasjon (%)	+75	+50	+25	0	-25	-50
Endring dagsprestasjon (m ³)	262	225	187	150	112	75
Total transportgevinst (kr)	606 347	610 375	616 170	624 636	639 151	667 418
% økning av total transportgevinst	-3	-2	-1	-	2	6

Endring i uttak

Endring uttak (%)	+75	+50	+25	0	-25	-50
Endring i uttak (%) (sum)	13828	11853	9877	7902	5926	3951
Total transportgevinst (kr)	1 007 930	880 165	752 400	624 636	496 871	369 106
% økning av total transportgevinst	38	29	17	-	-26	-69

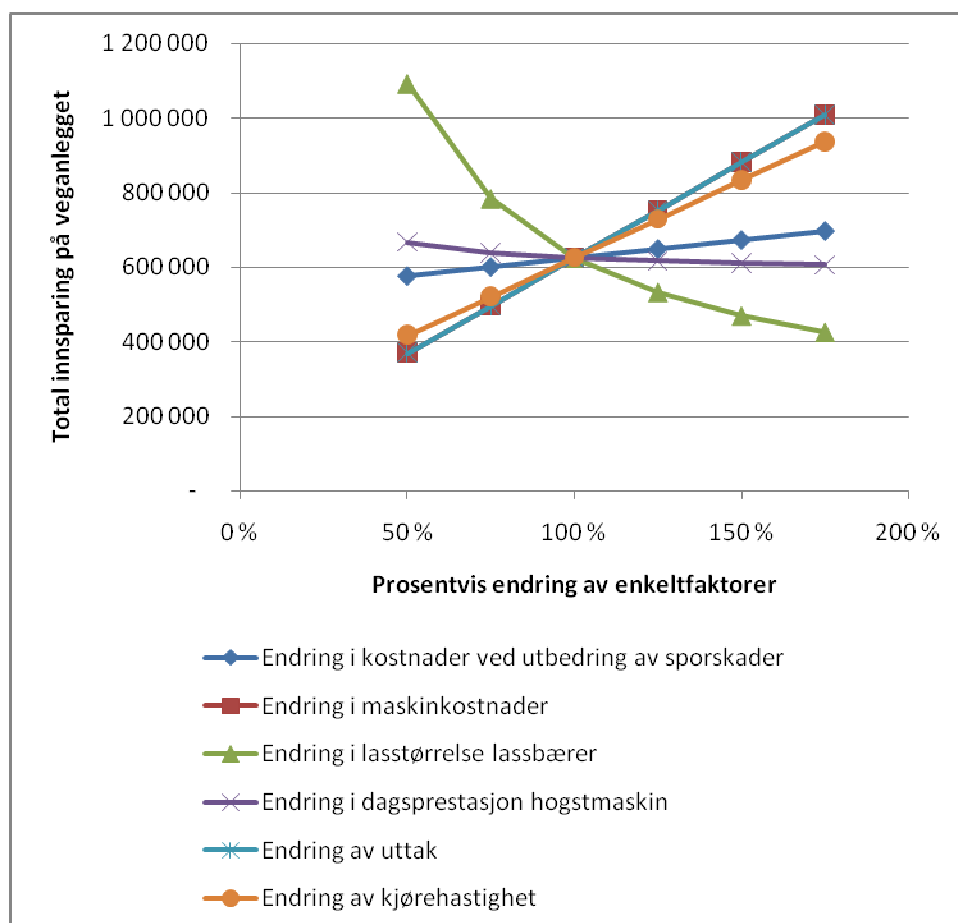
Endring i kjørehastighet

Endring kjørehastighet (%)	+75	+50	+25	0	-25	-50
Total transportgevinst (kr)	936 550	832 578	728 607	624 636	520 664	416 693
% økning av total transportgevinst	33	25	14	-	-20	-50

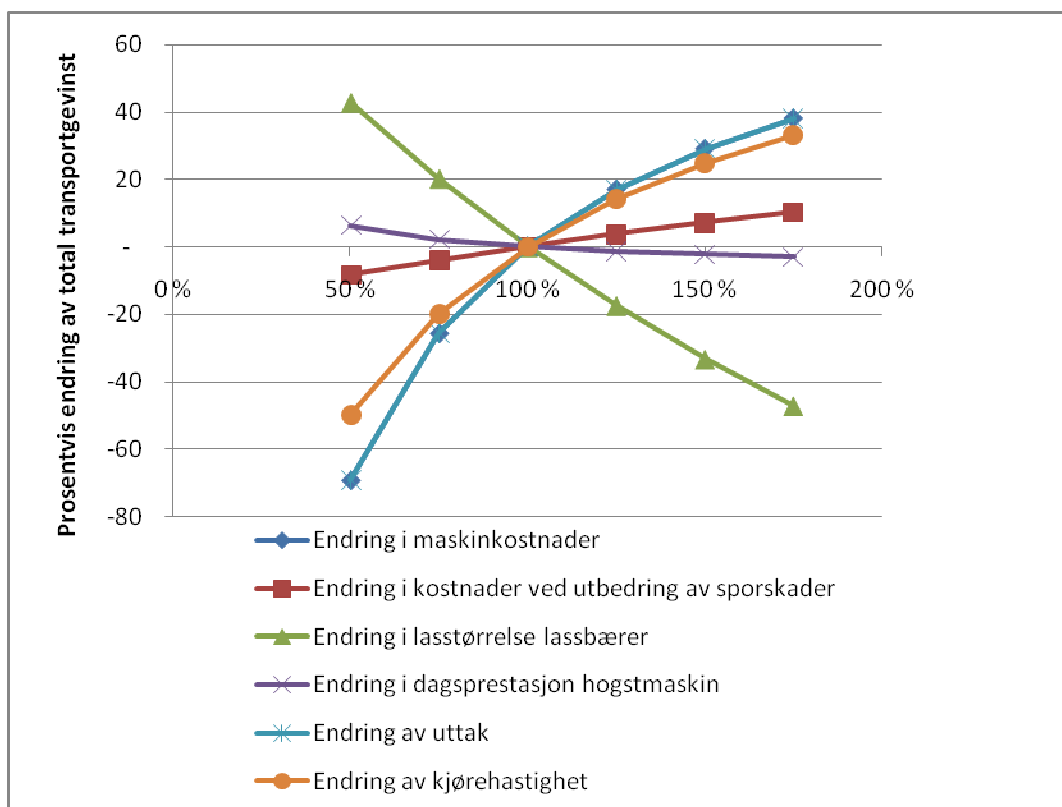
Endring av andre inntekter av vegen

Årlige inntekter av vegen	0	2000	4000	6000	8000	10000	12000
Total transportgevinst (kr)	624 636	651 816	678 997	706 178	733 358	760 539	787 719
% økning av total transportgevinst	0	4	9	13	17	22	26

Følsomhetsanalysen (Figur 9 og Figur 10) viser at noen av faktorene som inngår i modellen for utregning av transportgevinst har større betydning for den totale transportgevinsten enn andre faktorer.

