



NIBIO
NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

NIBIO BOK | VOL. 3 NR 11 2017

Gjødsling av skog

Kjersti Holt Hanssen og Erling Bergsaker



Forfatter: Kjersti Holt Hanssen og Erling Bergsaker

Tittel: Gjødsling av skog

Forsidefoto: Torfinn Kringlebotn

NIBIO BOK 3(11) 2017

ISBN: 978-82-17-01989-3

ISSN: 2464-1189

Produksjon: www.xide.no

Gjødsling av skog

Kjersti Holt Hanssen og Erling Bergsaker

Innhold

Innledning	6
Hva slags næring trenger trærne?	6
Effekt av gjødsling på trærnes tilvekst og kvalitet	7
Effekt på klima	7
Miljøeffekter.....	8
Praktiske råd	10
Valg av bestand for gjødsling	10
Valg av tidspunkt og metode for spredning	10
Gjødseltype.....	12
Gjødselmengde	12
Økonomi ved skoggjødsling	13
Spørsmål og svar om gjødsling	15
Fordypning	17
Mer om valg av bestand.....	17
Gjødsling av yngre bestand	18
Gjødsling av torvmark	18
Askegjødsling og kalking	19
Litteraturliste	21

Forord

Å gjødsle med nitrogen er et av de få tiltakene som gir en rask effekt på tilvekst og karbonbinding i skog. Riktig utført kan gjødsling gi økt tømmervolum, høyere andel av skurtømmer og god økonomi for skogeier, samtidig som den gir en positiv klimaeffekt. Gode støtteordninger til gjødsling som et klimatiltak har bidratt til at interessen for skoggjødsling nå har økt kraftig.

Gjødsling av skog krever kunnskaper hos både skogeier og rådgivningsapparat. Denne håndboka

gir informasjon om effekter, og gode råd om valg av bestand og praktisk utførelse, basert på forskning fra Norge og de andre nordiske landene. Skogsjef Erling Bergsaker, Norskog, har foretatt de økonomiske analysene. Kjersti Holt Hanssen er ansvarlig for resten av teksten. Vi takker Utviklingsfondet for skogbruket, Skogtiltaksfondet og NIBIO for støtte til prosjektet. Takk også til Bjørn Helge Bjørnstad, Maria Bostrøm, Aksel Granhus og Torfinn Kringelbotn for gjennomlesing og kommentarer underveis.

Ås, 7. desember 2017

Kjersti Holt Hanssen og Erling Bergsaker

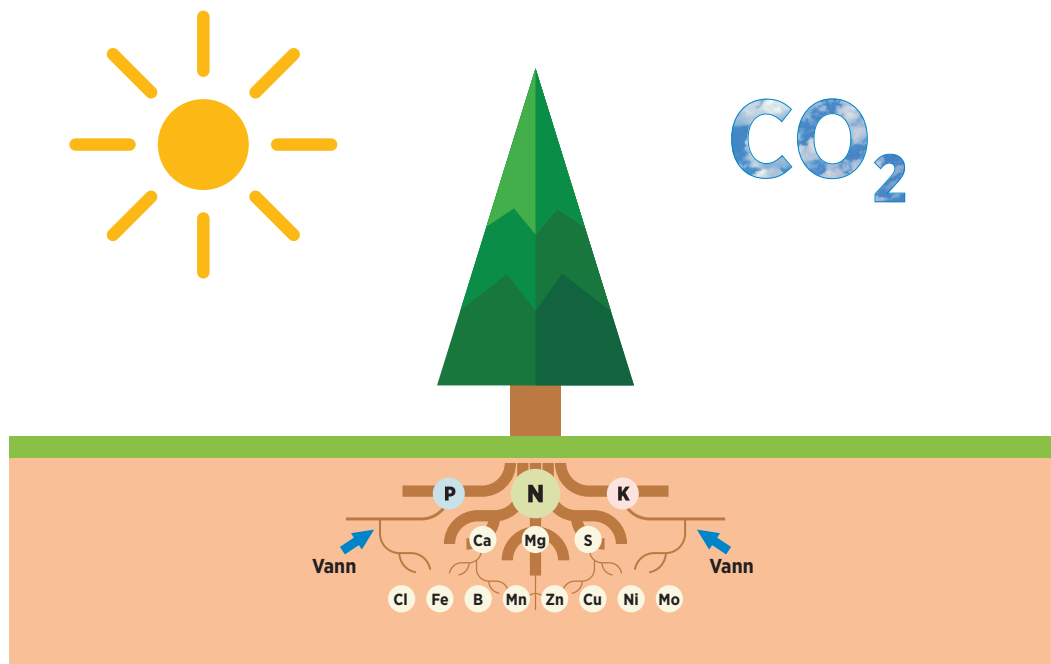
Innledning

Hva slags næring trenger trærne?

Et tre trenger lys og varme fra sola, karbon fra luftas CO_2 og vann og mineralnæring fra jorda for å leve og vokse. Makronæringsstoffene, som trærne trenger mest av, er **nitrogen (N)**, **fosfor (P)**, **kalium (K)**, **kalsium (Ca)**, **magnesium (Mg)** og **svovel (S)**. I tillegg trenger de små mengder av andre stoffer, slik som klor, jern, bor, mangan, sink, kobber og molybden (mikronæringsstoffer).

Gjennom fotosyntesen produserer trærne de organiske stoffene de trenger for å vokse. Fordi fotosyntesen skjer i de grønne nålene (eller bladene), vil tilveksten bestemmes av barmengden på trærne.

I norsk skog på fastmark er det som oftest **nitrogen** som er begrensende for veksten. Dette til tross for at N er til stede i stort monn i naturen, både som nitrogengass i lufta, og i jorda. Men i jord er det meste av nitrogenet så hardt bundet til stoffer i humusen at det er utilgjengelig for plantene. Hvis man tilfører nitrogen gjennom gjødsling, vil trærne først svare med å bygge ut større kroner med mer barmasse. Deretter øker tilveksten; trærne blir høyere, årringene blir bredere og stammen tjukkere. Det er denne økningen i diameter vi ønsker når vi gjødsler skog.



Figur 1. Trærne trenger et bredt spekter av næringsstoffer.

Effekt av gjødsling på trærnes tilvekst og kvalitet

Ved å tilføre nitrogen gjennom skoggjødsling, vil vi øke tilveksten i en periode på 6–10 år. Deretter går veksten tilbake til det nivået den var på før gjødsling.

I snitt regner man med at gjødsling med 15 kg nitrogen per dekar gir en økt tilvekst på 0,1–0,2 m³ per dekar og år i 6–10 år, eller rundt 1,5 m³ «ekstra». Men effekten av gjødslingen varierer mye mellom bestand. Derfor er det viktig å velge riktig type

bestand for gjødslingen. Dette står det mer om på sidene 10 og 17.

Gjødslingen utføres vanligvis ca. ti år før bestandet skal hogges. I tillegg til at volumet øker, vil gjødslingen kunne gi mer verdifullt tømmer. Grøvre trær gir vanligvis økt skurtømmerandel og bedre betalt tømmer som følge av større stokkdimensjoner. I tillegg synker avvirkningskostnadene. Eksempler på dette er gitt i økonomikapittelet.