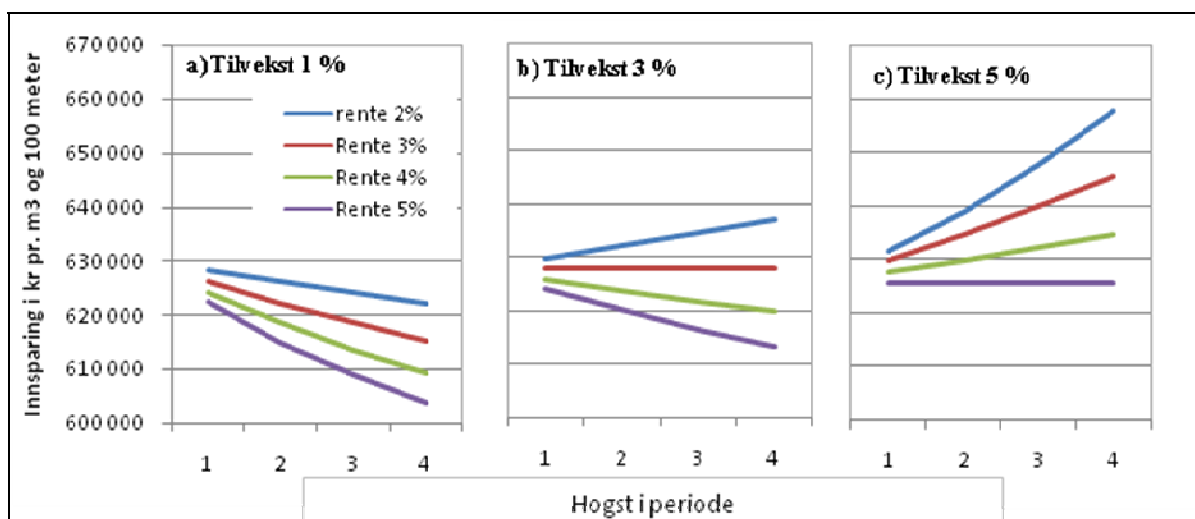


Figur 9. Endring av den totale transportgevinsten ved følsomhetsanalyse av enkeltfaktorer.



Figur 10. Prosentvis endring av den totale transportgevinsten ved følsomhetsanalyse av enkeltfaktorer.

Den faktoren som har størst prosentvis påvirkning på transportgevinsten er en nedgang i maskinkostnadene til hogstmaskin og lassbærer. Dette gir en kraftig nedgang i transportgevinsten. En nedgang i dagsprestasjonen for hogstmaskin vil føre til en svak nedgang i transportgevinsten, mens en økning i kostnadene for utbedring av sporskader fører til en svak økning i transportgevinst. En redusert kjørehastighet vil føre til en økning i transportgevinsten. Det samme er tilfellet for en endring av maskinkostnadene og en endring av uttaket i området som gir akkurat det samme utslaget på den totale transportgevinsten.



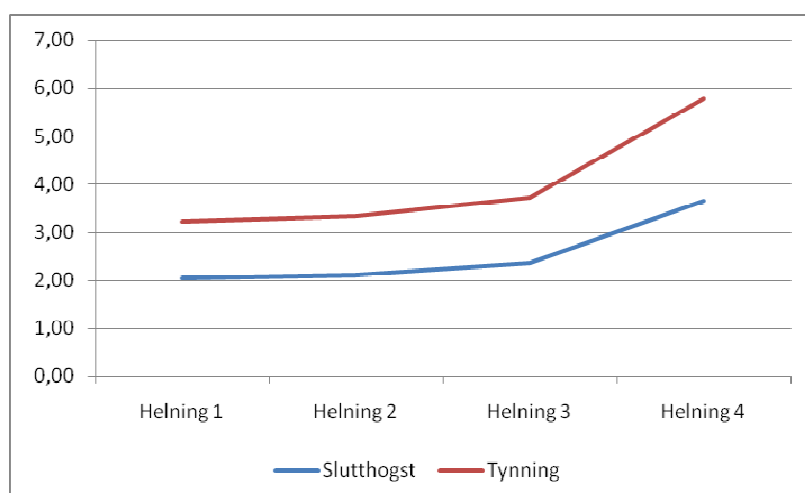
Figur 11. Totale innsparinger av vegen ved ulike rente og tilvekst i forhold til hogsttidspunkt

Analyse av hvordan rente, tilvekst og hogsttidspunkt virker inn på den totale innsparingen av vegen viser at om rente og tilvekst er lik, er innsparingene de samme uansett når i vegganleggets levetid hogsten utføres. Om differansen mellom tilvekst og rente øker vil effekten av når virket tas ut øke (Figur 11).

4.2 Ombygging av traktorveg til bilveg

Innsparing ved slutthogst og tynning

Da kjørehastigheten på traktorveg er høyere enn i terrenget er innsparingene på traktorveg lavere (Figur 12).

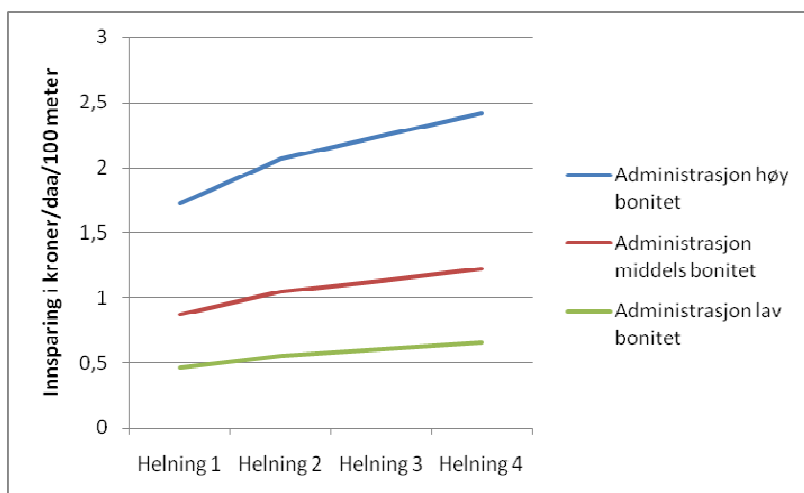


Figur 12. Innsparinger ved slutthogst og tynning som en funksjon av helning i klassene 1-4 og overflatestrukturklasse 1.