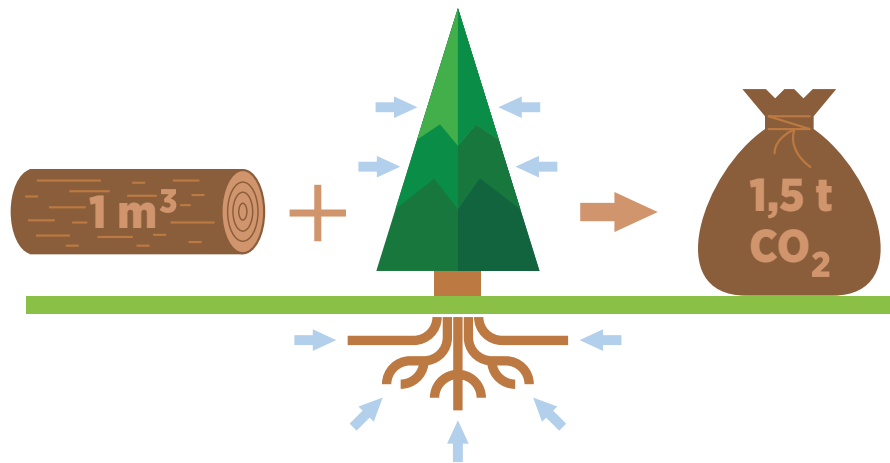


Figur 2. Gjødsling øker diametertilveksten. Foto: Karolina Erikers, Yara.

Effekt på klima

Fordi gjødsling gir økt tilvekst, vil tiltaket bidra til å øke CO₂-opptaket i skogen. Gjødsling vil ha en relativt rask effekt på karbonopptaket, til forskjell fra de fleste andre klimatiltak i skog. I tillegg til økt stammevolum vil også mengden av greiner, nåler, bark og røtter øke.

Dersom vi tar hensyn til den totale økningen i biomasse, tørrstoffandelen i treet og karboninnholdet i veden, vil en tilvekstøkning som gir 1 m³ tømmer ekstra binde omtrent 1,5 tonn CO₂ (figur 3).



Figur 3. En økt tilvekst på 1 m³ tømmer, pluss økt biomasse i andre deler av treet, bidrar til å ta opp omtrent 1,5 tonn CO₂ fra lufta.

Dersom vi for eksempel gjødsler 10 000 dekar, kan vi forvente å binde omtrent 22 500 tonn ekstra CO₂:

Gjødslet areal, dekar	Periode med økt vekst	Tilveksteffekt per dekar og år	Sum m ³	Tonn bundet CO ₂
10 000	10 år	0,15 m ³	15 000	22 500

En annen effekt oppstår når gjødslingen øker produksjonen av verdifullt tømmer, ved at skurandelen øker. Det gir sluttprodukter med lengre levetid, og dermed bedre karbonregnskap, enn massevirke som går til papirproduksjon eller bioenergi.

Produksjonen av gjødsel, og transporten av den ut i skogen, fører til utslipp av CO₂. Men med dagens produksjonsmetoder og god planlegging av transporten utgjør dette bare en prosent eller to av det som bindes i skogen.

Mer stoff om klimaeffekten ved gjødsling finnes i rapportene «Målrettet gjødsling av skog som klimatilak» (Haugland mfl. 2014) og «Klimakur 2020» (Klima- og forurensningsdirektoratet 2010).

Miljøeffekter

Med den kunnskapen vi har i dag, vil gjødslingen ha begrensede effekter på miljøet så sant den utføres på riktig måte og med rett dosering. Men noe påvirkning på skogmiljøet blir det av å tilføre ekstra næring. En mulig effekt er endringer i konkurranseforholdet mellom planter, for eksempel ved at

nitrogenkrevende planter vil kunne få økt dekning sammenlignet med mindre næringskrevende arter. Lav- og soppfloraen er sårbar for nitrogen tilførsel, og kan endres i de bestandene som gjødsles. En mindre del av nitrogenet kan også havne i bekker og elver, og bidra til dårligere vannkvalitet. En detaljert gjennomgang av miljøeffekter finnes i rapporten til Haugland mfl. (2014).

Norsk PEFC Skogstandard setter følgende krav til gjødsling:

- Næringstap og næringslekkasje skal være minst mulig
- Områder med spesielle miljøverdier skal ikke gjødsles eller påvirkes av gjødsling eller askespredning
- Gjødslingen kan foretas på vegetasjonstypene blokkebærskog, bærlyngskog, blåbærskog, småbregneskog og storbregneskog
- Torvmark med allerede etablert foryngelse kan gjødsles
- Det skal settes igjen en gjødslingsfri sone på 25 meter mot vann, elver og bekker med helårs vannføring



Figur 4. Ved riktig utført gjødsling havner gjødsla der den skal; hos trærne. Da opprettholdes god vannkvalitet i bekker, elver og innsjøer.
Foto: Dan Aamlid, NIBIO.

- Gjødsling skal ikke skje før snøsmeltingen er ferdig. For øvrig tilpasses gjødslingstidspunktet slik at risikoen for næringslekkasje blir minst mulig

For å få støtte til gjødsling av skog som klimatiltak stilles det ytterligere noen miljøkrav (www.landbruksdirektoratet.no).

Praktiske råd

Valg av bestand for gjødsling

All skog er ikke verd å gjødsle. Noen skogtyper er naturlig rike på nitrogen, slik at de ikke reagerer noe særlig på ekstra tilførsel, mens på de fattigste skogtypene blir tilvekstøkningen for liten til at gjødslingen lønner seg. Et bestand som skal gjødsles med nitrogen, bør oppfylle disse kravene:

- Fastmark
- Minst 80 % av bestandet er barskog
- Middels rike boniteter med podsoljordsmonn (ca. F/G 11-20)
- Vegetasjonstypene blokkebærskog, bærlyngskog, blåbærskog, småbregneskog og storbregneskog (jfr. Norsk PEFC Skogstandard)
- Full tetthet og friske trær
- Ingen avvirkning de nærmeste 10 årene
- Lett tilgjengelig for hogst

Bakgrunnen for kravene

- På torvmark (hvor humuslaget er tykkere enn 30-40 cm) er det ofte andre næringsstoffer enn nitrogen som begrenser veksten. Det vil derfor ofte ikke gi så god effekt bare å gjødsle med N. Les mer om gjødsling av torvmark på s. 18.
- Gjødsling av lauvskog gir en kort og usikker tilveksteffekt, derfor bør hovedtreslaget være gran eller furu.
- I høyproduktiv skog kan tilgangen på nitrogen være så god at det ikke blir noen tilvekstøkning av å tilføre enda mer N. Dessuten er det mye karbon og lite nitrogen i humusen på skogsmark med podsoljord. Da blir faren liten for utlekking av næringsstoffer til vann eller utslipp av klimagasser.
- På svake marker blir tilveksteffekten lav målt i antall m³. Her kan det også være andre faktorer som vanntilgang eller klima som begrenser veksten, og ikke næringstilgangen. Da vil det ikke hjelpe å tilføre nitrogen. Dersom det kun er næringstilgangen som virker begrensende,

kan gjødsling gi god effekt også i skog hvor boniteten er F/G8.