Innsparingene ved slutthogst og tynning ligger 64 % under innsparingene ved nybygging av veg på overflatestruktur 1 og god bæreevne.

Innsparing ved administrasjon

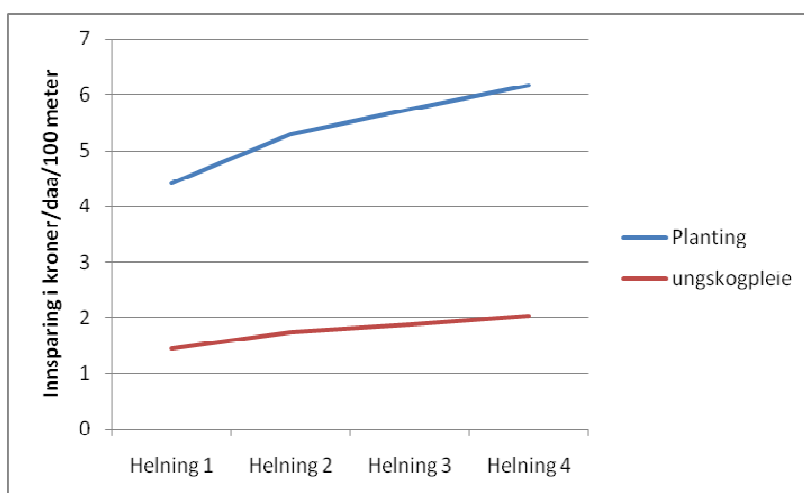
Innsparingene ved administrasjon ved varierende helning på traktorvegen (Figur 13) er lik som for nybygging av skogsbilveg i overflatestrukturklasse 1.



Figur 13. Innsparinger ved administrasjon som en funksjon av helning i klassene 1-4 og overflatestrukturklasse 1.

Innsparing ved planting og ungskogpleie

Innsparingene for ungskogpleie (Figur 14) er lik som for nybygging av skogsbilveg i overflatestrukturklasse 1.

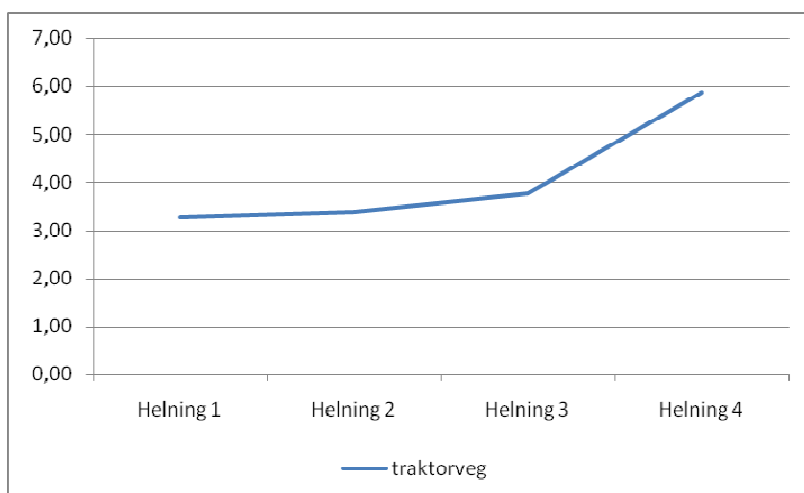


Figur 14. Innsparinger ved planting og ungskogpleie som en funksjon av helning i klassene 1-4 og overflatestrukturklasse 1.

Innsparingene for planting er 10 % lavere enn for nybygging av skogsbilveg på grunn av at plantene ikke bæres inn, men kjøres inn.

Innsparing ved uttak av bioenergivirke

Uttak av virke til bioenergiformål kan gi et stort sprik i innsparingene pr. m³. Men i dette tilfellet er det bare regnet for innsparingene ved utkjøring av GROT.



Figur 15. Innsparinger ved uttak av bioenergivirke som en funksjon av helning i klassene 1-4 og overflatestrukturklasse 1.

Innsparingene ved utkjøring av bioenergivirke (Figur 15) er 86 % lavere enn for innsparingene ved nybygging av skogsbilveg ved overflatestruktur 1.

4.3 Ombygging av skogsbilveg til klasse 3 eller 4

Ombygging av skogsbilveg til en bedre klasse som er godkjent for tømmerbil med henger vil gi en gevinst av at kippkjøring unngås. Det kan også være andre innsparinger som for eksempel et pristillegg på tømmeret som leveres i de tilfeller der den bygges om til en helårsveg. Innsparingene ved ombygging av skogsbilveg kan da regnes ut ved følgende formel:

$$\text{Innsparing opprusting} = (m^2 \text{ slutt hogst} + m^2 \text{ tynning}) \cdot 20 \cdot (1+p)^{-n} \cdot (1+i)^n$$

p= kalkulasjonsrentefot

i= tilvekstprosent

5.0 Diskusjon

Gyldigheten av tidligere modeller

Gjennomgangen av tidligere modeller viser at kostnadstallene som ble brukt av Jorstad (1987) er foreldet, noe som gjør at modellen ikke kan brukes som en realistisk utregning av transportgevinst med dagens forutsetninger. Utregninger med Skog og landskap (u.å.-a) sin modell viser at dette er en veldig detaljert modell som samtidig gir stor frihet for brukeren til å sette sine egne forutsetninger. På denne måten kan brukeren også i stor grad selv styre transportgevinsten i ønsket retning. Dette gjør at det kan bli vanskelig å sammenligne ulike veganlegg der det er brukt ulike forutsetninger og disse ikke er kjent.