- Gjødslingen gir best effekt og blir mest lønnsom i friske bestand som har full tetthet, med trær som kan gi virke av god kvalitet. Det er bra om tynning er gjennomført, fortrinnsvis noen år før gjødsling.
- Effekten av gjødsling på tilveksten varer i omtrent 10 år. Hogger man før dette, kaster man bort noe av tilveksteffekten, og øker risikoen for avrenning av næringsstoffer.

Av økonomiske hensyn lønner det seg mest å gjødsle skogen om lag 10 år før sluttavvirkning, altså i hogstklasse IV, eventuelt i «ung» hogstklasse V for furuskog hvor trærne kan nå opp i bedre betalte sortimenter. Arealer med gode driftsforhold bør prioriteres foran arealer med dårligere driftsforhold.

Dersom det nylig er tynnet kan man med fordel vente noen år før man gjødsler, fordi tynningen i seg selv vil gi en viss gjødslingseffekt. Tynning vil også føre til at de mest verdifulle trærne bygger opp en større barmasse, som bidrar til at de vil kunne nyttiggjøre seg det tilførte nitrogenet best mulig når gjødslingseffekten fra hogstavfallet har avtatt.

Høyest opp på en prioriteringsliste i forhold til skogbruksmessig nytte kommer dermed **bestand på middels bonitet med god løpende tilvekst og god verditilvekst, tynnet og med gode driftsforhold, om lag 10 år før hogstmodenhetsalder.**

Valg av tidspunkt og metode for spredning

Gjødsla kan spres mens skogen er i vekst, fra mai til august-september. Spredningen skjer i dag ved bruk av helikopter eller traktor. Gjødslingen organiseres vanligvis av skogeierorganisasjonene, slik at man får best mulig logistikk og lavest mulig kostnad.



Figur 5. Skoggjødsling med helikopter. Her henter helikopteret en ny ladning med gjødsel fra depotet på bakken. Foto: Roar Ree Kirkevold

Helikopter

Den vanligste spredningsmetoden er bruk av helikopter. Dette er mest effektivt for større områder, og er naturlig nok uavhengig av fremkommeligheten i terrenget. Digitale kart og GPS-posisjonering i helikoptrene gir nøyaktig spredning av gjødsla.

Traktor

Spredning fra traktor kan også fungere bra over mindre områder. Bestandene bør ikke være for tette (helst tynnet) og jevne, og ligge nær vei. Kjøreforholdene i terrenget bør være gode.



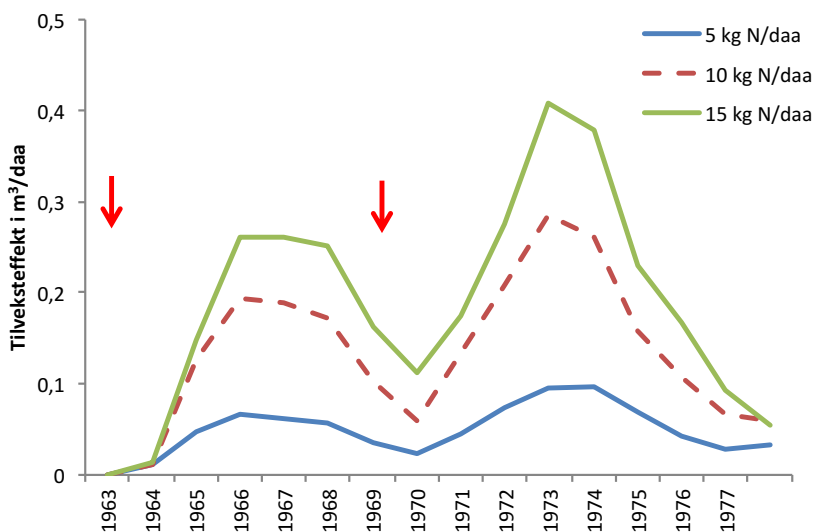
Figur 6. Spredning av gjødsel med traktor. Foto: Karolina Erikers, Yara

Gjødseltype

Nitrogen i skogsgjødsel gis i dag i form av nitrat (NO_3) eller ammonium (NH_4). Tilførsel av nitrogen har en forsurende virkning på jorda, og kan også føre til bormangel i deler av landet der innholdet av bor i berggrunn og nedbør er lavt. Dette gjelder enkelte områder i innlandet. Vanlig skogsgjødsel er derfor tilført både kalk og bor. En vanlig brukt gjødseltype som Yaras Opti-KAS Skog inneholder 27 vektprosent nitrogen i form av kalkkammonsalpeter. Halvparten av nitrogenet foreligger som nitrat, og halvparten som ammonium. I tillegg inneholder den 5 % kalsium, 2,4 % magnesium og 0,2 % bor. Gjødsel er grovgranulert, med kornstørrelse på ca. 8 mm.

Gjødselmengde

Økende dose nitrogen gir økt effekt på tilveksten, inntil et visst punkt. Forsøk har vist at det ikke er noen særlig tilleggseffekt av doser over 15 kg N per dekar på områder med god bonitet. Samtidig øker faren for avrenning ved høye doser. Vanlig anbefaling er derfor å gjødsle med 15 kg nitrogen per dekar. For en gjødseltype som inneholder 27 prosent nitrogen, tilsvarer det 55 kg gjødsel per dekar.



Figur 7. Tilvekstresponsen i forsøksfelt 852 i Åsnes etter gjødsling med 5, 10 og 15 kg N per dekar to ganger, i 1963 og 1969 (røde piler). Feltet besto av eldre furuskog med bonitet F11. Gjødsling med 15 kg N ga bedre tilvekst enn 10 kg, men forskjellen er ikke så stor som mellom 10 og 5 kg N.

Økonomi ved skoggjødsling

AV ERLING BERGSAKER, NORSKOG

Gjødsling av eldre bestand av gran og/eller furu er i utgangspunktet blant de mest lønnsomme investeringer som kan gjøres i skogproduksjon. I de følgende eksemplene analyseres lønnsomheten både før og etter skatt, og vi ser på hvordan denne varierer med endringer i ulike produksjonsparametere, virkemiddelbruk og skattesats.

Eksemplene er tatt fra tre ulike praktiske gjødslingsforsøk i Norge: engangs gjødsling av eldre granskog og eldre furuskog, samt gjødsling i tre omganger av yngre granskog. Beregninger for hvert av forsøkene er nærmere beskrevet i egen rapport fra Norskog (www.norskog.no).