Gyldigheten av modellen

Resultatet av beregningene er i hovedsak bare gyldig for de forutsetningene jeg har brukt i oppgaven. Forutsetningene som er brukt, har jeg prøvd å få så realistiske som mulig igjennom å få verifisert dem av personer som har erfaring innen praktisk skogbruk og forskning. Med dette mener jeg at resultatet skal gi en god indikasjon på innsparingene ved bygging/ombygging av skogsbilveg. Om man bruker modellen med en viss kritikk, vil modellen være til god hjelp for å sammenligne veganlegg opp mot hverandre. For maskinkostnader på hogstmaskin/lassbærer har jeg brukt virketid (kr/ E₁₅-time), fordi skogeieren ikke direkte betaler timekostnaden for maskinene, men betaler for volum. For skogkultur og administrasjon har jeg valgt å bruke tjenestetid. Virketid er tiden som direkte eller indirekte medgår til å forandre arbeidsobjektet i beliggenhet, tilstand eller form, mens grunntid (E₁₅) er inkludert tapstider opp til 15 minutter (Nordiska skogsarbetsstudiernas råd 1978). Tjenestetid er hele den tid som medgår for å gjennomføre en bestemt arbeidsoppgave. Grunnen til at jeg har brukt tjenestetid her og ikke virketid (E₁₅- time) slik som i tidligere modellene, er fordi skogeieren selv blir fakturert for den tiden som skogsarbeideren er på arbeid, og da har det liten betydning for økonomien hva timekostnaden for den effektive tiden er.

Modellen er i stor grad basert på kjørehastighet ved forskjellige terrengklasser. Som vi har sett, har Frønsdal (1985) henvist til Haarlaa (1971) og Asserståhl (1973) som har funnet at terrengforholdene forklarer såpass lite som 50 – 20 % av kjørehastigheten. Haarlaas (1971) undersøkelse er gjort i Finland, mens Asserståhls (1973) undersøkelse er gjort i Sverige. En

stor del av terrenget i Sverige og Finland tilsier at det er en god del enklere driftsforhold, enn hva vi finner her i Norge. Dette gjør at tallene ikke nødvendigvis er overførbare til norske forhold. I tillegg har vi hatt en stor teknologisk utvikling innenfor skogsmaskiner siden 1970-tallet (Brunberg 2004) da begge disse rapportene ble utarbeidet. Bedre førermiljø og større maskiner har trolig ført til at føreren av maskinen er mindre påvirket av terrengforholdene. Om vi tar høyde for disse faktorene, vil trolig terrenget ha noe mindre innvirkning på kjørehastigheten enn hva som er estimert i de tidligere nevnte undersøkelsene.

Muligheten til å bruke en forenklet modell

I mange tilfeller er det ønskelig å bruke en forenklet modell der det ikke er nødvendig å legge inn hvert enkelt bestand, med hogsttidspunkt og en egen volumtilvekstprosent. Med bakgrunn i eksempelveggen ser vi at den totale transportgevinsten kan variere med kr 54 112 som følge av forskjellige kombinasjoner med rente-tilvekst og hogsttidspunkt. Den høyeste transportgevinsten i dette eksemplet er 8 % høyere enn det laveste alternativet. Variasjonen er størst når det er stor forskjell mellom rente og tilvekst. Når renta og tilveksten er den samme, er det ingen variasjon mellom de ulike hogsttidspunktene (s. 38). I tillegg til hogsttidspunktet har også terrengforholdene stor betydning på innsparingene. Dette gjør at i de tilfeller der renta og tilveksten er lik og terrengforholdene er forholdsvis ensartet, kan en forenklet modell brukes til å gi et godt estimat. Der terrengforholdene varierer mye på den innsparte strekningen og det er stor forskjell mellom renta og tilveksten, bør en bestandsvis modell brukes for å fange opp innsparingene for de ulike bestandene. Ettersom renta er satt til 4 % vil dette først og fremst gjelde i områder med lav tilvekst.

Bæreevne/kjøreskader

Mye nedbør og bæresvak mark gjør at sporskader etter skogsdrift til tider på året er et stort problem. Skadene som må utbedres kan på visse drifter utgjøre en forholdsvis stor del av driftsutgiftene. Resultat om mulig klimaendringer fra RegClim (2005) viser at det vil bli økt nedbør på høsten i store deler av landet, men økningen vil være størst på kysten. De har også kommet fram til at vintrene vil bli mildere med en minimumstemperatur på 2,5 - 4 °C over dagens nivå. Antall mildværsdager om vinteren (minimumstemperatur over 0 °C) vil øke mest i lavlandet. Alle disse utsiktene tilsier at faren for kjøreskader vil øke i framtiden om prognosene for klimaendringer slår til.

Det er lite data om hvordan bæreevnen spiller inn på kjørehastigheten til skogsmaskinene. Med en forespeilet utvikling i nedbør og temperatur vil bæreevnen i framtiden spille en viktig rolle for kostnadene ved terrengtransport. De tallene som er brukt i modellen kan gi store utslag på transportgevinsten om det er et stort tømmerkvantum som skal tas ut og lang driftsveglengde. På en drift på 500 m³ og en driftsveglengde på 500 meter gir dette en kostnad ved utbedring av sporskader på kr 7,6 pr. m³. Dette er et tall som er ganske sammenfallende i forhold til de tall som brukes ved planlegging av drifter (pers. medd. Eidesmo 2009). I følsomhetsanalysen har jeg testet opp til en kostnad på 2,66 kr/m³/100 meter. Med samme forutsetninger som for driften over gir dette en kostnad ved utbedring av sporskader på 13,3 kr pr. m³. Dette er en veldig høy kostnad for utbedring av sporskader, og i de fleste tilfeller burde dette bestanden blitt klassifisert som et 0-område pga. at det ikke er teknisk drivbart. En mulighet er å forutsette at bestanden skal hogges på en tid på året med god bæreevne.

Bioenergi

Innsparingene ved uttak av virke til bioenergi blir betydelig større enn hva som er tilfellet for rundvirke fra hogst. Grunnen til det er at det ved uttak av GROT og heltrevirke er forholdsvis mye luft og man kommer ikke opp til lassbærerens vektbegrensning.

Bioenergi er pr. i dag ikke en faktor som gir gevinst ved bygging av veg. Uttak av bioenergivirke er i dag veldig avhengig av korte driftsveglengder. Grunnen til dette er at man får med seg få fastkubikk i et lass og verdien av virket er for lav til å kunne gå lengre ut i terrenget. Med økt etterspørsel etter bioenergivirke vil også prisen gå opp. Dette vil føre til at man får en økt lønnsomhet ved uttaket og det kan da bli en gevinst ved vegen på lik linje som tynningsuttak.

Utrekninger gjennom modellen viser at uttak av virke til energiformål er følsomt for lange driftsveglengder og på den måten drar opp lønnsomheten ved et veganlegg betraktelig. Kostnadstallene for framkjøring av virke til energiformål i denne oppgaven gjelder for utkjøring av GROT. I motsetning til for rundvirke vil lasstørrelsen (fm³) være svært avgjørende for lønnsomheten. Hvor mye som kan tas med på et lass vil variere mye med hvilket virke som skal tas ut. En studie gjennomført av Skogforsk (Gjølshjøl & Kjøstelsen 2006) viste at utkjøring av heltrær etter hogst på gjengrodd beitemark gav en lasstørrelse på 7,6 m³, mens utkjøring av heltrær fra tynning i furu ga et gjennomsnittslass på 8,2 fm³ i lasset

(Gjølshjøl & Kjøstelsen 2006). Uttak av GROT ga en gjennomsnittlig lasstørrelse på $5,5 \text{ fm}^3$ (pers medd. Kjøstelsen 2009). I den andre enden av skalaen har vi utkjøring av rundvirke til energi der det er mulig å få med seg 15 fm^3 pr. lass. Dette viser at det er forholdsvis stor variasjon etter hvilket virke som skal tas ut.

Andre fordeler av vegen

En skogsbilveg kan gi andre fordeler som ikke er så lett å tallfeste eller at det er svært mange individuelle forutsetninger. Eksempel på slike fordeler kan være økt inntekt på jakt/fiske, hytter, bomavgift eller et leveringstillegg for tømmeret. Som vi ser i analysen av fordelene, kan slike fordeler ha stor betydning for de totale innsparingene av vegen. En årlig inntekt på kr 12 000 gir en økt innsparing på kr 163 084. Eksempel på en årlig inntekt på kr 12 000 kan være en bomveg med 240 betalende passeringer med en avgift på kr 50. Et annet eksempel er et leveringstillegg for levering av tømmer i barmarkssesongen. Et pristillegg på tømmeret på 25 kr/m^3 vil også gi en inntekt på kr 1200, forutsatt at det hogges 480 m^3 . Det vil også ofte være et pristillegg for virke som blir tatt ut igjennom tynning. Tynning er i stor grad avhengig av skogsbilveg for å få en lønnsomhet i uttaket.

Svartåsvegen

Utrekninger basert på ulike modellene i dette eksemplet, viser at det er stor spredning mellom modellene. Modellen som er laget i denne oppgaven gir en transportgevinst som er kr 125 185 høyere enn hva som er tilfellet for modellen til Skog og landskap (u.å.-a). Det aller meste av dette (kr 110 501) stammer fra tillegget for utbedring av skader etter hogst. Grunnen til at det blir så mye mer, er at de fleste bestandene i vegens dekningsområde er omringet av myrer som gjør driftsforholdene vanskelig. Hadde man forutsatt bare vinterdrifter der bæreevnen er god, hadde transportgevinsten blitt på totalt kr 443 150.

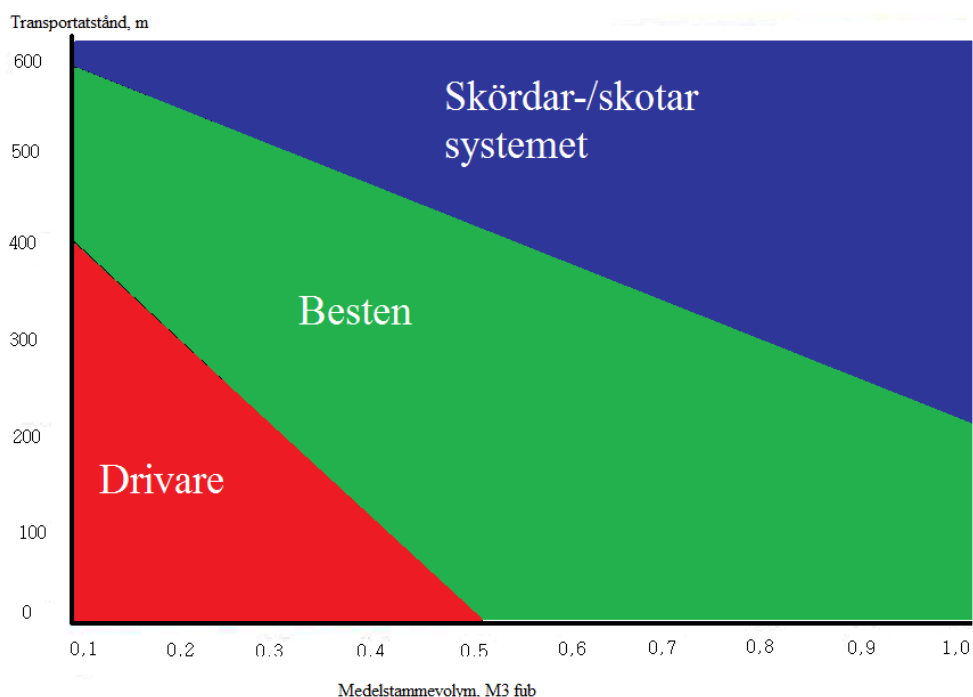
De to tidligere modellene viser en lavere transportgevinst, men når det korrigeres for konsumprisindeksen, blir transportgevinsten høyere. Følsomhetsanalysen viste at det er mange faktorer som utgjør en stor del av transportgevinsten. En av de faktorene som har størst betydning er maskinkostnadene til hogstmaskin og lassbærer. Jorstad (1987) brukte i sin modell en kostnad på kr 470 og kr 900 for henholdsvis lassbærer og hogstmaskin. I forhold til dagens timekostnad for maskin (kr 800 og kr 1200) gir det en prisoppgang på 70 % for lassbæreren og 33 % for hogstmaskin. Prisstigningen for en skogsarbeider har vært på 300 %,

mens for personen som utfører administrasjonen har prisstigningen vært på 313 %. Med så stort sprik i prisstigning er det vanskelig å finne en prisindeks som passer for hele modellen. Konsumprisindeksen gir en prisstigning på 70,7 % fra 1987 til 2008 og passer dermed bra for lassbæreren, men mindre bra for de andre faktorene. Ettersom lassbæreren er den mest avgjørende faktoren har jeg valgt å ta utgangspunkt i konsumprisindeksen, selv om den ikke passer for alle faktorene. NTNU's skogsmaskinindeks (NTNU 2008) kan i framtiden gi en god pekepinn på prisstigningen for skogsmaskiner, men den er forholdsvis ny og kan dermed ikke brukes for å justere tallene til Jorstad (1987).