Lønnsomhet av skoggjødsling er fremstilt som internrente, som er den rente som gir en nåverdi av inntektene av gjødsling tilsvarende investeringskostnaden. Internrenten kan sammenliknes med den avkastning en kan få fra andre mulige investeringer. Renten vi her beregner er en realrente, og en må legge til inflasjonssatsen om en skal sammenlikne renten med eksempelvis pengeplassering i bank eller aksjer. Investering i gjødsling skiller seg også fra de fleste andre investeringer, ved at lønnsomheten etter skatt er større enn lønnsomheten før skatt. For de fleste andre investeringer utenfor skogbruk blir lønnsomheten etter skatt lavere enn før skatt. Forventet avkastning må i slike tilfeller reduseres med skattesatsen.

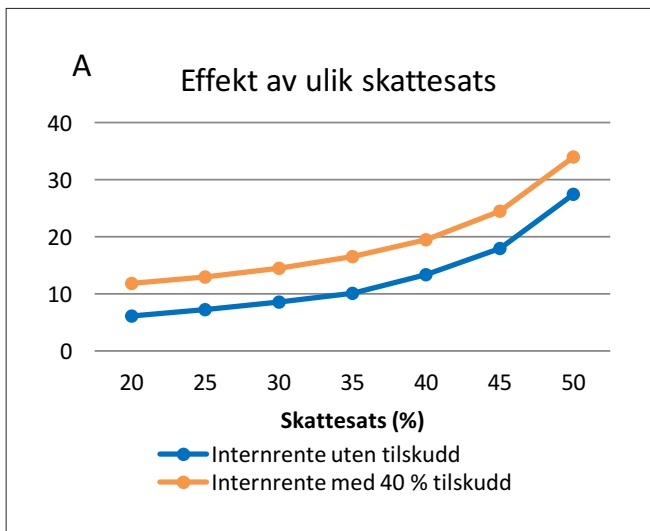
Inntektene av gjødsling er sammensatt av følgende faktorer:

- Verdi av den samlede økte tilvekst vi får som følge av gjødslingen. For de to feltene med engangs gjødsling av eldre skog ligger samlet nyttbar økt volumtilvekst (under bark) på 1,3 – 1,5 m³/da.
- Økt virkesverdi for hele bestandsvolumet, som følge av økt middeldimensjon i bestandet. Den økte middeldimensjonen kan både bidra til å gi høyere virkespris og reduserte driftskostnader. Det er her økt bruttopris som gir størst utslag.

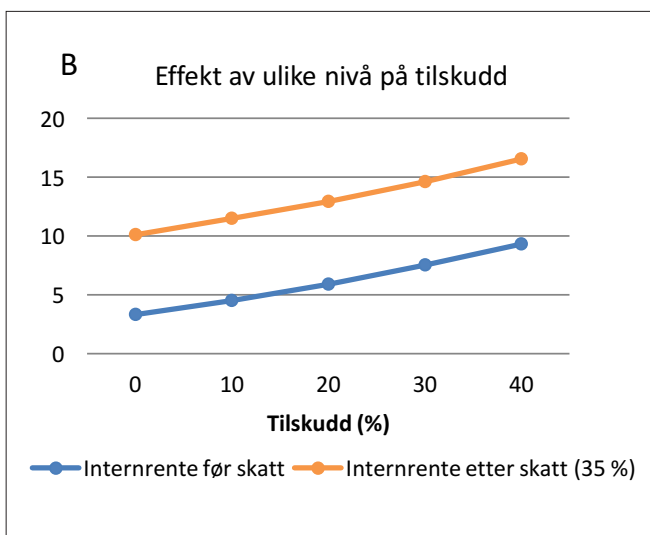
Alle lønnsomhetsberegningene er gjort henholdsvis før og etter skatt. Effekten av skogfond inkluderes i beregningen av lønnsomhet etter skatt. Resultatene av beregningene er avhengig av de forutsetninger som velges for gjødslingskostnader, virkespriser, priseffekt fra dimensjonsøkning, skattesats, tilskuddssats mv. Når vi legger til grunn en gjødslingskostnad på 300 kr/da for 15 kg N, skattesats 35 %, tilskuddssats til gjødsling av skog som klimatiltak 40 % og virkespriser på 2016/2017-nivå, får vi følgende resultater for de ulike type-eksemplene:

Felt		Lønnsomhet (internrente)	
Type	Felt nr	Før skatt	Etter skatt
Eldre furuskog	774	10 %	18 %
Eldre granskog	814	17 %	25 %
Yngre granskog	1024	1 %	3 %

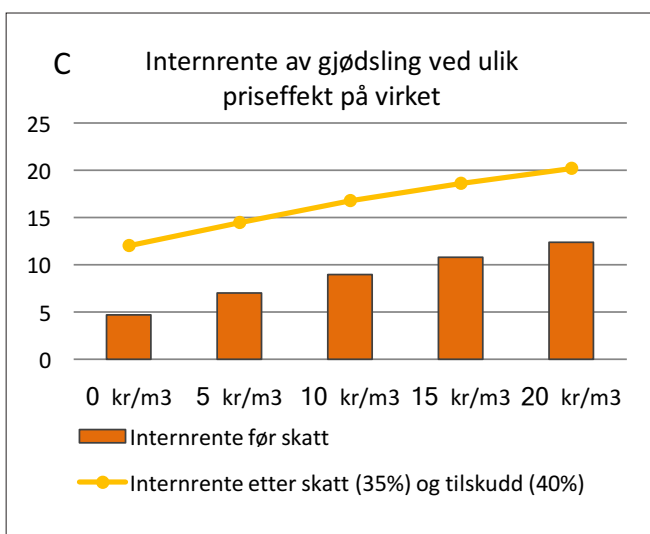
Feltet med yngre granskog har bonitet 11. Feltet er gjødslet tre ganger og var 55 år ved siste gjødsling. Det er særlig ventetiden fra siste gjødsling til avvirkning som gjør lønnsomheten lavere i dette alternativet. For skogeiere med marginal skattesats stiger lønnsomheten for dette alternativet opp til 6 %. **Eksemplene viser at det er gjødsling av eldre bestand med tilfredsstillende tetthet, omtrent 10 år før avvirkning, som er mest lønnsomt.**



Skattefordelen knyttet til skogfond bidrar til at resultat etter skatt i stor grad avhenger av skattesats. Grafen til venstre bygger på felt 774, gjødsling i noe glissen eldre furu på bonitet 11. Skogfond med skattefordel innebærer at lønnsomheten av gjødsling etter skatt blir større etter skatt enn før skatt. Denne effekten øker med skattesatsen.



I dag (2017) gis det et **tilskudd til gjødsling av skog som klimatiltak** på inntil 40 %. Tilskuddet bidrar sammen med skogfond vesentlig til å styrke lønnsomheten ved skoggjødsling.



Lønnsomheten varierer med variasjon i forventet priseffekt av gjødslingen. Som det fremgår øker lønnsomheten med økende effekt av gjødsling på virkesprisen i bestandet. Analysen viser også at lønnsomheten av gjødslingen er god, ikke minst etter skatt, selv om det ikke oppnås noen effekt på gjennomsnittlig virkespris i bestandet.

Figur 8 A-C. Effekt av skattesats, tilskudd og virkespriser på lønnsomhet av gjødsling.

Spørsmål og svar om gjødsling

Hvorfor bruker man ikke fullgjødning i skogen?

I norsk skog på fastmark er det først og fremst nitrogen som begrenser veksten. Forsøk har vist at det vanligvis ikke gir noen effekt å gjødsle eldre gran- og furuskog med for eksempel fosfor eller kalium. Men noen forsøk i yngre granskog viser positiv effekt av å tilsette P og K sammen med nitrogen. På torvmark er også bildet annerledes, her vil det ofte være mangel på nettopp fosfor og kalium.

Bør man gjødsle i flere omganger?

Dersom man velger å gjødsle flere ganger bør det gå minst 8-10 år mellom hver tilførsel, slik at effekten av den første gjødslingen har ebbet ut før man gjødsler igjen. Det blir gjerne god tilveksteffekt også andre eller tredje gang man gjødsler. Dersom man virkelig ønsker å øke tømmervolumet eller forkorte omløpstiden er det derfor en mulighet. Men økonomisk er det dårligere lønnsomhet i dette enn ved en engangs gjødsling noen år før hogst. I tillegg øker faren for avrenning og andre uheldige miljøeffekter når man tilfører mer gjødning i et område. Se s. 18 for mer stoff om gjødsling av yngre skog.

Betyr det noe for tilveksteffekten om skogen gjødsles tidlig eller seint i vekstsesongen?

Gjødslingen fører først til at trærnes barmasse øker, og deretter gjør det økte fotosynteseapparatet at stammetilveksten også blir større. Økningen i barmasse skjer først og fremst ved at det blir flere nåler og skudd. I tillegg blir hver nål større, og effektiviteten av fotosyntesen (hvor mye tørrstoff som produseres per enhet med nålebiomasse) går opp. Men antall nåler og skudd et bestemt år bestemmes ved knoppsettingen høsten før hos gran og furu. Derfor betyr det ikke så mye om gjødslingen skjer tidlig eller seint i sesongen – effekten på barmassen kommer først og fremst året etter. Det viktige er at gjødslingen skjer mens trær og annen vegetasjon

er i god vekst, slik at næringsstoffene blir tatt opp og ikke vaskes ut av økosystemet. Dersom det blir kraftig nedbør rett etter gjødslingen, kan det føre til at mer av næringen vaskes ut. Det kan derfor være lurt å unngå gjødsling rett før kraftig regnvær.

Hvordan blir trekvaliteten etter gjødsling?

Gjødslingen gjør at årringbredden øker, og at andelen med den mer luftige tidligvedsonen går noe opp. Dette gir ved med litt lavere densitet, men forskjellen er så liten at det i praksis ikke betyr noe særlig. Den ekstra tilveksten kommer dessuten i yteveden, som for skurtømmer i stor grad vil ende i flishaugen. Dersom man gjødsler unge bestand, kan kvisten bli grovere. Ved gjødsling av bestand i tynningsalder eller eldre kommer økningen i kvistdiameter først og fremst i toppen av treet, og har ingen innvirkning på kvaliteten av bunnstokken.

Vokser trærne dårligere etter at effekten av gjødslingen er over?

Nei, tilveksten går tilbake til samme nivå som den var før gjødslingen.

Påvirker gjødslingen råtefrekvensen i trærne?

Det er gjerne mer råte på kalkrik mark med høy pH. Noen studier viser at kalking i eldre bestand kan øke veksten hos råtesopper. Når det gjelder vanlig skoggjødsling med nitrogen er resultatene ikke entydige. For eksempel tydet et par finske forsøk på at gjødsling økte veksthastigheten noe hos rotråtesopp i granrøtter, mens den gikk ned i furu. Fordi det meste av gjødslingen finner sted få år før hogst, betyr gjødsling antagelig ikke så mye for råteandelen i tømmeret. Bestand med mye råte bør uansett ikke velges som gjødslingsbestand. Friske, velstelte bestand bør prioriteres!

Er risikoen for stormskader større i et gjødslet bestand?

Den kan være større i de første årene etter gjødsling, ettersom treet først bygger opp en større krone. Det gjør at den blir et større «vindfang», og dermed mer ømtålig for vind. Men snart vokser rotsystemet og den nedre delen av stammen også, slik at det blir balanse mellom topp og rot, og treet blir stabilisert.

Truer gjødsling rødlistede arter?

Effektene på vegetasjonen er avhengig av vegetasjonstype, dosering, og hvordan gjødslingen utføres. Mange av de truede artene i skog er spesialister, gjerne knyttet til et fåtalls livsmiljøer som død ved eller grove eller hule edellauvtrær. Skog med store innslag av disse livsmiljøene er ikke aktuelt å gjødsle. Generelt er lav- og soppfloraen sårbar for nitrogentilførsel. Lavfuruskog skal i følge Norsk PEFC Skogstandard heller ikke gjødsles. Sett i en større sammenheng er all skog som gjødsles aktivt drevet skog som skal avvirkes i løpet av noen år. Hogsten vil føre til større endringer i livsmiljøet enn det gjødslingen vil gjøre.

Vil gjødslingen føre til økt avrenning av nitrogen til bekker og innsjøer?

Det meste av det tilførte nitrogenet tas opp av trærne og den øvrige vegetasjonen, eller lagres i jordsmonnet. Anslaget på hvor mye som lekker ut til vann og vassdrag varierer, men antas å være opp til 5–10 prosent. Selv om nitrogentilførsel fra gjødslet skog utgjør en svært liten del av det som tilføres vassdragene, skal gjødslingen utføres på en slik måte at det ikke fører til dårligere vannkvalitet. Gjødslingsfrie kantsoner mot vann og vassdrag og å unngå overgjødsling er viktige tiltak.

Blir elgbeiting påvirket av gjødsling?

Gjødsling fører til tettere barmasse og høyere nitrogeninnhold i baret. Flere studier viser at elg og andre hjortedyr foretrekker å beite i gjødslet ungskog. Dersom man ønsker å gjødsle yngre furuskog bør man derfor vente til trærne er over beitehøyde. Ved en vanlig gjødsling i eldre skog noen år før hogst, er baret naturlig nok ikke tilgjengelig for elgen.