Framtidige driftssystemer

I en modell for utregning av transportgevinst vil det alltid være viktig å ta inn potensielle faktorer som vil kunne ha betydelig påvirkning på transportgevinsten. Som tidligere nevnt er en satsning på bioenergi en slik ny faktor. Men vi kan også oppleve en endring i driftssystemet som for eksempel gjør at det er mer gunstig med et tett skgsbilvegnett. Bergkvist (2008) har undersøkt to driftssystemer som på hver sin måte utfordrer hogstmaskin-/lassbærersystemet og som er avhengig av korte driftsveglengder.

Et slikt eksempel er Komatsu Forests Drivaren. Maskinen er en kombinasjon av lassbærer og hogstmaskin. Ettersom det er mulig å vri lasterommet kan man laste direkte opp i lasterommet ved opparbeiding av treet. Dette fører til kostnadene til flytting og administrasjon blir lavere ettersom alt arbeidet utføres med en maskin. Ulempen med systemet er at det ikke er noe virkesproduksjon når tømmeret kjøres ut. Dette gjør at systemet er best egnet på korte driftsveglengder der undervegsoperasjonen utgjør en liten del av hogsten. Et annet eksempel er besten: Dette er et driftssystem som består av en førerløs hogstmaskin ("besten") og en lassbærer med et lasterom som kan vris i ønsket retning ("kurrier"). "Besten" styres da fra lassbæreren med radiostyring og virket lastes rett opp i lasterommet. Antall kurrierer kan tilpasses etter hvor lang driftsveglengde det er. Fordelen med systemet er at hogstmaskina "besten" hele tiden produserer virke mens lassbæreren står der. Bergkvist (2008) fant i sin undersøkelse at de to driftssystemene er godt egnet på en god del av skogsarealet i Sverige (Figur 16). Begge systemene er best egnet på kortere driftsveglengder.



Figur 16. Transportavstand og middelstammevolum der respektive system er billigst (Bergkvist 2008)

Disse to systemene vil øke lønnsomheten av å bygge en veg ettersom de er såpass følsomme for lange driftsveglengder. Jeg har ikke tatt med disse to systemene i bergningene ettersom "besten" fortsatt bare er i en utviklingsfase og "drivaren" er i svært liten utstrekning i bruk i Norge i dag.

6.0 Konklusjon

Igjennom denne oppgaven har jeg kommet fram til at de modellene vi bruker i dag for utregning av transportgevinst ikke tjener til det formålet de skal. Dette er på grunn av at de dels er utdatert med tanke på kostnadstall og forutsetninger eller er av en slik detaljeringsgrad at det kreves særs god kunnskap for utregning av transportgevinst.

Modellen som er utviklet for transportgevinst i denne oppgaven gir et godt grunnlag for både forenklet og bestandsvis utregning av gevinsten. Gjennom følsomhetsanalyser kan man se at en økning i faktorene maskinkostnad for hogstmaskin og lassbærer, og en endring i uttak, fører til en kraftig økning i transportgevinsten. En økning i lasstørrelsen til lassbæreren vil føre til en kraftig nedgang i den totale transportgevinsten. På eksempelvegen gir den nye modellen følgende resultat i forhold til de andre

Tabell 19. Endring i total transportgevinst på eksempelveg med utgangspunkt i ny modell.

Modell	Transportgevinst	Endring
Ny modell	609 076	0 %
Skog og landskap (u.å.-a)	467 585	-23 %
Jorstad (1987)	555 874	-9 %
Jorstad (1987) (korrigert med KPI)	949 071	+55 %
Landbruksdepartementet (1994)	491 085	-19 %
Landbruksdepartementet (1994) (korrigert for KPI)	657 808	+8 %

En forenklet modell kan brukes i de tilfeller der det er lite spredning i terrengforholdene og bonitet. For at modellen skal treffe bra er det en fordel med liten spredning mellom tilvekst og rentefot. Når det er brukt en rentefot på 4 % i modellen betyr dette at volumtilveksten bør ligge rundt 4 %.

For best mulig bruk av statlige midler er det viktig å ha en reel sammenligning av veganlegg for å kartlegge hvilke veganlegg som gir den største gevinsten. På denne måten er det mulig å luke ut de veganleggene som har liten gevinst i forhold til kostnadene ved å bygge vegen.

7.0 Litteratur

- Aas, P. S. (2002). Skogbrann: vern og sløkking. Oslo: Skogbrand forsikringsselskap Gjensidig.
- Aasetre, J. (1992). Friluftsliv og skogbruk. En litteraturstudie. I: NINA (red.). NINA-utredninger 34. 52 s.
- Benterud, O. (1935). Moderne skogsveier. Tidsskrift for Skogbruk, 42 (6): 161-170.
- Berg, S. (1991). Terrängtypsschema för skogsarbete. Sth: Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. 28 s.
- Bergkvist, I. (2008). Direktelastande uppstickare kan bryta skördar-/skotarsystemets dominans. Resultat från Skogforsk 2008 (9): 6 s.
- Brunberg, T. (2004). Underlag till produktionsnormer för skotare. Redogörelse från Skogforsk.Uppsala: Skogforsk. 2004 (3): 12 s
- Dale, Ø. (1995). Omfang og årsaker til hjulsporskader etter skogsdrifter: en feltregistrering fra fem regioner i Norge. Rapport fra skogforsk, 1995 (7): 27 s.
- Dale, Ø. & Aamodt, H. E. (1994). Tilltak for å hindre terrengskader, barlegging av kjøreveier. Rapport fra skogforsk, 1995 (16): 12 s.
- Eidesmo, A. R. (2009a). Samtale med Skogbruksleder i Stjørdal og Meråker Alf Roar Eidesmo i Allskog. Stjørdal (pers. medd. 03.03.2009).
- Eidesmo, A. R. (2009b). Telefonsamtale med Skogbruksleder i Stjørdal og Meråker Alf Roar Eidesmo i Allskog (pers. medd. 30.03.2009).
- Fjalestad, I. (2009). Skogbrann og vegtetthet (e-post til Dag Okkenhaug Bævre 25.03.2009).