Fordypning

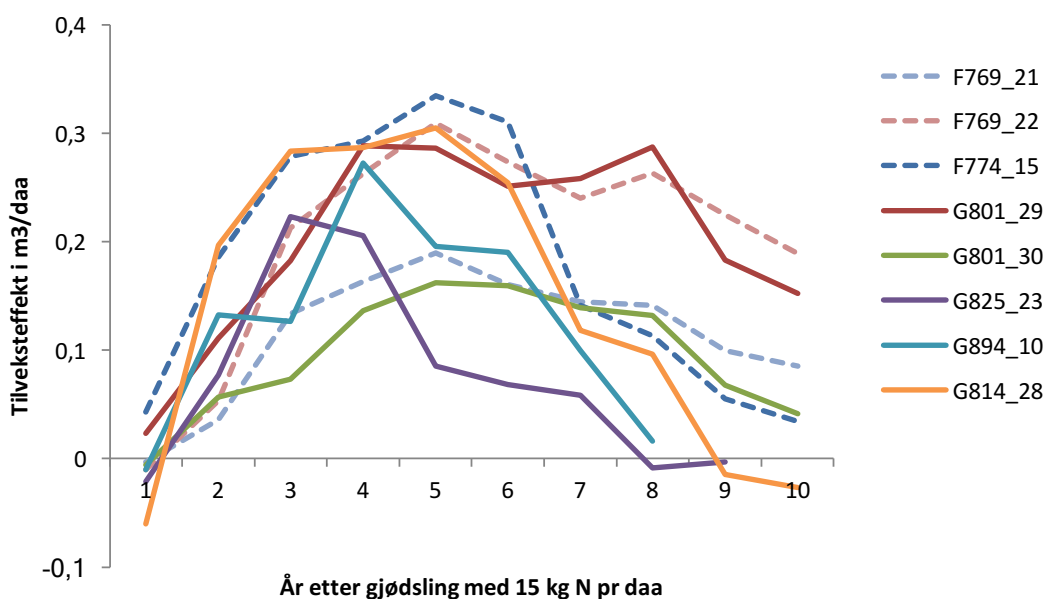
Mer om valg av bestand

Kravene på side 10 er utarbeidet med bakgrunn i erfaringer og forsøk med gjødsling i Skandinavia gjennom flere år. Ut over disse nokså generelle kravene, er det vanskelig å finne spesifikke faktorer som med god sikkerhet kan forklare hvor stor ekstra tilvekst gjødslingen vil gi i bestemte bestand. Dette kan skyldes at det er faktorer man ikke har full kontroll på, slik som jordfuktighet, skogens sunnhetstilstand, værforhold under spredningen eller mengden av nitrogennedfall fra lufta.

Brantseg mfl. (1970) undersøkte effekten i 19 bestand på gran- og furumark i Norge, og fant liten effekt av faktorer som tetthet, alder eller bonitet. I Sverige og Finland er det utarbeidet gjødslingsfunksjoner (f.eks. Rosvall 1980, Petterson 1994a,b, Kukkola og Mälkönen 1983). Pettersons funksjoner for Sverige

viser at effekten (gitt at bare en faktor varierer av gangen) avtar svakt med økende bonitet, øker med høyden over havet, og øker med økt løpende tilvekst før gjødsling. Men gjødslingsfunksjonene forklarer bare en mindre del av tilveksten. Sjølie mfl. (2015) testet de svenske gjødslingsfunksjonene til Rosvall (1980) og Petterson (1994a) på resultatene fra norske gjødslingsforsøk, og fant ut at de ikke passet spesielt godt i Norge, særlig ikke for gran og på høyere boniteter.

Figuren og tabellen under er basert på data fra et utvalg av norske gjødslingsforsøk. Resultatene viser at variasjonen i tilveksteffekt kan være stor, selv om gjødselmengden er den samme, og boniteten er nokså jevn. Det har likevel vært en positiv effekt av gjødslingen i alle disse feltene.



Felt- og rutenr.	Sted	H o.h.	Bonitet	Alder ved gjødsling	Volum før gjødsling (m ³)	Tilveksteffekt 10 år (m ³ /da)
F769_21	Rørøros, S-Trøndelag	630	F9	84	147	1,2
F769_22	Rørøros, S-Trøndelag	630	F9	84	236	2,0
F774_15	Elverum, Hedmark	160	F12	79	154	1,8
G801_29	Ringsaker, Hedmark	500	G8	129	155	2,0
G801_30	Ringsaker, Hedmark	500	G8	129	192	1,0
G814_28	Snåsa, N-Trøndelag	100	G10	131	337	1,4
G825_23	Hobøl, Østfold	100	G12	74	116	0,6
G894_10	Grane, Nordland	70	G10	100	231	0,8

Figur 9. Figuren og tabellen viser effekten av gjødsling med 15 kg N pr dekar på tilveksten i åtte forsøksruter (tre i furuskog, fem i granskog). Etter 10 år varierer den samlede ekstra tilveksten i disse forsøksrutene mellom 0,6 og 2,0 m³ per dekar. Veksten er sammenliknet med kontrollruter uten gjødsling på hvert felt, og justert for forskjeller i volum før gjødsling. Feltene ble etablert av NIBIO (den gang Det norske Skogforsøksvesen) på 60-tallet.

Gjødsling av yngre bestand

Å gjødsle skog i foryngelsesfasen har lite for seg. De første årene etter avvirkning er tilgangen på næring vanligvis god, og småplantenes behov er moderat. Størst behov for næring har trærne i den perioden volumtilveksten er som høyest. Å gjødsle yngre produksjonsskog rundt 30–50 års alder kan derfor gi god effekt på tilveksten (Saarsalmi og Mälkönen 2001). Dersom tynning er gjennomført, kan man for eksempel gjødsle noen år etter (første) tynning. Da vil ikke gjødslingen påvirke kvistsettingen i bunnstokken, og trærne har utnyttet næringen som ble tilført gjennom greiner og topper ved tynningen.

De fleste studier viser at gjentatt gjødsling (2–3 ganger) gir like god effekt på tilveksten, og dermed karbonbindingen, som første gangs gjødsling. Det forutsetter at effekten av forrige gjødsling får virke helt ut før man gjødsler om igjen. Derfor bør det gå minst 8–10 år mellom gjødslingene.

Økonomien ved gjødsling av yngre skog vil ikke være så god som med gjødsling siste ti år før hogst, slik det er beskrevet i økonomikapittelet s. 13–14, fordi det går lenger tid fra investeringen gjøres til man høster resultatet. Jacobson og Petterson (2010) viste at en engangs gjødsling mot slutten av omløpet ga mye bedre internrente enn for eksempel gjødsling tre ganger med åtte års intervall. Tiltaket kom likevel ut med positiv internrente, både i denne studien og i eksemplet på s. 13.

I yngre granbestand kan man få en ekstra tilvekst ved å gjødsle med P og K sammen med N. Det ble for

eksempel funnet en god tilleggseffekt av å gjødsle med disse og andre næringsstoffer i tillegg til N i en forsøksserie i Nord-Trøndelag (Røren og Eikeland 1995, Hanssen og Kvaalen 2018). Dette bør derfor vurderes ved gjødsling av yngre granskog. Effekten er først og fremst funnet på lav og middels bonitet i yngre granskog, og ikke i furu.

Gjentatt gjødsling vil bety større mengder gjødsel tilført på et visst areal, og dermed noe større fare for avrenning og endringer i vegetasjonen. Fordelene ved å øke produksjonen gjennom å gjenta gjødslingen må derfor balanseres mot risikoen for lavere økonomisk utbytte og økt påvirkning av miljøet.

Gjødsling av torvmark

På mineraljord vil forvitring av mineraler og bergarter sørge for at trærne får tilført næringsstoffer som kalium, kalsium, magnesium og fosfor. I torvjord foregår det ingen slik forvitring, og der er det særlig mangel på fosfor og kalium som begrenser veksten. Det kan være mye nitrogen i torva, men den er ofte lite tilgjengelig for plantene. Hvor mye som er tilgjengelig er avhengig av mikrobiell nedbryting. Dette gjør at gjødsling av grøftet torvmark må utføres på en annen måte enn på fastmark (Päivänen og Hånell 2012).