- Frønsdal, J. (1985). Terrengekjøring med ulike skogsmaskiner: en praktisk og teoretisk analyse av terrenkfaktorens innvirkning på maskinenes stabilitet og hastighet. Driftsteknisk rapport, 28: 63 s.
- GisLink Karttjenester. (2009). Kart over Svartåsvegen. Tilgjengelig fra: <http://www.gislink.no/gislink/> (lest 16.12.2008).
- Gjedtjernet, A. M. F. (1989). Tømmertransport med traktor i norsk skogsterreng Doktorgrads oppgave 1989:11. Ås: Norges landbrukshøgskole, Institutt for Skogbrukets Driftsteknikk. 264 s.
- Gjølshjøl, S. & Kjøstelsen, L. (2006). Uttak av heltrær fra yngre skog til bioenergi (upublisert rapport/manuskript).
- Grimsrud, E. (2009). Prosedyre ved avvik på skogsbilvei. Viken nytt 2009 (1), s. 4.
- Gundersen, V. & Nyeggen, H. (2007). Skogsveger - noe mer enn skogbruk? Viten fra Skog og landskap, 2007 (2): 79-83.
- Heje, K. K. & Nygård, J. (1999). Venteverdiens kostnad, kalkulasjonsrente 2,5 %. I: Norsk skoghåndbok, : Landbruksforlaget s. 165
- Jorstad, Ø. (1987). Verdsetting av skogsbilveier. Hovedoppgave. Ås: Norges Landbrukshøgskole, Institutt for Skogbrukets Driftsteknikk. 49 bl. s.
- Kjøstelsen, L. (2009). Samtale med avdelingsingeniør Leif Kjøstelsen, Norsk institutt for skog og landskap. Ås (pers. medd. 23.04.2009).
- Landbruksdepartementet. (1994). Rundskriv M-64/1994. Skjema for melding om skogsbilveibygging. Oslo: Landbruks- og matdepartementet. 1 s.
- Landbruksdepartementet. (1996). Forskrift om planlegging og godkjenning av veier for landbruksformål, FOR 1996-12-20 nr 1200.

- Landbruksdepartementet. (2002). Rundskriv M-7/2002. Endringer i rundskriv M-3/2002 - Priser på landbrukseiendommer ved konsesjon - Kapitaliseringsrentefot m.m. for skog. Oslo: Landbruksdepartementet. 1 s.
- Landbruks- og matdepartementet. (2009). Bioenergi: Tilskudd til produksjon av skogsflis. Tilgjengelig fra: <http://www.regjeringen.no/nb/dep/lmd/aktuelt/nyheter/2009/mars-09/bioenergi-tilskudd-til-produksjon-av-sko.html?id=548548> (lest 25.04.2009).
- Larsson, J. Y. & Hylen, G. (2007). Skogen i Norge: statistikk over skogforhold og skogressurser i Norge registrert i perioden 2000-2004. Viten fra Skog og landskap 2007 (01): 91 s.
- Levende skog standarden. (2009). Tilgjengelig fra: <http://www.levendeskog.no/sider/tekst.asp?side=324&submeny=Levende%20Skog%20standarden&niv2=&menuid=239> (lest 19.04).
- Lileng, J. K., Dale, Ø. & Bjerketvedt, J. (1999). Skogsbilveier: Lønnsomhet og kostnadsfordeling. Oppdragsrapport, Ås: NISK. 1999 (14): 43 s.
- Lindstrøm, I. (1983). Kalkylteknik vid skoglig vägnätsplanering. Vägserien nr. 1. Jönköping, Sverige: Skogsstyrelsen.
- Mestvedt, M. (1984). En intervjuundersøkelse om veg- og stinettet i Trondheim bymark. Hovedoppgave. Ås: Norges landbrukshøgskole, Institutt for skogskjøtsel 112 s.
- Nordiska skogsarbetsstudiernas råd. (1978). Nordisk avtale om skoglig arbeidsstudienomenklatur. Ås: Norsk institutt for skogforskning. 130 s.
- Norsk institutt for skog og landskap. (u.å.-a). Lønnsomhet for skogsveier: et program for lønnsomhetsberegning og kostnadsfordeling av skogsveier. Tilgjengelig fra: http://www.skogoglandskap.no/kalkulator/lonnsomhet_skogsveier (lest 10.01.2009).

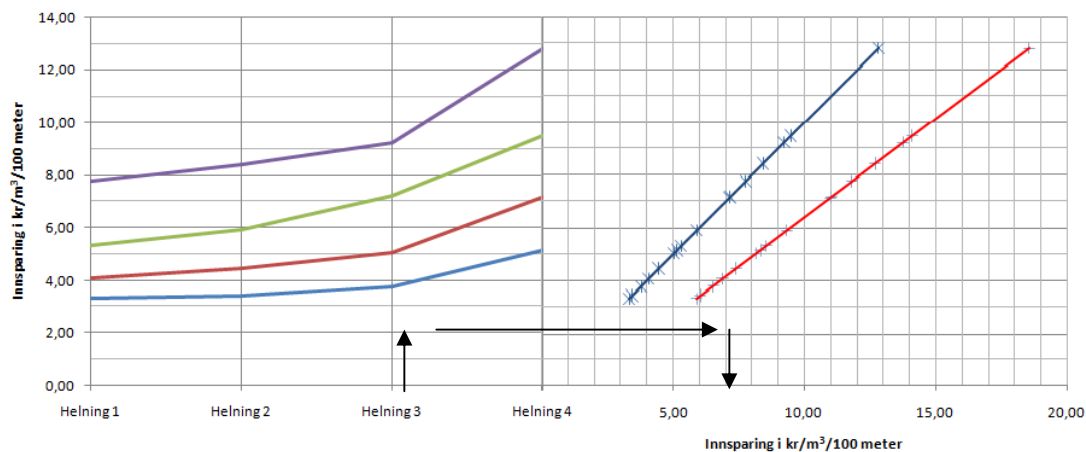
- Norsk institutt for skog og landskap. (u.å.-b). Skogsveier i Norge - historisk utvikling og dagens situasjon Ås. Tilgjengelig fra:
http://www.skogoglandskap.no/fagartikler/2008/skogsveier_i_norge_historisk_og_na.
- NTNU. (2008). Skogsmaskinindeksen, Oktober 2007. Tilgjengelig fra:
http://www.ntnu.no/eksternweb/multimedia/archive/00027/151007Skogsmaskinind_27054a.pdf (lest 20.05.2009).
- Nyeggen, H. & Øyen, B.-H. (2007). Prestasjonsdata frå kystskogbruket. Dokument fra Skog og landskap. Ås: Norsk institutt for skog og landskap. 2007 (01):31 s.
- O'Sullivan, D. & Unwin, D. (2003). Geographic information analysis. Hoboken, N.J.: Wiley. XI, 436 s. s.
- Reber, A. (1989). Implicit learning and tacit knowledge. Journal of Experimental Psychology 118(3): 219-235.
- Samset, I. (1975). Skogterrengets tilgjengelighet og terrengforholdenes innflytelse på skogtilstanden i Norge. Meddelelser fra Norsk institutt for skogforskning, 32.1: 92 s.
- Samset, I. (1997). Arbeid i skogene 1897-1997. Aktuelt fra skogforskningen, 1997 (7): 38-51.
- Sellæg, M., Moen, A. D., Nordlund, B. S., Dahle, J. M., Bergsvåg, A. & Kvidal, S. (2008). Melding om kystskogbruket. Finnmark, Troms, Nordland, Nord-Trøndelag, Sør-Trøndelag, Møre og Romsdal, Sogn og Fjordane, Hordaland Rogaland. Steinkjer. 106 s.
- SSB. (2008a). Konsumprisindeksen- beregn prisendring selv. Tilgjengelig fra:
<http://www.ssb.no/emner/08/02/10/kpi/kpiregn.html> (lest 13. 02.2009).
- SSB. (2008b). Totalregnskapet for skogbruk og tjenester tilknyttet skogbruk. Foreløpige tall, 2007. Tilgjengelig fra: <http://www.ssb.no/skogregn/> (lest 05.04.2009).