Ved bruk av **mineralgjødsel** tilfører man P og K. På rikere, mer produktiv myr anbefales det å tilføre 4–5 kg P og 8 kg K per dekar (Paavilainen & Päivänen 1995). Den forventede økningen i tilvekst er da omtrent 0,2 m³ per dekar og år, og dette kan vare i 15–20

år på de mest nitrogenrike torvmarkene. På middels rike, grøftede torvmarker vil man også måtte tilføre nitrogen for å få effekt (10–12 kg per dekar), og effekten går ofte ut etter mindre enn ti år. På fattige torvmarker dominert av lavarter og rusttorvmose får man ofte liten effekt av gjødslingen, selv ved tilførsel av nitrogen. Fra et økonomisk synspunkt får man altså de beste resultatene ved å gjødsle etablerte bestand på nokså rik, grøftet torvmark. Som for gjødsling på mineraljord, vil man få igjen investeringen raskere hvis man gjødsler bestand som kan høstes om ikke alt for mange år (Päivänen og Hånell 2012).

På torvmark som ikke er grøftet, vokser skogen dårlig først og fremst på grunn av at det er for mye vann og for lite luft til røttene, og gjødsling vil dermed ikke øke tilveksten. Det er altså bare godt drenert torvmark som er aktuelt for gjødsling.

Gjødsling av torvmark med allerede etablert fornyelse er tillatt i følge Norsk PEFC Skogstandard.

Treaske kan med hell brukes som gjødsel på grøftet torvmark, så sant det er tillatt etter regelverk og forskrifter. Dette står det om i neste avsnitt.

Askegjødsling og kalking

Produksjon av aske fra trevirke har økt kraftig de siste årene, fordi biobrensel i stadig større grad blir tatt i bruk til fornybar varme- og energiproduksjon. Treaske inneholder viktige næringsstoffer og kalk som kan utnyttes til gjødslingsformål, alene eller sammen med andre næringsstoffer. Tilbakeføring av aske til skog øker pH-verdien og innholdet av de fleste hovednæringsstoffene i jordsmonnet, unntatt nitrogen, som forsvinner i forbrenningsprosessen.

I våre naboland Sverige og Finland er gjødsling med aske i skog nokså vanlig, for å øke skogproduksjonen på torvmark eller for å motvirke forsuring og næringstap. I Norge er tilbakeføring av aske til skog ikke tillatt pr. i dag, fordi «[Forskrift om gjødselvarer m.v. av organisk opphav](#)» (2003) ikke definerer skog som et av arealene det kan spres aske på. Forskriften er for tiden under revisjon. Dersom spredning i skog blir tillatt, er det interessant å se på effektene av slik gjødsling også.

På **mineraljord** er det vanligvis mangel på nitrogen som begrenser veksten av skogen. Fordi aske ikke inneholder nitrogen, ser man ofte små effekter på



Fig. 10. Askegjødsling på Åsmåsan i Akershus har mangedoblet produksjonen i furubestandet der. Haveraaen (2014) har publisert resultater fra forsøket. Foto: Kjersti Holt Hanssen, NIBIO.

tilveksten etter en ren askegjødsling. På god mark kan man få en viss positiv effekt, mens effekten kan være negativ på fattige marktyper. Forsøk har vist at tilførsel av kalk eller aske på jordtyper som er fattige på nitrogen, påvirker nitrogenomsetningen og faktisk gjør stoffet mindre tilgjengelig for trærne. Noen studier viser imidlertid at aske gitt *sammen med* nitrogen kan forlenge effekten av nitrogengjødsling på mineraljord (Saarsalmi mfl. 2012).

På **grøftet torvmark** vil man kunne få betydelig bedre vekst etter asketilførsel, fordi asken øker pH og tilfører mangelstoffene fosfor og kalium. Askegjødslingen øker også den mikrobielle aktiviteten og omsetningen i torva. Dette gir bedre forhold for foryngelse og øker skogproduksjonen. Noen forsøk har vist at produksjonen kan mangedobles, selv om en dobling av tilveksten nok er et mer vanlig nivå.

Tilvekstøkningen blir størst på torvmark som mangler kalium og fosfor, men som har godt med nitrogen. På torvmark med lite nitrogen (<1 %) forblir tilveksten lav selv om man gjødsler med aske (se foregående kapittel). Ved valg av bestand bør man derfor prioritere godt drenerte, tresatte torvmarker med veksterlige trær midt eller sent i omløpet, på middels til lavproduktiv torvmark hvor veksten er begrenset av fosfor- og kaliummangel. Både de rikeste og de fattigste torvmarkstypene er mindre interessante for asketilførsel. På rik torvmark er trærnes vekst ofte bra også uten asketilførsel, mens de fattigste typene trenger gjentatt tilførsel også av nitrogen for at tilveksten skal ta seg opp. Det blir dermed et mindre lønnsomt tiltak sett fra skogeiers side.

Riktig mengde aske beregnes ut i fra minimumsbehovet for fosfor, som gjerne vil ligge på 4-5 kg pr dekar. Avhengig av næringsinnholdet vil passende dose vanligvis være 300-500 kg aske pr dekar (3-5 tonn pr hektar), en mengde som også anbefales i Finland (Päivänen og Hånell 2012). Noen steder vil det være nødvendig med en gjentatt gjødsling for å opprettholde en tilfredsstillende nærings situasjon på grøftet torvmark over hele omløpet, særlig med tanke på kalium, men gjødslingseffekten er vanligvis langvarig (20-50 år).

Askens kvalitet må kontrolleres, blant annet innholdet av tungmetaller. Bunnaske vil generelt være bedre egnet enn flyveaske, på grunn av høyere innhold av næringsstoffer og lavere innhold av tungmetaller. Asken må være godt herdet for å unngå sviskader på vegetasjonen og for å gi en langvarig effekt. Som for mineralgjødning må det tas miljøhensyn ved tilførsel av aske.

Rapporten «Tilbakeføring av treaske til skog – egenskaper, effekter og metoder» (Hanssen mfl. 2014) gir en grundig gjennomgang av askegjødsling i skog.

Kalking

Norske og utenlandske forsøk viser at kalking av skog (tilførsel av basiske kalsium- eller magnesiumforbindelser) sjelden har en positiv effekt på trærnes tilvekst. På svakere marker kan kalking ha negativ effekt, på samme måte som asketilførsel. Det er derfor ikke anbefalt å kalke skog.

Lenker til stoff om gjødsling

Skogkurs' resymé om gjødsling:

<http://www.skogkurs.no/userfiles/files/Diverse/Resyme/12.pdf> [Lastet ned 10.06.17]

Rapporten «Målrettet gjødsling av skog som klimatil-
tak», Miljødirektoratet 2014:

[http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publi-
kasjoner/M174/M174.pdf](http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publi-
kasjoner/M174/M174.pdf) [Lastet ned 10.06.17]

Tilskudd til gjødsling av skog som klimatil-
tak:

[https://www.landbruksdirektoratet.no/no/eien-
dom-og-skog/skog-og-klima/gjodsling-som-
klimatilak](https://www.landbruksdirektoratet.no/no/eien-
dom-og-skog/skog-og-klima/gjodsling-som-
klimatilak) [Lastet ned 10.06.17]

Informasjon fra Skogkurs om gjødsling av skog som
klimatil-
tak:

http://www.skogkurs.no/info/gjodsling_i_skog.pdf
[Lastet ned 10.06.17]

Mer om bruk av treaske som gjødsel:

Hanssen, K. H., Clarke, N. og Dibdiakova, J. 2014.
Tilbakeføring av treaske til skog. Egenskaper,
effekter og metoder. Rapport fra Skog og landskap
09/2014.

Litteratur

Augusto, L., Bakker, M.R. og Meredieu, C. 2008.
Wood ash applications to temperate forest ecosys-
tems – potential benefits and drawbacks. *Plant and
Soil* 306: 181–198.

Brantseg, A., Brekka, A. og Braastad, H. 1970.
Gjødslingsforsøk i gran- og furuskog. *Medd. Fra
Det norske Skogforsøksvesen* Nr. 100, bind XXVII,
s. 540–607.

Gundersen, P., Schmidt, I.K. og Raulund-Rasmus-
sen, K. 2006. Leaching of nitrate from temperate
forests – effects of air pollution and forest manage-
ment. *Environmental Reviews* 14: 1–57.

Hanssen, K.H. og Kvaalen, H. 2018. Effects of repea-
ted fertilization in young Norway spruce forests. In
prep.

Hanssen, K. H., Clarke, N. og Dibdiakova, J. 2014.
Tilbakeføring av treaske til skog. Egenskaper,
effekter og metoder. Rapport fra Skog og landskap
09/2014. 19 s.

Haugland, H., Backer, E.B., Løbersli, E.M., Selboe,
O.-K., Gunnarsdottir, H., Granhus, A., Sjøgaard, G.,
Hanssen, K.H., Terum, T., Lileng, J. og Sørli, H.A.
2014. Målrettet gjødsling av skog som klimatil-
tak. Egnede arealer og miljøkriterier. Rapport M174.
Miljødirektoratet, Oslo. 143 s.

Haveraaen, O. 2014. Long-term effect of wood and
peat ash on the growth of *Pinus sylvestris* on drained
peatland. *Scandinavian Journal of Forest Research*
29: 669–674.

Hedwall, P.O., Gong, P.C., Ingerslev, M. og Bergh, J.
2014. Fertilization in northern forests – biological,
economic and environmental constraints and possi-
bilities. *Scandinavian Journal of Forest Research* 29:
301–311.

Jacobson, S. og Pettersson, F. 2010. An assessment
of different fertilization regimes in three boreal
coniferous stands. *Silva Fennica* 44: 815–827.

Jacobson, S., Petterson, F., Högbom, L. og Sikström,
U. 2005. Skogsgjødsling. *Handledning från Skog-
forsk*. 55 s.

- Klima- og forurensningsdirektoratet 2010. Tiltak og virkemidler for økt opptak av klimagasser fra skogbruk. Klimakur 2020. Sektorrapport skogbruk. 59 s.
- Kukkola, M. og Saramäki, J. 1983. Growth response in repeatedly fertilized pine and spruce stands on mineral soils. *Comm. Inst. For. Fenn.* 114: 55 s.
- Kvalbein, A. og Eldhuset, T. D. 2017. Optimal gjødsling av planter. Om sammenhengen mellom næringstilgang, vekst og kvalitet. NIBIO bok 3 (7). 22 s.
- Nilsen, P. 1999. Skoggjødsling i Norge. Et litteraturstudium over forsøksresultater fra fastmarksgjødsling. Rapport fra skogforskningen. Supplement 13. Norsk institutt for skogforskning. 27 s.
- Nilsen, P. 2001. Fertilization experiments on forest mineral soils: A review of the Norwegian results. *Scandinavian Journal of Forest Research* 16: 541–554.
- Nohrstedt, H.O. 2001. Response of coniferous forest ecosystems on mineral soils to nutrient additions: A review of Swedish experiences. *Scandinavian Journal of Forest Research* 16: 555–573.
- Olsson, B.A. and Kellner, O. 2006. Long-term effects of nitrogen fertilization on ground vegetation in coniferous forests. *Forest Ecology and Management* 237: 458–470.
- Paavilainen, E. and Päivänen, J. 1995. Peatland forestry. Ecology and principles. Springer-Verlag, Berlin. 248 s.
- Petterson, F. 1994a. Predictive functions for impact of nitrogen fertilization on growth over five years. Skogforsk Report No. 3 1994. Uppsala, Sverige. 56 s.
- Petterson, F. 1994b. Predictive functions for calculating the total response in growth to nitrogen fertilization, duration and distribution over time. Skogforsk Report No. 4 1994. Uppsala, Sverige. 34 s.
- Piri, T. 1998. Effects of vitality fertilization on the growth of *Heterobasidion annosum* in Norway spruce roots. *Eur. J. Forest Pathol.* 28: 391–397.
- Piri, T. 2000. Response of compensatory-fertilized *Pinus sylvestris* to infection by *Heterobasidion annosum*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 15: 218–224.
- Päivänen, J. og Hånell, B. 2012. Peatland Ecology and Forestry: a Sound Approach. University of Helsinki, Department of Forest Sciences. 267 s.
- Pukkala, T. 2017. Optimal nitrogen fertilization of boreal conifer forest. *Forest Ecosystems* 4:3, 10 s. DOI 10.1186/s40663-017-0090-2
- Rosvall, O. 1980. Prognosinstrument för gödslings-effekter. Information Gödsling Nr. 1. Skogforsk. 9 s.
- Røren, R. og Eikeland, H. 1995. Gjødsling av yngre granskog på fastmark – foreløpige resultater fra en forsøksserie i Nord-Trøndelag. Aktuelt fra Skogforsk 1/95. 10 s.
- Saarsalmi, A. og Mälkönen, E. 2001. Forest fertilization research in Finland: A literature review. *Scandinavian Journal of Forest Research* 16: 514–535.
- Saarsalmi, A., Smolander, A., Kukkola, M., Moilanen, M. og Saramäki, J. 2012. 30-Year effects of wood ash and nitrogen fertilization on soil chemical properties, soil microbial processes and stand growth in a Scots pine stand. *Forest Ecology and Management* 278: 63–70.
- Sjølie, H.K., Sørli, H.A.K., Tveite, B. og Solberg, B. 2015. The performance of two Swedish N fertilization functions evaluated on data from Norwegian fertilization experiments. *Silva Fennica* 49.
- Skogkurs 2015. Skogkurs resymé nr. 12. Gjødsling. 4 s.
- Skogkurs 2016. Skogkurs info. Gjødsling i skog – et klimatiltak med 40 % tilskudd! 2 s.
- Sture, S. 1984. Gjødslingsforsøk i gran- og furuskog. Norsk institutt for skogforskning, Ås. 528 s.



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.