- SSB. (2009). Bygging og ombygging av skogsveger for motorkjøretøy. Antall anlegg og lengde, etter fylke. Tilgjengelig fra: <http://www.ssb.no/emner/10/04/20/skogsvei/tab-2009-04-22-01.html> (lest 25.04.2009).
- SSB. (u.å). Statistikkbanken-Jordbruk og skogbruk-Tabell 05304. (2009). Tilgjengelig fra: http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/Default_FR.asp?Productid=10.04&PXSid=0&nvl=true&PLanguage=0&tilside=selecttable/MenuSelP.asp&SubjectCode=10 (lest 19.03.2009).
- Trædal, L. (2008). Skaufolk: frå øks til hogstmaskin. Oslo: Aschehoug. 335 s.
- Vevstad, A. (1987). Skogbrannvern og skogforsikring i Norge: Det norske gjensidige skogbrandforsikringsselskap 1912-1987. Oslo: Skogbrand. 287 s.
- Øyen, B.-H. (2008). Kystskogbruket: potensial og utfordringer de kommende tiårene. Oppdragsrapport fra Skog og landskap, 01/08: 80 s.

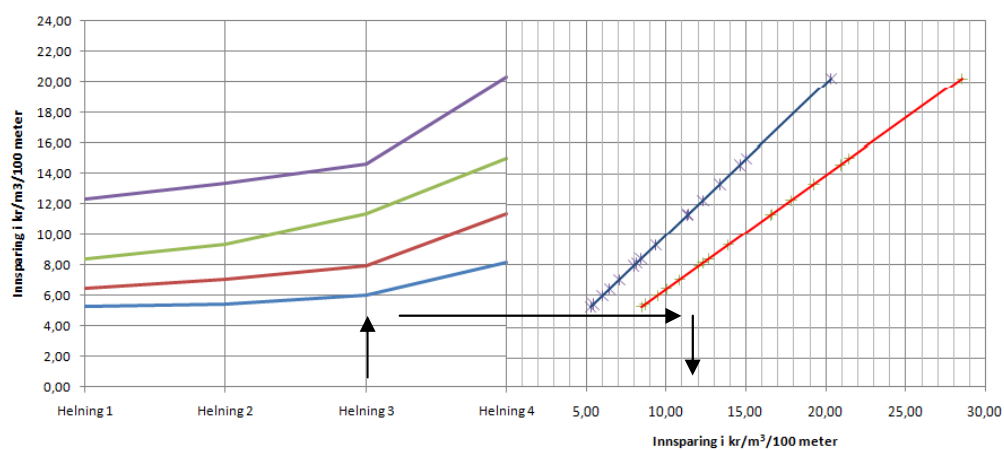
Vedlegg 1

Forenkla modell

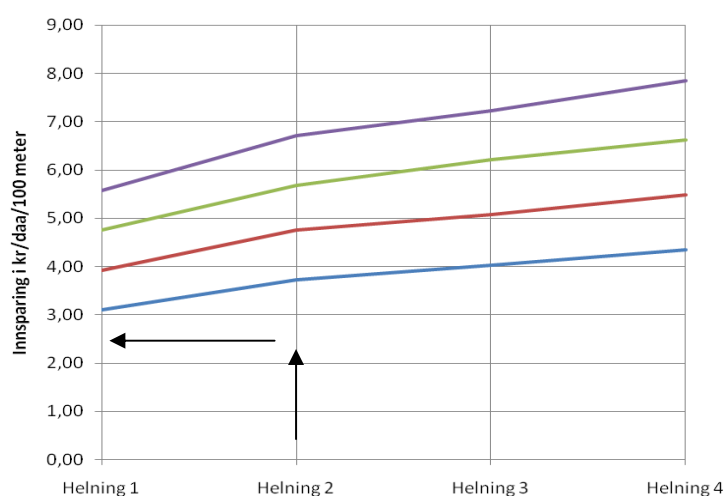
Slutthogst



Tynning



Skogbehandling



Tilleggssatser:

Administrasjon:

Høy bonitet: 0,58

Middels bonitet 0,29

Lav bonitet 0,15

Skogkultur:

Planting 1,47

Ungskogpleie 0,48

Overflatestruktur 1	Dårlig bæreevne	Høy bonitet
overflatestruktur 2	Bra bæreevne	Middels bonitet
Overflatestruktur 3		Lav bonitet
Overflatestruktur 4		

Eksempel på utregning:

Antall m³ for slutthogst: 6321 m³

Antall m³ for tynning: 0 m³

Antall daa middels bonitet: 403 daa

Antall daa dårlig bonitet: 411 daa

Antall daa med planting: 200 daa

Antall daa med ungsogpleie: 150 daa

Helningsklasse 2, Overflatestrukturklasse 3, Dårlig bæreevne

Redusert driftsveglengde: 921 meter

Utrekninger:

Gevinst slutthogst: $(7,5 \cdot 9,21 \cdot 6321)$	=	436 623	kr
Gevinst administrasjon: $(0,29 \cdot 403 \cdot 5,7 \cdot 9,21) + (0,15 \cdot 411 \cdot 5,7 \cdot 9,21)$	=	9 371	kr
Gevinst planting: $(200 \cdot 5,7 \cdot 9,21) \cdot 1,47$	=	15 434	kr
Gevinst unskogpleie: $(150 \cdot 5,7 \cdot 9,21) \cdot 0,48$	=	3 779	kr
Total gevinst	=	465 207	kr

Vedlegg 2

Eksempel på utforming av regneark for utregning av transportgevinst: