

naturgrunnlag

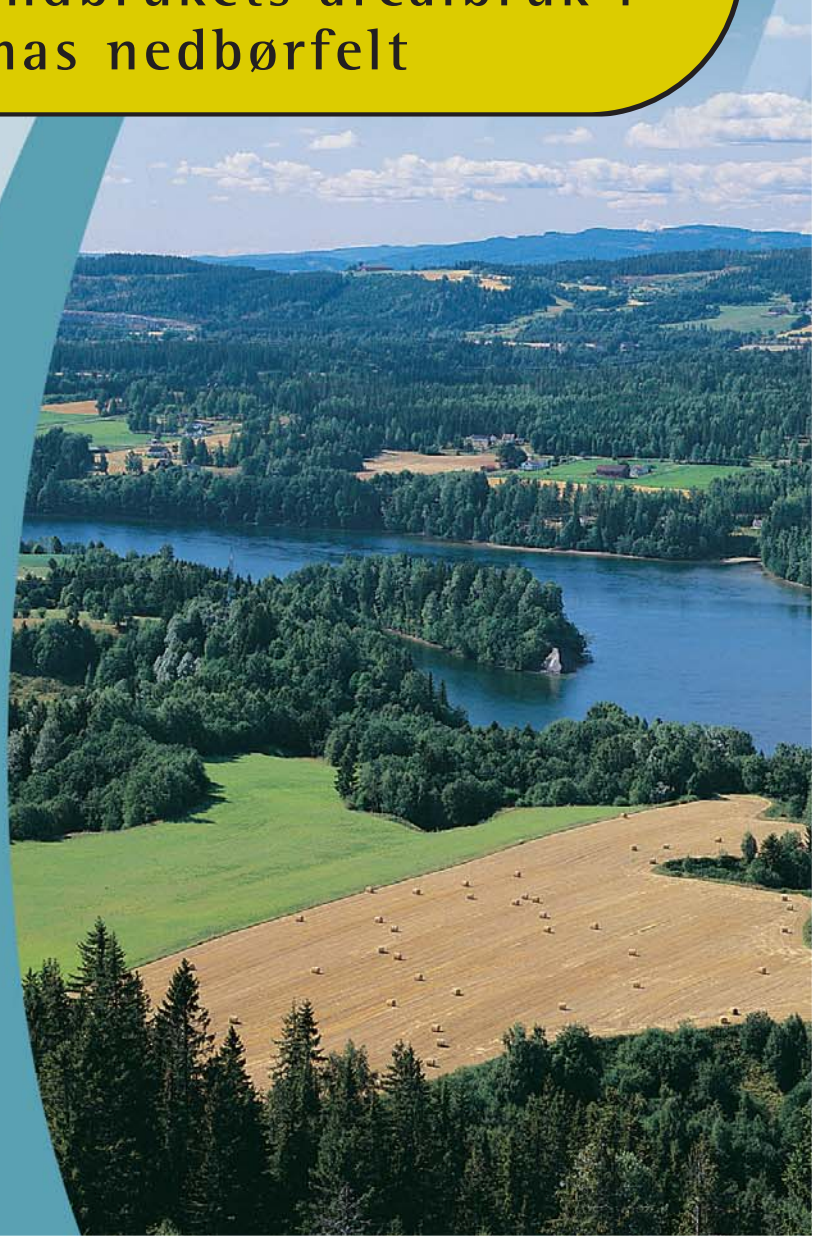
og arealbruk



Arne Grønlund, Arnor Njøs og Bjørn Kløve

JORDFORSK

Endringer i landbrukets arealbruk i Glommas nedbørfelt



HYDRA - et forskningsprogram om flom

HYDRA er et forskningsprogram om flom initiert av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) i 1995. Programmet har en tidsramme på 3 år, med avslutning medio 1999, og en kostnadsramme på ca. 18 mill. kroner. HYDRA er i hovedsak finansiert av Olje- og energidepartementet.

Arbeidshypotesen til HYDRA er at summen av alle menneskelige påvirkninger i form av arealbruk, reguleringer, forbygningsarbeider m.m. kan ha økt risikoen for flom.

Målgruppen for HYDRA er statlige og kommunale myndigheter, forsikringsbransjen, utdannings- og forskningsinstitusjoner og andre institusjoner. Nedenfor gis en oversikt over fagfelt/tema som blir berørt i HYDRA:

- Naturgrunnlag og arealbruk
- Skaderisikoanalyse
- Tettsteder
- Miljøvirkninger av flom og flomforebyggende tiltak
- Flomdemping, flomvern og flomhandtering
- Databaser og GIS
- Modellutvikling

Sentrale aktører i HYDRA er; Det norske meteorologiske institutt (DNMI), Glommens og Laagens Brukseierforening (GLB), Jordforsk, Norges geologiske undersøkelse (NGU), Norges Landbruks-høgskole (NLH), Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU), Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (NIJOS), Norsk institutt for vannforskning (NIVA), SINTEF, Stiftelsen for Naturforskning og Kulturminneforskning (NINA/NIKU) og universitetene i Oslo og Bergen. HYDRA is a research programme on floods initi-

HYDRA - a research programme on floods

ated by the Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE) in 1995. The programme has a time frame of 3 years, terminating in 1999, and with an economic framework of NOK 18 million. HYDRA is largely financed by the Ministry of Petroleum and Energy.

The working hypothesis for HYDRA is that the sum of all human impacts in the form of land use, regulation, flood protection etc., can have increased the risk of floods.

HYDRA is aimed at state and municipal authorities, insurance companies, educational and research institutions, and other organization.

An overview of the scientific content in HYDRA is:

- Natural resources and land use
- Risk analysis
- Urban areas
- Flood reduction, flood protection and flood management
- Databases and GIS
- Environmental consequences of floods and flood prevention measures
- Modelling

Central institutions in the HYDRA programme are; The Norwegian Meteorological Institute (DNMI), The Glommens and Laagens Water Management Association (GLB), Centre of Soil and Environmental Research (Jordforsk), The Norwegian Geological Survey (NGU), The Agriculture University of Norway (NLH), The Norwegian University of Science and Technology (NTNU), The Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE), The Norwegian Institute of Land Inventory (NIJOS), The Norwegian Institute for Water Research (NIVA), The Foundation for Scientific and Industrial Research at the Norwegian Institute of Technology (SINTEF), The Norwegian Institute for Nature and Cultural Heritage Research (NINA/NIKU) and the Universities of Oslo and Bergen.

HYDRA-rapport nr. N02

Endringer i landbrukets arealbruk i Glommas nedbørfelt

av

Arne Grønlund, Arnor Njøs og Bjørn Kløve
Jordforsk

Forord

Prosjektet naturgrunnlag og arealbruk som er en del av HYDRA-programmet er organisert i 5 delprosjekter:

Studier i små delnedbørfelt, hvor målsettingen er å klarlegge hvilke betydning grunnforhold og arealbruk har for lagringsevne, oppholdstid, vannforbruk og avrenning til vassdrag.

Naturgrunnlag og arealbruk i større nedbørfelt, hvor målsettingen er å framskaffe data til et database over grunnforhold og eksisterende arealbruk i Glommas nedbørfelt.

Endringer i landbrukets arealbruk, hvor målsettingen er å framskaffe data om endringer i landbrukets arealbruk de siste 2-300 årene.

Hydrologisk modellering, hvor målsettingen er å teste og utvikle hydrologiske modeller i de utvalgte delnedbørfeltene og foreta beregning av avrenning som funksjon av grunnforhold, vegetasjon, topografi, arealbruk og meteorologi.

Naturlige magasineringsområder, hvor målsettingen er å undersøke hvilke flomdempende og flomdrivende effekt topografi, grunnforhold og vegetasjon har på flomsituasjonen i flomutsatte vassdrag og utvikle typeeksempel på temakart over naturlige magasineringsområder basert på disse faktorene.

N-gruppen, som har hatt ansvaret for prosjektet naturgrunnlag og arealbruk, har hatt følgende sammensetning:

Arne Grønlund, Jordforsk, prosjektleder

Noralf Rye, Geologisk institutt, Universitetet i Bergen, faglig ansvarlig

Søren Elkjær Kristensen, NVE

Steinar Myrabø, Jordforsk

Lars Andreas Roald, NVE

Trond Rinde, Institutt for vassbygging, NTNU

Bjørn Follestad, NGU

Stein Tomter, NIJOS

Jon Arne Eie, GLB

Torodd Hauger, Fylkesmannen i Østfold, miljøvernavdelingen (på vegne av DN).

Ås, februar 1999

Arne Grønlund
prosjektleder

Innhold

Side

	Sammendrag	4
	Summary	5
1	Innledning	6
2	Datakilder	7
3	Skogbruk før 1910	8
3.1	Klimaendringer	8
3.2	Avvirkning av skog	8
3.3	Skogkultur	9
3.4	Konklusjon	10
4	Skogbruk etter 1910	11
4.1	Skogressurser	11
4.1.1	Arealer	11
4.1.2	Skogvolum	11
4.1.3	Virkning på avrenning og flom	11
4.2	Grøfting i skog	13
4.2.1	Omfang av grøfting	13
4.2.2	Virkning på avrenning og flom	14
4.3	Skogsbilveier	16
4.3.1	Omfang av skogsveier	16
4.3.2	Virkning på avrenning og flom	16
4.4	Konklusjon	17
5	Jordbruk	18
5.1	Dyrking	18
5.1.1	Arealer av dyrket jord	18
5.1.2	Virkning på avrenning og flom	19
5.2	Bakkeplanering	20
5.2.1	Bakkeplanerte areal	20
5.2.2	Virkning på avrenning og flom	20
5.3	Konklusjon	20
	Litteratur	21
	Tidligere utgitt i HYDRA-serien	22
	Vedlegg	23
	Vedlegg 1 : Funksjoner for beregning av skogparametre	23
	Vedlegg 2 : Utviklingen av skogtilstand fra 1920 til 1990	25

Sammendrag

Denne rapporten gir en beskrivelse av de viktigste endringene i landbrukets arealbruk som kan ha hatt betydning for flomforholdene i Glommas nedbørfelt. Nedbørfeltet dekker et areal på ca 42 000 km², hvorav 37 % er skog og 6% dyrket. Resten er hovedsakelig myr og annen snaumark over skoggrensa. Mesteparten av fjellområdene fins i Lågens nedbørfelt, som utgjør den vestre delen av nedbørfeltet.

På 1800-tallet var skogen i dårlig tilstand som følge av en lang periode med kjølig klima og sterk tømmerhogst til gruvedrift, smelteverk og eksport. Fra ca år 1900 ble det satt i verk tiltak for å bedre skogtilstanden i form av skogplanting, bestandspleie og grøfting.

I løpet av siste århundre har det skjedd små endringer i arealet av produktiv skog i Glommas nedbørfelt. Tømmervolumet har imidlertid økt med ca 70 % etter 1920, hvorav halvparten har skjedd etter 1970. På grunn av økt transpirasjon og intersepsjon og redusert innstråling under snøsmeltingen, har denne økningen trolig bidratt til redusert avrenning og en viss reduksjon i flomrisikoen. Effekten antas å være størst på mindre sommer- og høstflommer.

Grøfting i skog hadde sitt største omfang i 1930-årene og på 1950- og 60-tallet. I Østfold, Hedmark og Oppland er det i alt gitt tilskudd til grøfting av et areal som tilsvarer ca 8 % av skogarealet i de 3 fylkene. Uten godt vedlikehold kan ikke skogsgrøfter antas å være i funksjon i mer enn ca 30 år. I årene 1960-85 hadde 8-9 % av skogarealet i Østfold og 3-4 % av skogarealet i Hedmark og Oppland en alder på grøfter som var mindre enn 30 år. Bare ca halvparten av dette arealet kan antas å ha hatt grøfter i funksjon i 1995.

Grøfting av myr kan føre til redusert fordampning og derfor økt total avrenning på kort sikt. På nedbørsmyr (mosemyr) kan grøfting føre til økt infiltrasjonsvolum (porevolum – aktuelt vannvolum), større evne til å lagre vann i en flomsituasjon og en utjamning av avrenningstopper under normale nedbørepisoder. Grøfting av tilsigsmyr, med sterkere omsatt torv, tettere struktur og mindre vannledningsevne vil gi mindre økning i infiltrasjonsvolumet enn på nedbørsmyr, men likevel en viss

demping av avrenningstoppene under normale nedbørsforhold. Grøftingen kan imidlertid føre til raskere avrenning fra tilsigsområder ovenfor myra. Ved større nedbørmengder på vannmettet jord vil avrenningen skje raskere på begge myrtypene. På små delnedbørfelt, med en stor andel av grøftet myr, kan flomtoppene ha økt. Men fordi en så liten andel av Glommas nedbørfelt er grøftet, er det lite sannsynlig at skogsgrøfting kan ha bidratt til større flommer i hovedvassdraget.

Grøfting i skog vil generelt føre til økt skogproduksjon, større rottybde, større vannforbruk og intersepsjon og dermed større ledig infiltrasjonsvolum. Total årsavrenning og hyppigheten av små sommer- og høstflommer kan derfor ha blitt redusert som følge av grøfting. Den totale lengden av skogsveier i Glommas nedbørfelt har økt ca 15 ganger siden 1940. Skogsveier berører likevel bare en liten andel av skogarealet i feltet. Selv om skogsveier bidrar til raskere avrenning og økte avrenningstopper, er det lite sannsynlig at de kan ha bidratt til noen vesentlig økning i flomforekomsten i nedbørfeltet.

Jordbruksarealet har økt betydelig i deler av Glommas nedbørfelt etter 1930, spesielt i Solør og Østerdalen. I Hedmark og Oppland utgjør jordbruksarealet 4-5 % av totalarealet. På grunn av drenering og plantevekst vil dyrking generelt føre til økt vannlagringsevne, men redusert infiltrasjonsevne. Jordbruksareal gir vanligvis større avrenning enn skog, men fordi jordbruksarealet fortsatt utgjør en så liten del av nedbørfeltets totalareal, er det lite sannsynlig at dyrking kan ha bidratt med noen vesentlig økning i flomrisikoen.

En betydelig del av jordbruksarealet på leirjord i Østfold og Akershus er bakkeplanert. På grunn av bedre arrondering og generelt tettere jordstruktur med mindre infiltrasjonsevne, mindre vannlagringsevne og mindre hydraulisk ledningsevne vil bakkeplanering føre til raskere avrenning og større forekomst av lokale flommer. Større vårflokker i hovedvassdraget vil derimot neppe påvirkes fordi toppavrenningen fra planerte arealer i lavlandet vanligvis finner sted før snøsmeltingen i høyereliggende områder.

Summary

This report discusses the consequences of land use changes on floods in the Glomma-Lågen drainage basin in the south-eastern part of Norway. The drainage basin covers approximately 42 000 km², of which 37 % is under forest and 6 % is cultivated land. The remainder is mainly mountainous land above the timber line. The greater part of this highland is situated in the drainage basin of the river's western branch, Lågen.

During the previous centuries, the biomass of the conifer forests was reduced due to unfavourable climate, excessive timber use in mines and smelters (copper and iron works) and logging for timber export. Since about year 1900, silviculture measures such as afforestation and planting after logging, were implemented to restore and increase forest production.

During the 20th century, only small changes in the forest area have occurred. However, the volume of the standing timber mass has increased with about 70 % since 1920 in the drainage basin, and with 100 % in Norway at large. The area of productive forest within the drainage basin has stayed more or less constant, thus the main change is a more dense forest. A denser forest is expected to increase transpiration, evaporation and interception and decrease snow melting rate. The increase in these factors in the Glomma drainage basin might decrease annual discharge and flood risk for small summer and autumn floods.

About 8 % of the forest land in the basin has been drained since 1920. Ditches are assumed to be functioning well for a period of 30 years, after which time a major maintenance would be necessary. Between 1960 and 1985, 8-9 % of the forest area in Østfold and 3-4 % of the forest area in the Hedmark and Oppland counties could be considered as properly drained, while only half of this area would be up to standard in 1995. Drainage of sphagnum moss type of peatlands generally would result in a drier soil surface, decreased evaporation and therefore an increased annual runoff. In episodes with high rainfall the lowered groundwater table would give an increased storage capacity during the initial stages of the rainfall. If there is a change in vegetation, e.g. to a grassy or woody type, more water would be extracted by transpiration, and there would be a greater volume for infiltration and storage. Generally, drainage decreases peak flows as the water storage capacity is increased. This situation would apply to unsaturated conditions in summer and autumn.

However, drainage might result in a more rapid runoff production when the soil is already saturated at the start of rains. Ditching of peatlands with more decomposed peat material, higher dry density, and lower hydraulic

conductivity might increase the runoff from the uplands surrounding the drained area, due to the open ditches acting as transport lines for runoff water. These peatlands may have a grassy or woody vegetation. In some sub-catchments with a high proportion of drained peatlands the flood peaks might have somewhat increased. However, because only a minor part of the Glomma catchment has been drained, the draining has probably not lead to increased frequency of large floods in the main river.

Drainage of forest land normally would result in increased forest production, and a higher water storage capacity, due to a lowered groundwater table and increased water consumption. The annual runoff would be expected to decrease, as well as runoff during summer and autumn.

The total length of forest roads in the catchment of Glomma has increased by a factor of 15 since 1940. However, only a minor part of the total forest area is influenced by roads. Consequently, even though the forest roads most certainly lead to more rapid runoff generation, they have probably not resulted in considerable increase in flood peaks, except locally.

The area of cultivated land has increased significantly in parts of the catchment since 1930. Due to drainage and water consumption by plants, cultivation generally results in a larger water storage capacity for rains. However, cultivated land has generally higher runoff peaks and volumes than forested areas, due to lower infiltration capacity and accordingly higher surface runoff. Because the cultivated land covers only a small portion of the Glomma drainage basin the increased cultivation area has probably not lead to a considerable increase in the flood frequency and flood peaks in the main river, while there might be a local increase.

A large part of the cultivated clay soils of Østfold and Akershus has been artificially levelled. The land levelling has reduced the relief, improved land allocation, i.e. larger and more coherent cultivation units, and has given a degraded soil structure (due to lower organic matter content). Further, the levelling has resulted in lower infiltration capacity, lower hydraulic conductivity, and lower plant available storage capacity. The total result would be an increase in surface runoff, and a greater risk of local flooding. However, the effect on large spring floods in the main river will hardly be noticeable, because the runoff from the levelled areas in the lowlands will usually peak before the flood peak of the main river, caused mainly by snowmelt in the highlands and sometimes by additional heavy rainfall in the same area.

1. Innledning

Prosjektet Naturgrunnlag og arealbruk, som har vært en del av HYDRA-programmet, har hatt som mål å forbedre grunnlaget for modellering av avrenning i forhold til:

- naturgrunnlaget, med spesiell vekt på lagringsevne og oppholdstid
- endringer i klima, vegetasjon og landbrukets arealbruk.

Denne rapporten omhandler delprosjektet Endringer i landbrukets arealbruk, som har som mål å framskaffe data om endringer i landbrukets arealbruk i Glommas nedbørfelt de siste 2-300 årene.

Glommas nedbørfelt har et areal på ca 42 000 km², hvorav 37 % er skog og 6% dyrket. Resten er hovedsakelig myr og annen snaumark over skoggrensa. Mesteparten av fjellområdene fins Lågens nedbørfelt, som utgjør den vestre delen av nedbørfeltet.

Landbrukets arealbruk omfatter i første rekke jordbruk og skogbruk. Jordbruk omfatter bl. a. dyrking, drenering og beiting. Innenfor skogbruk er det særlig hogst, skog-

plantning, grøfting og veibygging som har betydning for flomrisiko. Informasjon om slike endringer er en viktig forutsetning for å kunne verifisere hypotesen om at menneskelige inngrep har ført til endret flomrisiko.

Endringer i skogtilstanden, det vil si skogvolum, utviklingstrinn, høyde og kronedekningsgrad, antas å være den faktoren i forbindelse med landbrukets arealbruk som har størst betydning for avrenning og flomrisiko, og er derfor gitt høyeste prioritet i dette arbeidet. Data om skogtilstanden ved ulike tidspunkter vil bli beregnet for et punktnett med rutestørrelse 100x100 m som dekker hele Glommas nedbørfelt. Effekten av endringer i skogtilstanden på avrenning vil bli beregnet ved hjelp av modellsystemet LANDPINE (Rinde 1998). Resultatene fra modellberegningene vil bli presentert i en egen rapport fra delprosjektet Hydrologisk modellering.

I denne rapporten er det lagt hovedvekt på endringer som har skjedd med hensyn til landbrukets arealbruk i dette århundret, samt en vurdering av hvilke betydning endringene kan ha hatt for flomrisikoen i vassdraget.

2. Datakilder

Opplysninger om skogsdrift fram til 1900-tallet er skaffet fra historiske kilder og beretninger, bygdebøker samt handels- og fløtningsstatistikk. For det siste århundret foreligger det statistikk over jordbruks- og skogareal tilbake til 1907.

Data om skogressurser og skogtilstand er skaffet fra Landsskogtakseringen, som blir utført som prøveflate-takst og er gjennomført som 6 mer eller mindre landsomfattende registreringssyklus (takseringsomdrev) fra årene 1919 til 1993. Det foreløpig siste takseringsomdrev omfatter mer enn 50 000 prøveflater i hele landet, eller ca 3-4000 flater pr fylke, og dekker alt utmarksareal under barskoggrensa.

Opplysninger om grøfting og bygging av bil- og traktorveier i skog er skaffet fra Landbruksavdelingen ved Fylkesmannen i de enkelte fylke og er basert på bl. a. årsmeldinger fra skogselskapene og skogavgiftsregnskapet.

Opplysninger om bakkeplanering er skaffet fra Landbruksavdelingene ved Fylkesmannen i Østfold og Akershus og er basert på utbetaling av tilskudd til bakkeplanering av dyrket jord og nydyrking.

3. Skogbruk før 1910

3.1 Klimaendringer

I kvartærtida (de siste to millioner år) har det vært en rekke istider og mellomistider i Nord-Europa. Etter siste istid var det perioder med betydelige klimavariasjoner. For 6 000–7 000 år siden var det en varmeperiode hvor temperaturen trolig var rundt 2 grader høyere enn i dag og alle isbreene i Sør-Norge var borte (Nesje og Kvamme 1991). I Norge var skoggrensa mot fjellet trolig 200–300 m høyere enn i dag (Aas 1988). Grana vandret inn til Østlandet i det siste årtusen før vår tidsregning. I Vikingtida og Høgmiddelalderen (1100–1300 e. Kr.) var det forholdsvis varmt. Høgmiddelalderen var tida for stor nydyrking og bygging av gotiske katedraler i Vest-Europa og steinkirker i de beste jordbruksområdene i Norge. Fra ca. år 1300 ble det en avkjølingsperiode som varte fram til slutten av 1800-tallet og som er kalt den lille istid. Den kjøligste perioden var 1600- og 1700-tallet. Isbreer rykket nedover i fjellet både i Alpene og i Norge, for eksempel Nigardsbreen i Norge 1742–43. Større nedbør kan ha bidratt til veksten i isbreene. Lamb (1995) antar med utgangspunkt i forskjellige beregninger at juli-august hadde høyere nedbør og vinterperioden lågere nedbør enn i tida foran. Sommermånedene var kalde og fuktige. Nødsårene ble kalt grønnår. Graset vokste, men kornet ble ikke modent. Avkjølingen i de kaldeste periodene kunne dreie seg om 1,0–1,5 °C (Lamb 1995). Noen av de aller kaldeste periodene var 1590- og 1690-årene, 1740-årene og 1812–1820.

I høglandsområdene i Sentral-Europa (sveitsiske og østerrikske alper) sank skoggrensa med 100–200 m gjennom den lille istid. Ifølge Treter (1984) er den klimatiske begrensningen for foryngelse og utvikling av skogbestand en julitemperatur på minst 10 °C. Videre er det andre faktorer som virker inn, for eksempel geografisk bredde og avstand til havet. Skoggrensa er lokalt avhengig av hellingsforhold, spesielt hellingsretning. Beiting, spesielt i seterregionen, kan ha redusert foryngelsen av skogen. I Norge er det lite litteratur om hvor mye skoggrensa sank i den lille istiden. I perioden 1918–1968, som omfatter varmeperioden 1930–1950, økte skoggrensa med 40 til 80 m i Sørøst-Norge (Treter, 1984 og Aas, 1969). Det er neppe noen dristig antagelse at skoggrensa har vært om lag 100 m lågere i den lille istiden enn i dag.

3.2 Avvirkning av skog

I nedbørfeltet for Glomma har det fra gammelt vært en tradisjon med jernutvinning av myrmalm. Denne virksomheten, som var utbredt i fjellbygdene, har neppe ført til drastiske endringer i skogbestanden. Det stiller seg

annerledes med bergverksdriften. Fryjordet (1992) har samlet en del opplysninger om det totale forbruket av ved og tømmer i Rørosområdet gjennom en lang periode fra 1640-årene. Setteveden ble brukt til oppvarming av fjellet. Etter oppvarming ble det slått på vann, slik at det ble oppsprekking og "sprengning" av berget. Med tiden ble metoden avløst av sprengning med krutt og senere dynamitt. Røstveden ble brukt til vekkbrenning av svovel (for eksempel i koppermalm) før smelting. Trekull ble brukt til smelting. I starten foregikk røstingen ved gruvene, senere ved smeltehyttene.

I alt regner Fryjordet at det har gått med 800 000 m³ setteved. Men han tror dette tallet er for lite. Det er nemlig regnet ut at det gikk med 300 000 m³ bare fra ca. 1645 til 1700. Av røstved er det opplyst at det gikk med opp til 10 000 m³ i året. Men det gjennomsnittlige forbruket var mindre, kanskje 4 000 til 5 000 m³. Hvis en regner på 200 år, blir forbruket av røstved bortimot likt med forbruket av setteved, altså 800 000 m³ røstved. Det var behov for mye trekull til smeltingen, kanskje fra 3 000 til 20 000 m³ pr år, eller i alt mer enn 1 million m³ i perioden. Tømmer var nødvendig for bygninger og støtteverk i gruvene. Årlig forbruk var her noe rundt 400 tulfater, eller kanskje 1600 m³. Muligens kan det ha gått med i alt 300 000 m³. Det samlede forbruket er trolig minst rundt 3 millioner m³ over et par hundre år. Dette er neppe nok til å forklare skogens tilbakegang, og at det var nødvendig med så store leveringsområder for ved og trekull.

I Rendalens bygdehistorie sies det at bergverksdriften førte til ødelegging av skogen over hele Nord-Østerdalen. Jakob Breda Bull hevder at de store åpne arealene av myrer og uthogd skog var en vesentlig årsak til de store flommene fra midt på 1600-tallet.

Omkring 1550 var det smeltehytter for jern i flere distrikter. I 1670 var det 11 jernverk i Norge. Det største problemet i jernproduksjonen var ved og trekull. Bøndene fikk betydelige kjøreinntekter gjennom levering av ved og trekull. Christoffersen (1974) hevder at det var en varig energikrise. Skogarealene i vid omkrets fungerte som energileverandør til bergverkene og som råstoffleverandør til sagbrukene. Rundt Fritzøe verk i Vestfold var det en radius på 40 km for leveranse til verket. Her var det både sagbruk og jernverk, en kombinasjon en fant flere steder. Christoffersen (1974) nevner at det årlige norske vedforbruket til jernverkene kan ha vært opp mot 300 000 m³ årlig over mer enn 200 år. Ved slutten av 1700-tallet var forbruket 400 000 m³ pr år. Hvis vi regner et middeltall på 300 000 m³ over 250 år, blir det en sum på vel 75 mill. m³, langt over tallene for kopperverkene i Rørosområdet. Det ble lite igjen av skogene i nærheten av jernverkene, og i Vestfold (med store

jernverk og sagbruk) var det omtrent tomt for god skog mot slutten av 1800-tallet.

En viktig faktor for skogens tilstand var tømmereksporten til utlandet. Fra 1500-tallet ble det eksportert av tømmer til England og andre Nordsjøland. I innlandet ble det bygd sager langs vassdragene. Mange av sagerne var i drift bare en kort periode (flomperiode) høst og vår. Fra 1600-tallet øker eksporten av tømmer. Samtidig blir det etablert en rekke jernverk, samt noen få glassverk, og ved kysten, saltkokerier. Bøndene fikk pliktkjøring av ved til disse verkene. Men det var også mye pliktkjøring av tømmer til store sagbruk som Jarlsberg og Fritzøe. Fra 1660-årene kom nemlig sagbruksprivilegiene, som gikk til adelen og til borgerne i byene. Dermed forsvant svært mange av bondesagene.

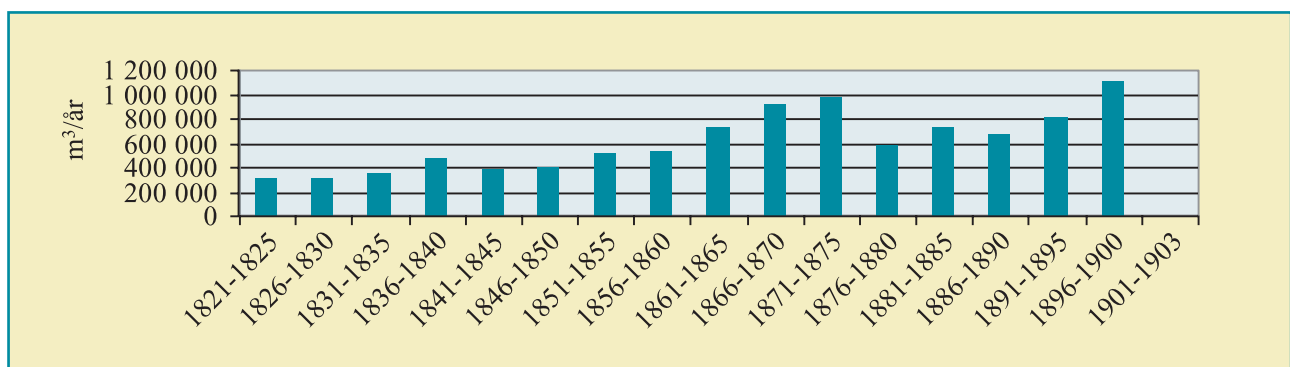
Kystskogen på Vest- og Sørlandet og skogen ved Oslofjorden og på elveslettene ble først hogd, deretter skogen i bergverksområdene. Det var leveringsplikt for ved, tømmer og trekull til Rørosområdet helt sør til Elverum, nord til Støren, og vest til noen bygder i Romsdal. For å stoppe skadevirkningene av den sterke hogsten ble det forsøkt med forskjellige kontrollbestemmelser, bl.a. eksportforbud av tømmer, men uten hell. I første del av 1800-tallet kom nemlig liberalismen for fullt. Gjennom 1800-tallet fikk mange bønder eieendomsrett til skogen, og det ble sett på som en endring i retning av bedre ressurshusholdning. Eksporten tiltok og gikk i første rekke til England og Nederland. I 1835 ble det eksportert 210 000 m³ til England, i 1873 1,5 mill. m³. Tømmerfløtingen var i gang på 1300-tallet, for eksempel fra 1350 i Drammensvassdraget. I Glommavassdraget ble det fløtet ca. 70 000 m³ ved år 1700, 3 – 400 000 m³ ved år 1800, og ca. 1 mill. m³ ved år 1900 (Vestheim, 1998, se også figur 1). Fram mot 1910 gikk volumet opp til 2 mill m³. En tyllft var 6,2 m³ i 1820, og 3,3 m³ i 1870. Mengden av store dimensjoner var altså gått kraftig ned. Tømmerprisene ble omtrent tredoblet i perioden 1850 til 1865, bl.a. som følge av

Krimkrigen. Den norske trelasteksporten økte med 80 prosent, og mer enn halvparten av dette falt på Glomma. Det var en ny stor prisoppgang etter den tysk-franske krig i 1870-71. En halvering av tømmerprisen i 1877 resulterte i mange tvangsauksjoner. Blant dyktige skogbrukere var det stor bekymring for varigheten av skogressursene. I tillegg til hogsten var det på 1800-tallet store skogbranner og insektangrep. Sliptømmer ble etterspurt fra slutten av 1800-tallet. I 1901 var sliptømmermassen fra Åmot oppe i 262 000 tyllfter, 42 prosent av alt fløtet tømmer i Glomma. Fra 1900 til 1910 steg forbruket av massevirke med 98 prosent. En vesentlig del av dette gikk til norsk masse- og papirproduksjon, som igjen for en stor del ble eksportert. Den sterke hogsten, sammen med store skogbranner og insektskader på 1800-tallet, hadde økt bekymringen for skogens bærekraft.

3.3 Skogkultur

Etter at det hadde vært tre skogkommisjoner fra 1850-tallet, ble det satt i verk flere tiltak for å ta vare på skogressursene. I 1898 kom det i gang skogforskning og en treårig skogbruksutdanning ved NLH. På Vestlandet startet skogreisning og skogplanting mot slutten av 1800-tallet. Den første skogplanteskolen i Norge ble opprettet på Jæren i 1868. En ny skogbrukstradisjon tok form, med planting etter hogst, og delvis med skogreisning der det før ikke hadde vært skog. Det gikk imidlertid et godt stykke ut på 1900-tallet før skogplantingen virkelig tok av.

Det norske skogselskap ble opprettet i 1898 og kom til å spille en stor rolle i skogplantingen. Hovedårsaken til danningen av Det norske skogselskap var den dårlige skogtilstanden etter århundres rovdrift av skogen. Axel Heiberg, som var direktør for det norske skogselskap, var svært opptatt av skogkultur og skogplanting og mente at skogplanting ville gjenskape skogressursene sammen med bedre bestandspleie og grøfting av sumpmark.



Figur 1. Uttak av tømmer ved Bingen og Fetsund lenser.

Figure 1. Withdrawal of timber at Bingen and Fetsund timber booms.

3.4 Konklusjon

Skogens tilstand ved slutten av 1800-tallet ga grunn til bekymring. I alt tre skogkommisjoner var i virksomhet for å finne tiltak som kunne sikre et produktivt og utholdende skogbruk. Flere faktorer var årsak til den dårlige tilstanden: det kjølige klimaet gjennom den lille istid og stigende uttak av trevirke til gruver, kopperverk og jernverk, stigende tømmereksport og stigende forbruk av tømmer til innenlandsk tremasse- og papirproduksjon, samt i mindre grad til glassverk og saltkokerier. Fra ca 1900 kom det i gang en ny skogkultur, basert på skogplanting etter hogst, samt bestandspleie, og drenering av sumpmark.

4. Skogbruk etter 1910

4.1 Skogressurser

4.1.1 Arealer

Resultatene fra landbruksstatistikken tyder på små endringer i skogarealet i Glommas nedbørfelt i løpet av dette århundret. Tabell 1 viser en nedgang på ca 640 km² i Hedmark i perioden 1907 til 1989. En del av denne nedgangen kan forklares ved nydyrking, siden jordbruksarealet har økt med ca 250 km² i den samme perioden (jfr. kap 5.1). I Oppland er det oppgitt like stort skogareal i 1989 som i 1907, til tross for at det jordbruksarealet er økt med ca 200 km². Statistikken viser et mindre skogareal i 1959 enn i periodene før og etter. Det er mest trolig at denne nedgangen skyldes metodiske forhold ved tellingene.

4.1.2 Skogvolum

Resultatene fra Landsskogtakseringen (tabell 2) viser at det samlede skogvolumet i Østfold, Akershus, Hedmark og Oppland har økt med 72 % fra 1920 til 1990. Denne utviklingen må først og fremst betraktes som et resultat av skogpolitikken og skogkulturen, selv om en del av økningen kan skyldes stigende CO₂-mengder og løsbare N-forbindelser i luft og nedbør.

Den relative økningen har vært størst i Østfold og Oppland. Omtrent halvparten av økningen har funnet sted etter ca 1970. Figur 2 viser at økningen er relativt jevnt fordelt på treslagsgruppene gran, furu og lauvtrær.

Gran, som er det vanligste treslaget i nedbørfeltet, har hatt en noe større volumøkning enn furu og lauvtrær, selv om de to sistnevnte har hatt en noe større relativ økning.

4.1.3 Virkning på avrenning og flom

Skog har generelt større transpirasjon og intersepsjon enn dyrket mark og snaumark, og bidrar også til å redusere innstrålingen og forsinke snøsmeltingen om våren. Haveraaen (1981) fant for en 2-årsperiode etter hogst at årsavrenningen økte med 200–250 mm, eller 30 prosent på et felt i Andebu, Vestfold, i forhold til et kontrollfelt som ikke ble hogd. På Østlandet kan en regne med at ca 30 % av årsnedbøren mellomlagres i et fulltett granbestand (Brække 1970). Tallal sen et al. (1996) oppgir et middel på 27 prosent intersepsjon av nedbør for 2 år i en granskog i Bærum. Snøsmeltingen i et tett skogbestand er målt til 2 mm pr døgngrad. På snaumark stiger snøsmeltingen fra 3 til 6 mm pr døgngrad utover våren, hovedsakelig som følge av nedgang i snøens albedo (Lars Bengtson, personlig meddelelse). Differansen, som er 1–4 mm pr døgngrad, kan betraktes som effekten av skogen på redusert avrenning under snøsmeltingen.

En forsinkelse av snøsmeltingen må i de fleste tilfeller antas å virke dempende på flomtoppene. Det kan imidlertid tenkes situasjoner hvor en sen snøsmelting fra skogområder kan falle sammen med avrenningstoppene fra snaufjellsområdene og hvor flomtoppene kan forster-

Tabell 1. Skogarealer i Glommas nedbørfelt fra 1907 til 1989 basert på landbrukstallinger fra Statistisk sentralbyrå.

Table 1. Forest areas in the Glomma catchment from 1907 to 1989 based on the agricultural statistics from Statistic Norway.

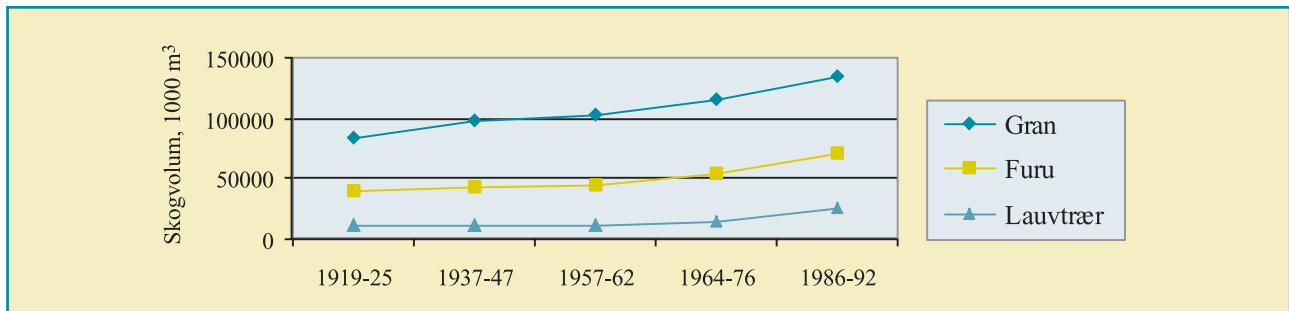
Fylke	Arealer i km ²				% av arealet i 1907			
	1907	1929	1959	1989	1907	1929	1959	1989
Hele nedbørfeltet	16017	15970	14537	15431	100	100	91	96
Østfold	765	843	689	770	100	110	90	101
Akershus	1843	1839	1749	1902	100	100	95	103
Hedmark	10020	9566	8761	9380	100	95	87	94
Oppland	3390	3722	3338	3379	100	110	98	100

kes som følge av forsinkelsen i snøsmeltingen. Men siden de største skogområdene og fjellområdene finnes i hver sin gren av nedbørfeltet (Glomma og Lågen), vil slike sammenfallende flomtopper først og fremst finne sted nedenfor Årnes, hvor de to hovedelvene møtes. Skogens vannforbruk og evne til å redusere avrenning er avhengig av bl. a. bladarealindeks, høyde og kronedekningsgrad. Disse parametrene er beregnet ved hjelp av regresjonsligninger på grunnlag av data fra Landskogtakseringen om hogstklasse, volum av stammetrevirke, overhøyde, treantall per dekar og grunnflate. I de eldste registreringene er ikke skogen delt inn hogstklasser. For disse data har en beregnet høyde, grunnflate

og kronedekning som middelerverdier som funksjon av volum på grunnlag av nyere registreringer i flerskiktskog. Regresjonsligningene for beregning av parametrene og utviklingen i den produktive skogen etter 1920 er vist i vedlegg 1 og 2.

Det er beregnet følgende korrelasjonskoeffisienter (R) mellom volum av stammetrevirke og middelhøyde, kronedekningsprosent og bladarealindeks:

Middelhøyde:	0.800
Kronedekningsprosent:	0.500
Bladarealindeks:	0.694



Figur 2. Endringer i skogvolum i perioden 1919 til 1989.

Figure 2. Changes in the volume of the standing timber mass in the period from 1919 to 1989.

Tabell 2. Skogvolumet i Østfold, Akershus, Hedmark og Oppland. Kilde: Landsskogtakseringen.

Table 2. The volume of the standing timber mass in Østfold, Akershus, Hedmark and Oppland counties. Source: The National Forest Inventory.

	Skogvolum, 1000 m ³				
	1919-25	1937-47	1957-62	1964-76	1986-92
Alle fylkene	134681	151802	157249	182512	231135
Østfold	12235	15766	16458	19420	23377
Akershus	22127	25470	25327	28554	33684
Hedmark	65584	68401	73613	84080	107070
Oppland	34735	42165	41851	50458	67004
	% av volumet i 1919-25				
	1919-25	1937-47	1957-62	1964-76	1986-92
Alle fylkene	100	113	117	136	172
Østfold	100	129	135	159	191
Akershus	100	115	114	129	152
Hedmark	100	104	112	128	163
Oppland	100	121	120	145	193

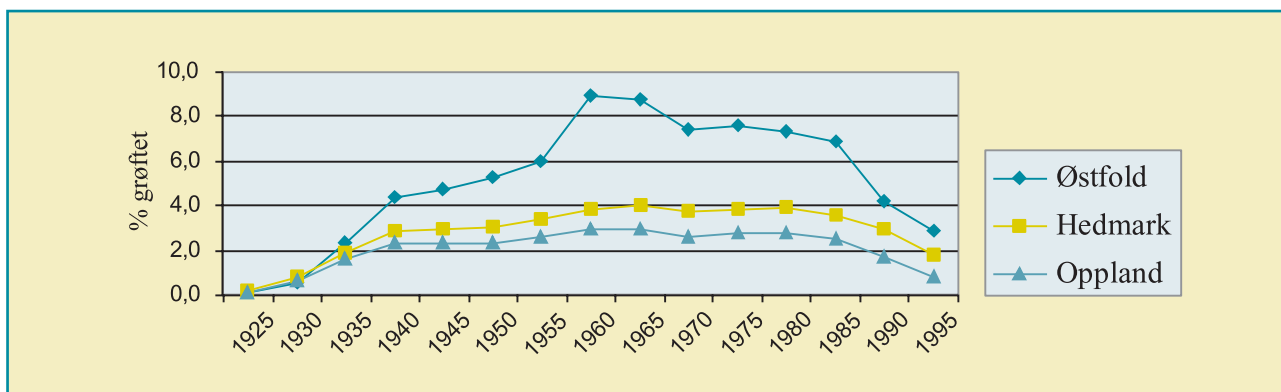
Alle disse korrelasjonene er signifikant på 0,01% nivå. Volum av trevirke bør derfor kunne brukes som indikator på skogens forbruk av vann.

Det meste av vannforbruket fra skogen foregår som transpirasjon i veksttida. Det vil derfor særlig være risikoen for mindre flommer sommer og høst som kan bli redusert som følge av økningen i skogvolumet. Effekten på vårflokk vil være betinget av intersepsjon i løpet av vinteren og langsom snøsmelting som følge av skyggevirking. Det er grunn til å anta at effekten på større vårflokk, som skyldes kraftig regnvær i kombinasjon med sterk snøsmelting, er mindre.

4.2 Grøfting i skog

4.2.1 Omfang av grønfting

Grønfting i skog hadde sitt største omfang i 1930-årene og på 50- og 60-tallet. Tabell 3 viser grønftet areal pr 10-årsperiode i Østfold, Hedmark og Oppland innenfor Glommas nedbørfelt. Tallene er skaffet fra årsmeldinger fra skogselskapene samt skogavgiftsregnskapet i de 3 fylkene og omfatter både nygrønfting og opprensning. Til sammen er det gitt tilskudd til grønfting av ca 1300 km², som tilsvarer ca 8 % av skogarealet i de 3 fylkene. Tilsvarende sammenstilling for Akershus foreligger ikke. Grønftingen er utført med varierende intensitet og kvalitet. Før 1940 var arbeidet mer motivert ut fra behovet for sysselsetting enn av skogfaglige hensyn.



Figur 3. Grønftet skogareal i prosent av totalt skogareal.

Figure 3. Drained forest area in percent of total forest area.

Tabell 3. Skogareal grønftet i årene 1920-1994 i de delene av Østfold, Hedmark og Oppland som ligger i Glommas nedbørfelt.

Table 3. Forest areas drained in the years 1920-1994 in Østfold, Akershus, Hedmark and Oppland counties within the Glomma catchment.

	Grønftet areal i perioden, km ²								Sum
	1920-29	1930-39	1940-49	1950-59	1960-69	1970-79	1980-89	1990-94	
Østfold	5	36	8	40	23	7	10	3	132
Hedmark	96	238	22	183	226	47	67	19	898
Oppland	35	91	4	66	74	10	8	5	293

Tabell 4. Skogareal med grøfter mindre enn 30 år gamle i delene av Østfold, Hedmark og Oppland som ligger i Glommas nedbørfelt.

Table 4. Forest areas with ditches younger than 30 years in Østfold, Akershus, Hedmark and Oppland counties within the Glomma catchment.

	Areal med skogsgrøfter mindre enn 30 år gamle, km ²							
	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	1995
Østfold	5	41	49	84	70	69	39	27
Hedmark	96	335	357	444	431	456	340	207
Oppland	35	125	129	160	144	150	92	44

Grøftedybden på torvmark drenert for skogproduksjon blir redusert med tiden som følge av erosjon, sedimentering, settning, frost og vegetasjon (Saarinen et al., 1998). Den største reduksjonen skjer raskt etter grøftingen. Dersom grøftene ikke vedlikeholdes vil den hydrologiske situasjonen bli tilbakeført til det den var før grøfting (Hytönen & Aarnio, 1998). Tabell 4 viser utviklingen av arealer med skogsgrøfter som er mindre enn 30 år gamle, som en antar er maksimal levetid uten vedlikehold. Disse tallene kan tas som en indikasjon på størrelsen av arealer hvor grøftene fortsatt er i funksjon. Figur 3 viser utviklingen av andelen av skogarealene i Østfold, Hedmark og Oppland som kan anses å ha grøfter i funksjon. I perioden 1960 til 1985 var 8-9 % av skogarealet i Østfold og 3-4 % av skogarealet i Hedmark og Oppland drenert. Senere har det tilsvarende arealet gått ned til ca 3 % i Østfold, ca 2 % i Hedmark og ca 1 % i Oppland.

4.2.2 Virkning på avrenning og flom

Grøfting har som formål å lage en bedre rotsone der plantene får optimal tilgang til vann og luft. Etter grøfting fjernes det drenerbare vannet, det vil si det vannet som utgjør forskjellen mellom metning og feltkapasitet* og som er lagret i de grove porene ved metning. Endringene i grunnvannstanden er avhengig av jordas hydrauliske ledningsevne, grøfteavstand og dybde. Senkingen av grunnvannet er størst på jord med mye grove porer. På jord med små porer vil ledningsevnen være liten, grunnvannstanden etter grøftingen vil stå høgt og den umettede sonen vil derfor være liten. Grøftingens flomdempende effekt skyldes at en del av nedbøren i første omgang lagres i de luftfylte porene i den umettede sonen.

Grøfting og skogreising kan påvirke vannbalansen på flere måter. Evaporasjonen kan bli redusert etter drenering på grunn av tørrere markoverflate. Dersom det utvikles et tett skogbestand, vil transpirasjonen øke og kompensere for reduksjonen i evaporasjonen. Den viktigste effekten av tett skog er imidlertid at intersepsjo-

nen øker. Det har vist seg at intersepsjonen fra tett skog kan redusere avrenningen med ca 30 %. Effekten av intersepsjonen er størst når nedbøren har lav intensitet og er jevnt fordelt over tid.

Grøftene kan føre til raskere avrenning dersom de leder mer vann enn det naturlige dreneringssystemet som var tilstede før grøftingen. På et intensivt grøftet areal vil hele arealet kunne bidra til avrenning samtidig og avrenningsintensiteten kan bli tilnærmet lik nedbørsintensiteten.

Grøfting av myr

I naturlig myr skjer avrenningen raskt (Burt et al. 1990). Tidligere myter om at naturlig myr tar opp nedbør er ifølge Clymo (1987) feilaktige, iallfall i perioder når fordampningen er mindre enn nedbøren. Den viktigste hydrologiske effekten av myrgrøfting er at infiltrasjonen øker og overflateavrenningen avtar (Burt 1995). Den totale avrenningen kan øke noe. Myrgrøftingens betydning for flom er fortsatt delvis ukjent (Burt et al. 1990, Dunne & Mackay 1996) og beror på mange faktorer som fører til at grøftene både kan øke og redusere avrenningstoppene (Sirin 1991, Gregory 1988). Drenering av myr vil generelt føre til større lagringsevne** og dermed større flomdemping (Boelter 1969). Effektene av myrgrøfting på flom er gjennomgått i et eget notat innenfor HYDRA-programmet (Kløve 1999). Virkningen av drenering vil avhenge av bl. a. torvas egenskaper og myrtype. Hydrologisk sett er de viktigste hovedtypene av myr nebørsmyr (ombrogen myr, som ofte tilsvare mosemyr), som bare får vann fra nedbør, og tilsigsmyr (soligen myr, som ofte tilsvare grasmyr), som får vann fra både nedbør og tilsig. Torvas hydrauliske egenskaper kan variere sterkt. Det er derfor vanskelig å forutsi effektene av grøfting på myr.

* Feltkapasitet er definert som den maksimale vannmengden som kan bindes kapillært, eller den vannmengden som bindes et undertrykk som tilsvare pF 2,0.

** Lagringsevne er det samme som infiltrasjonsvolum som er lik differansen mellom totalt porevolum og torvas aktuelle vannvolum.

De dypere torvlagene kan ha en mettet ledningsevne fra 10-5 til 10-8 m/s, avhengig av bl. a. myrtype, omdanningsgrad og fiberinnhold. Torvas hydrauliske ledningsevne kan endres etter dreneringen på grunn av setning og nedbrytning. Dette kan medføre redusert lagringskapasitet og økt avrenning (Gregory 1988, Kløve 1997). Nedbørsmyr har generelt større fiberinnhold, mindre tetthet, større effektiv porøsitet, større ledningsevne i mettet tilstand og kan inneholde større vannmengder enn tilsigsmyr (Boulter 1969). Den flomdempende effekten etter drenering vil derfor være størst på denne myrtypen.

Tilsigsmyr har generelt sterkere omdannet torv, tettere struktur og mindre ledningsevne enn nedbørsmyr i mettet tilstand, men kan ha større kapillær ledningsevne og kan transportere vann nedefra når jorda er tørr (Eyzerman 1993). På grunn av tilsiget har denne myrtypen avrenning også på sommeren og variasjonen i avrenningen er derfor mindre enn på nedbørsmyr (Gregory 1988). Drenering vil vanligvis føre til en mindre senking av vannspeilet og en mindre økning i infiltrasjonsvolumet (Hobbs 1996), men likevel en viss demping av avrenningstopper under små nedbørsepisoder. På tilsigsmyr som får mye overflateavrenning fra overliggende areal vil grøftene kunne øke vanntransporten under flom. Grunnvannstilsiget fra overliggende områder

kan også øke etter grøftingen. Grøfting av tilsigsmyr kan derfor føre til en raskere drenering av hele myras nedbørfelt, som kan være betydelig større det grøftede myrarealet (Kløve 1997).

Betydning av hydrologisk situasjon

Virkningen av drenering på avrenning vil også avhenge av den hydrologiske situasjonen (Gregory 1988). Ved små og moderate nedbørmengder på jord som ikke er vannmettet vil en større del lagres og avrenningen forsinkes. Ved større nedbørmengde og vannmettet jord vil dreneringen kunne føre til raskere avrenning. Under snøsmelting kan grøfting gi raskere avrenning, f. eks. når grøftene ikke er tettet av is og snø, de naturlige helingsgradientene er små og utløpet har liten naturlig kapasitet før dreneringen.

Virkning av økt skogproduksjon

Drenering av skog vil normalt føre til større skogproduksjon, større rotutvikling, større vannforbruk og intersepsjon og dermed større ledig infiltrasjonsvolum. Det er grunn til å tro at grøfting er en medvirkende årsak til økningen i skovolum som har skjedd de siste 70 årene. Definisjonen på vassjuk skogsmark ved markslagsklassifikasjonen i Økonomisk kartverk er at produksjonsevnen skal øke med minst 0,3 m³ pr dekar og år etter grøfting.

Tabell 5. Bygging av skogsveier i Glommas nedbørfelt. Antall km pr 10-årsperiode.

Table 5. Construction of forest roads in the Glomma catchment. Number of km per decade.

	1920-29	1930-39	1940-49	1950-59	1960-69	1970-79	1980-89	1990-94
Hele nedbørfeltet	197	936	1246	2794	3607	2948	2797	1018
Østfold	0	25	35	73	87	104	49	17
Akershus	0	96	164	187	365	314	397	154
Hedmark	136	525	660	1667	2515	1556	1195	425
Oppland	61	290	387	867	640	975	1156	422

Tabell 6. Antall km skogsveier i Glommas nedbørfelt.

Table 6. Number of km forest roads in the Glomma catchment.

	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	1995
Hele nedbørfeltet	197	1134	2378	4725	9818	13259	16147	17164
Østfold	0	25	59	132	219	322	372	389
Akershus	0	96	260	447	812	1126	1523	1676
Hedmark	136	661	1321	2988	5503	7059	8254	8679
Oppland	61	352	738	1158	3284	4752	5998	6420

Dersom en slik produksjonsøkning er representativ for drenert skogsmark, kan økningen i transpirasjon som følge av grøfting kunne anslås til i størrelsesorden 150 mm pr år. Forutsetningen for anslaget er en produksjonsøkning av stammetrevirke på 0,3 m³ som tilsvarer ca 0,75 m³ inkl. rot, greiner og lauv, eller 300 kg tørrstoff i biomasse (0,4 kg tørrstoff pr liter trevirke), og en "water use efficiency" på 2 g tørrstoff pr kg vann forbrukt, dvs. ca 500 l vann pr kg produsert tørrstoff.

4.3 Skogsbilveier

4.3.1 Omfang av skogsveier

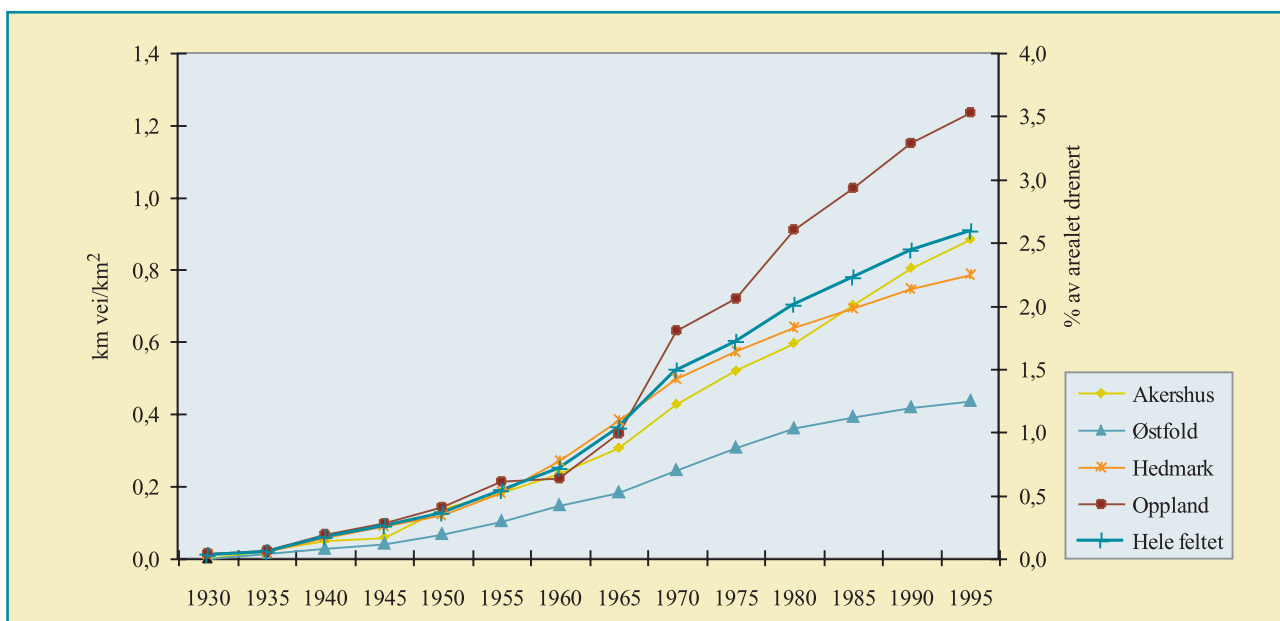
Tabell 5 viser bygging av skogsbilveier i Glommas nedbørfelt fra 1920 til 1994. Før 1940 hadde bygging av skogsveier lite omfang. Veibyggingen økte sterkt på 50- og 60-tallet og har senere stagnert eller gått noe tilbake. Utviklingen av total lengde av skogsbilveier i Glommas nedbørfelt er vist i tabell 6. Etter 1940 har den samlede lengden av skogveier økt ca 15 ganger, og var i 1995 ca 17000 km.

Veitettheten kan brukes som en indikator på drenerings-effekten av skogsveier. Figur 4 viser utviklingen av veitettheten, målt i antall km skogsvei pr km² skogareal i de enkelte fylkene. I 1995 varierte veitettheten fra 0,4 i Østfold til 1,2 km/km² i Oppland. Den forholdsvis lave tettheten i Østfold kan skyldes større tetthet av offentlige veier og dermed generelt mindre behov for skogsveier.

4.3.2 Virkning på avrenning og flom

Skogsveier vil ha en dreneringseffekt som kan sammenlignes med grøfting. Men i motsetning til grøfting vil ikke veibygging ha noen positiv effekt på skogproduksjonen. Tvert imot vil veitraseer i mange tilfeller legge beslag på et visst skogareal. I tillegg vil veigrøftene avskjære og samle vannstrømmene i jorda, spesielt i hellende terreng, og dessuten gi rask avrenning av overvann fra veiene. Skogsveier vil derfor bidra til å gi raskere avrenning og bidra til å øke risikoen for både sommer-, høst og vårflokker.

Høyre akse i figur 4 viser hvor stor prosent av skogarealet som kan betraktes som drenert som følge av skogsveier. Det drenerte arealet er beregnet på grunnlag av veitettheten. I beregningen er det forutsatt at en skogsvei drenerer en sone på 30 m, som regnes som gjennomsnittlig grøfteavstand i skog. Figuren viser at i 1960 var bare ca 0,7 % av skogarealet i nedbørfeltet påvirket av drenering av skogsveier. Senere har denne andelen økt til ca 2,5 % i 1995. En kjenner ikke til undersøkelser for å kvantifisere effekten skogsveier har på flomrisikoen. På grunn av at en så liten andel av arealet kan antas å være påvirket av skogsveier, er det ikke stor sannsynlighet for at skogsveier har bidratt til noen vesentlig økning i flomrisikoen i Glommas nedbørfelt.



Figur 4. Veitetthet og dreneringseffekter av skogsveier.

Figure 4. Forest road density and drainage effect of forest roads.

4.4 Konklusjon

Skogarealet i Glommas nedbørfelt har vært relativt stabilt i dette århundret. Volumet av trevirke i skog har økt med ca 70 %. Ca halvparten av økningen har skjedd etter 1970. Det kan forventes at økningen i skogvolum har ført til økt vannforbruk og dermed redusert avrenning og en viss reduksjon i flomrisikoen. Effekten antas å være størst på mindre sommer- og høstflommer.

Grøfting i skog kan ha både gunstig og ugunstig virkning på flomrisikoen. Den gunstige virkningen skyldes økt skogproduksjon og større infiltrasjonskapasitet som følge av dreneringen. Den ugunstige virkningen skyldes først og fremst raskere avrenning i perioder med vannmettet jord. Det kan ikke utelukkes at skogsgrøfting i enkelte perioder kan ha bidratt til større flomtopper i små delnedbørfelt med stor andel av grøftet myr. Men fordi en så liten andel av Glommas nedbørfelt er grøftet, er det lite sannsynlig at skogsgrøfting kan ha bidratt til økt risiko for større flommer. På grunn av virkningen på skogproduksjon kan en anta at den totale avrenningen kan ha blitt redusert som følge av grøfting. Det er derfor mer sannsynlig at grøfting har ført til en viss reduksjon i flomrisikoen, spesielt for høstflommer.

Skogsveier vil bidra til raskere avrenning og økt flomrisiko. Den totale lengden av skogsveier i Glommas nedbørfelt har økt ca 15 ganger siden 1940. Likevel kan ikke mer enn ca 2,5 % av skogarealet i feltet betraktes som drenert som følge av skogsveier. Det er derfor ikke særlig sannsynlig at skogsveier kan ha bidratt til noen vesentlig økning i flomrisikoen i nedbørfeltet.

5. Jordbruk

5.1 Dyrking

5.1.1 Arealer av dyrket jord

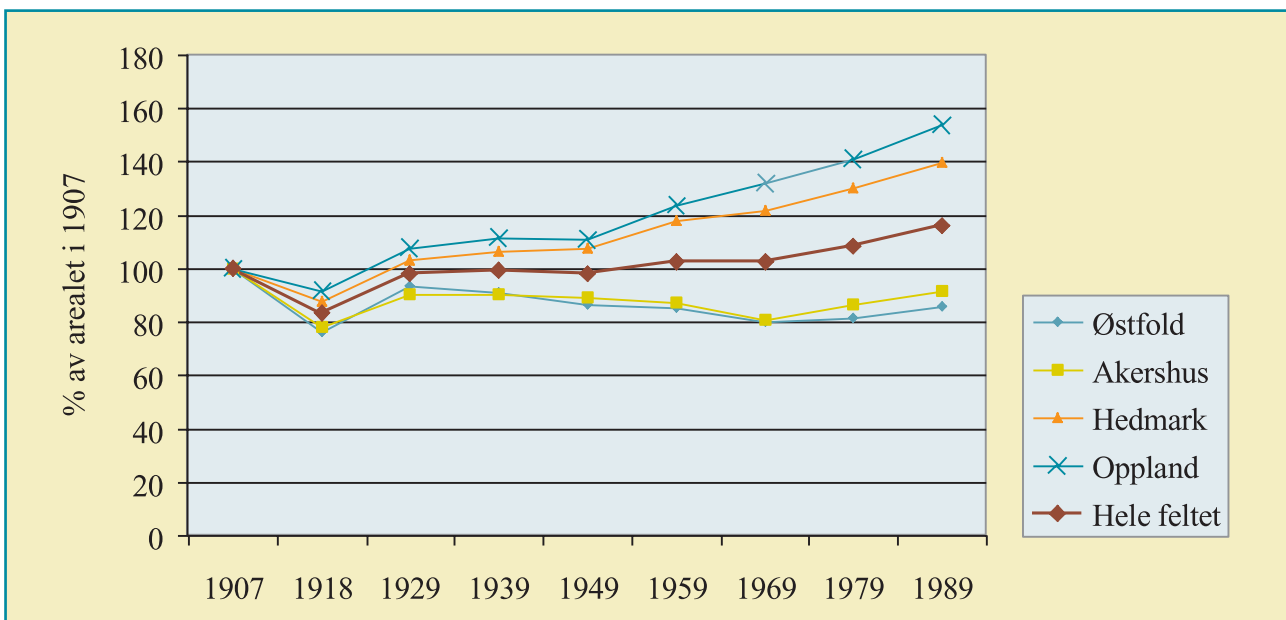
Det totale arealet av dyrket mark i Glommas nedbørfelt har økt med 16 % fra 1907 til 1989 (tabell 7). I Østfold og Akershus har det dyrkede arealet gått ned, trolig som følge av omdisponering til andre formål og at en del marginale og tungdrevne arealer er tatt ut av produksjon. I Hedmark og Oppland har det skjedd en betydelig økning i jordbruksarealet som følge av nydyrking.

Figur 5 viser utviklingen av jordbruksareal i Glommas nedbørfelt i perioden 1907 til 1989, uttrykt i prosent av arealet i 1907. Figuren viser en markert nedgang i alle fylkene fra 1907 til 1919. Denne tilsynelatende nedgangen kan skyldes metodiske forhold ved tellingene. I perioden 1907 til 1949 sett under ett var jordbruksarealet relativt stabilt. Det meste av økningen i Hedmark og Oppland har skjedd etter 1949. Økningen har vært størst i Solør, Østerdalen og Gudbrandsdalen, hvor jordbruksarealet nesten er fordoblet (se tabell 8 og figur 6). Denne økningen henger trolig sammen med utviklingen av teknologi for drenering og kunnskap og muligheter for gjødsling av næringsfattig siltjord.

Tabell 7. Jordbruksarealer i Glommas nedbørfelt i 1907 og 1989 basert på landbrukstallinger fra Statistisk sentralbyrå.

Table 7. Cultivated land in the Glomma catchment in 1907 and 1989 based on the agricultural statistics from Statistic Norway.

	1907	1989	
	km ²	km ²	% av 1907
Hele nedbørfeltet	2081	2411	116
Østfold	502	429	86
Akershus	578	531	92
Hedmark	625	872	140
Oppland	376	579	154



Figur 5. Utviklingen av jordbruksarealer i Glommas nedbørfelt i perioden 1907 til 1989.

Figure 5. The trend of cultivated land in the Glomma catchment in the period 1907 to 1989.

Utviklingen av jordbruksarealets andel av det totale landarealet i Glommas nedbørfelt i perioden 1907 til 1989 er vist i figur 7. Figuren viser at en bare 6 % av nedbørfeltet er dyrket, og at i Hedmark og Oppland, hvor det har skjedd en betydelig nydyrking, er likevel bare 4-5 % dyrket.

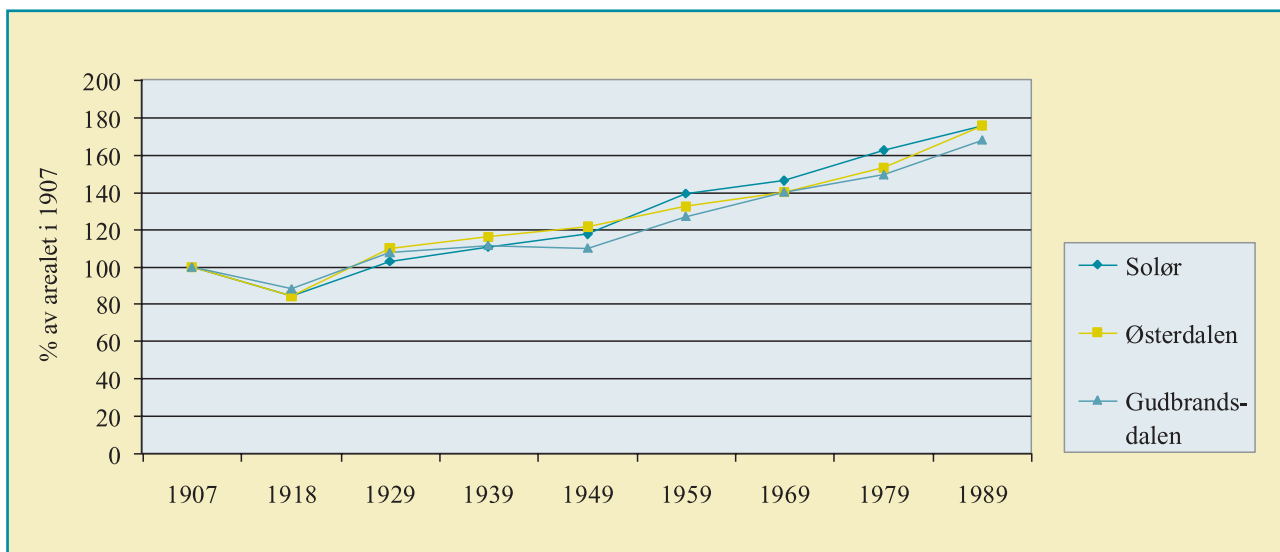
Tabell 8. Jordbruksarealer i enkelte regioner i Glommas nedbørfelt i 1907 og 1989 basert på landbruksstillinger fra Statistisk sentralbyrå.

Table 8. Cultivated land in some regions in the Glomma catchment in 1907 and 1989 based on the agricultural statistics from Statistic Norway.

	1907	1989	
	km ²	km ²	% av 1907
Solør	111	195	175
Østerdalen	135	237	175
Gudbrandsdalen	211	352	167

5.1.2 Virkning på avrenning og flom

Dyrket jord har generelt større overflateavrenning enn skog og tettere overflate enn tilsvarende udyrket jord. Dessuten har jordbruksvekster generelt lavere vannforbruk ved fordampning enn skog. De har kortere veksttid, blir mer utsatt for tørke, slik at fordampingen stopper opp, har mindre høyde, gir mindre mellomlagring (intersepsjon) og dekker ofte jorda bare i deler av den frostfrie perioden. Gras vil være den veksten som har mest til felles med skog når det gjelder virkning på hydrologien. Betydelige deler av jordbruksarealet i Norge er drenert. Dreneringen har til formål å senke grunnvannsnivået, slik at røttene kan trenge ned. Dermed blir det en større nyttbar vannmengde tilgjengelig for plantene. Grøfting vil også redusere overflateavrenningen, i hvert fall ved moderate nedbørmengder. I sommertida vil det fordampe mer vann fra planteveksten, og lagrene tømmes etter hvert for plantenyttbart vann nedover i jorda. I slike tilfelle vil både avrenningstoppene og totalavrenningen bli mindre på grøftet jord. Om senhøsten og våren er normalt det plantenyttbare vannlagret i jorda oppfylt, og ekstra tillegg av infiltrert vann vil fylle de drenerbare (grove) porene og drenere ut via grøftene. Når alle porer er fylt, blir overflateavrenningen større.



Figur 6. Utviklingen av jordbruksarealer i enkelte regioner i Glommas nedbørfelt.

Figure 6. The trend of cultivated land in some regions in the Glomma catchment.

5.2 Bakkeplanering

5.2.1 Bakkeplanerte areal

En del av jordbruksarealet i Glommas nedbørfelt er bakkeplanert (tabell 9). Det meste av bakkeplaneringen fant sted på 1970 og -80-tallet. Størst arealer med bakkeplanert jord finner en i Østfold og Akershus. I Hedmark og Oppland er relativt små arealer planert.

5.2.2 Virkning på avrenning og flom

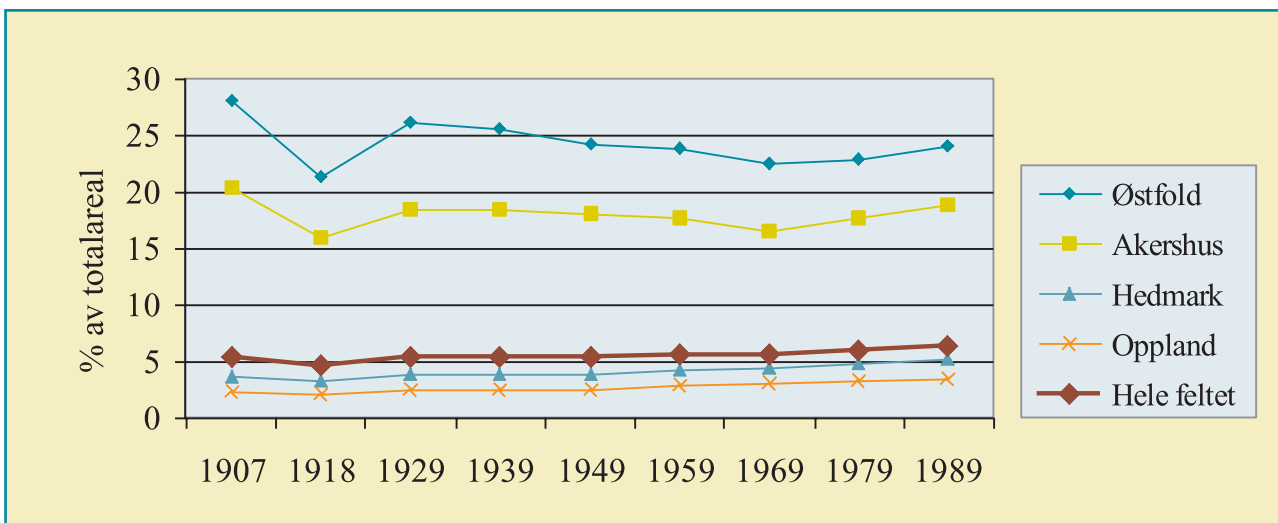
Formålet med bakkeplanering var å få gunstigere terreng og arrondering til korndyrking. Forbedringen i arrondering vil imidlertid bidra til raskere avrenning på grunn av større sammenhengende flater, færre åkerreiner og andre hindringer som kan forsinke avrenningen. Dessuten vil planeringen vanligvis føre til dårligere jordstruktur, tettere jordoverflate og dermed mindre infiltrasjonsevne de første 20-30 årene etter planeringen. Bakkeplanering vil derfor kunne bidra til større risiko for lokale flommer. Virkningen på større vårflokker, som i hovedsak er forårsaket av snøsmelting og regn i høyereliggende

områder, er imidlertid mer komplisert. I mange tilfeller vil avrenningen fra jordbruksområder i lavlandet finne sted før flomtoppen i hovedvassdraget.

5.3 Konklusjon

Dyrking vil på grunn av drenering og plantevekst generelt føre til større ledig lagringskapasitet for vann. Jordbruksareal gir vanligvis større avrenning enn skog på grunn av mindre transpirasjon og intersepsjon. Til tross for at jordbruksarealet har økt relativt sterkt i deler av Glommas nedbørfelt, utgjør det fortsatt en liten del av nedbørfeltets totalareal. Det er derfor lite sannsynlig at dyrking kan ha bidratt med noen vesentlig økning i flomrisikoen.

Bakkeplanering vil på grunn av bedre arrondering og generelt mindre porøs jord føre til raskere avrenning og større risiko for lokale flommer. Større vårflokker i hovedvassdraget vil derimot neppe påvirkes fordi avrenningen fra planerte arealer i lavlandet vanligvis finner sted før snøsmelting i høyereliggende områder.



Figur 7. Utvikling av andel jordbruksareal i Glommas nedbørfelt.

Figure 7. The trend of the share of cultivated land in the Glomma catchment.

Tabell 9. Bakkeplanerte jordbruksarealer i Glommas nedbørfelt.

Table 9. Artificial levelled cultivated land in the Glomma catchment.

	km ²				% av dyrket
	Før 1980	1980-88	Nydyrking	Sum	
Østfold	39	13		52	12
Akershus	99	15	50	164	31

LITTERATUR

- Boelter, D. H. 1969. Physical properties of peats as related to degree of decomposition. *Soil Sci. Amer. Proc.* 33: 606-609.
- Brække, F. 1970. Myrgrøfting for skogproduksjon. Innflytelse på vannhusholdning og flomfare. *Tidsskrift for skogbruk*, 78 (2), 227-238.
- Burt, T.B., Heathwaite, A. L. and Labadz, J. L., 1990. Runoff production in peat covered catchments. In: M. G. Andersson and T.P. Burt (eds), *Process studies in hillslope hydrology*, John Wiley, pp. 463-499.
- Burt, T. B. 1995. The role of wetlands in runoff generation from headwater catchments. In: J. Hughes and L. Heathwaite (eds), *Hydrology and hydrochemistry of British wetlands*. John Wiley. 21-38.
- Børset, O. 1997. Glimt fra norsk skogskjøtsel gjennom 100 år. I: *Frå skogsak til skogbruk. Møre og Romsdal skogselskap 1894-1994: 89-160. Møre og Romsdal skogselskap, Molde.*
- Christoffersen, H.O. 1974. *Fra jernverkens historie i Norge*. Grøndahl & Søn. Oslo. 200 pp.
- Clymo, R. S. 1987. The ecology of peatlands. *Sci. Prog.Oxf.* 71: 593-614.
- Dunn, S. M. & Mackay, R. 1996. Modelling the hydrological impacts of open ditch drainage. *J. of Hydrology*.179: 37-66.
- Eyzerman, N. I. 1993. Physical Properties and Drainage Standards of Forest Soils. *Eurasian Soil Science.* 25: 104-110.
- Fryjordet, T. 1992. Skogadministrasjonen i Norge gjennom tidene. I *Skogforhold, skogbruk og skogadministrasjon fram til 1850 Landbruksdepartementet og Statens skoger Oslo.*
- Gregory, J. D. 1988. Hydrologic impacts of forest water management. In: D. D. Hook et al.(eds), *The Ecology and Management of Wetlands*, Timber press, 137-147.
- Haveraaen, O. 1981. Virkning av snauhogst på vannmengde og vannkvalitet fra en østnorsk barskog. *Medd. Nor. Inst. skogforsk.* 36 (7): 1-27.
- Hobbs, N. B. 1986. Mire morphology and the properties and behaviour of some British and foreign peats. *Quarterly Journal of Engineering Geology*. London 19: 7-80.
- Hytönen, L. A. & Aarnio, J. 1998. Profitability of ditch-network maintenance on some oligotrophic pine mires. *Mires and Peat (Suo)*. 49: 87-99. (In Finnish with English abstract).
- Kløve, B. 1997. Environmental impact of peat mining, development of storm water treatment methods. PhD thesis, Lund University, 159 pp.
- Lamb, H.H.1995. *Climate, history and the modern world*. 2nd edition.
- Nesje, A. & Kvamme, M. 1991. Holocene glacier and climate variations in western Norway: Evidence for early Holocene glacier demise and multiple Neoglacial events. *Geology* 19:610-612.
- Rinde, T. 1998. A flexible hydrological modelling system developed using an object-oriented methodology. Ph.D. Thesis, The Norwegian University of Science and Technology, Trondheim.
- Saarinen, M. Silver, T. & Joensuu, S. 1998. Ditch dimensioning in ditch-network-maintenance areas. A literature review. *Mires and Peat (Suo)*. 49: 75-85. (In Finnish with English abstract).
- Sirin, A. Vompersky, S. & Nazarov, N. 1991. Influence of forest drainage on runoff: Main concepts and examples from central part of the USSR European territory. *Ambio*. 20: 334-339.
- Tallaksen, L.M., Schunselaar, S. and van Veen, R. 1996. Comparative model estimates of interception loss in a coniferous forest stand. *Nordic Hydrology*, 27(3):143-160.
- Thorarinsson, S. 1956. The thousand years of struggle against ice and fire. Misc. papers no. 14, Dept. of Geology and Geography, Museum of Natural History, Reykjavik.
- Treter, U. 1984. *Die Baumgrenzen Skandinaviens. Ökologische und dendroklimatische Untersuchungen*. Franz Steiner Verlag Wiesbaden. GmbH.111 pp.
- Vestheim, Ø. 1998. Fløting gjennom århundrer. Fløtingas historie i Glomma- og Mjøsvassdraget. Norsk Skogbruksmuseum, 2400 Elverum. 221 s.
- Aas, B. & T. Faarlund.1988. Postglasiale skoggrensener i sentrale sørnorske fjelltrakter. 14C-datering av subfossile furu- og bjørkerester. (Postglacial forest limits in central south Norwegian mountains. Radiocarbon datings of subfossil pine and birch specimens) *Norsk geogr. Tidsskr.* 42:25-61
- Aas, B. 1969. Climatically raised birch lines in south-eastern Norway 1918-1968. *Norsk geogr. Tidsskr.* 23: 119-130.

Tidligere utgitt i HYDRA-serien

Flomdemping, flomvern og flomhandtering (F)

- F02 Estimating the mean areal snow water equivalent from satellite images and snow pillows.
Thomas Skaugen, NVE.
- F03 Modellstudie av reguleringsens flomdempende effekt i Gudbrandsdalslågen.
Magne Wathne og Knut Alfredsen, SINTEF.
- F04 Effekt av vassdragsreguleringer i Glomma og Lågen på stor flom.
Jens Kristian Tingvold, Glommens og Laagens Brukseierforening (GLB).

Miljøvirkninger av flom og flomforebyggende tiltak (Mi)

- Mi01 Miljøkonsekvenser av flom - flom og vannkvalitet.
Bjørn Faafeng, Espen Lydersen, Gøsta Kjellberg, Vilhelm Bjerknes, NIVA.
- Mi02 Virkning av flom på vannlevende organismer.
Åge Brabrand, John E. Brittain, Ketil Sand, Per Aass, UiO
Gunnar Halvorsen, Kjetil Hindar, Arne Jensen, Bjørn Ove Johnsen, NINA
Jo Vegar Arnekleiv, Dag Dolmen, NTNU
Bjørn Rørslett, NIVA
Jan Henning L'Abée-Lund, NVE.
- Mi03 Miljøeffekter av flomforebyggende tiltak - en litteraturstudie.
Torbjørn Østdahl, Trond Taugbøl og Børre Dervo, Østlandsforskning.
- Mi04 Miljøtilpasninger ved eksisterende og nye flomsikringstiltak - en litteraturstudie.
Torbjørn Østdahl og Trond Taugbøl, Østlandsforskning.

Naturgrunnlag og arealbruk (N)

- N01 Naturlige magasineringsområder.
Bjørn Follestad, Norges geologiske undersøkelse
Noralf Rye, Geologisk institutt, UiB.
- N02 Naturgrunnlag og arealbruk i Glommas nedbørfelt.
Arne Grønlund, Jordforsk.

- N03 Endringer i landbrukets arealbruk i Glommas nedbørfelt.
Arne Grønlund, Arnor Njøs og Bjørn Kløve, Jordforsk.

Tettsteder (T)

- T01 Betydningen av lokal-/total overvannsdiskonering (LOD/TOD) på flommer.
Svein Endresen, Siv.ing. Svein Endresen AS.
- T03 Lokal og total overvannsdiskonering (LOD/TOD) - Beskrivelser av anlegg, erfaringer mm.
Svein Endresen, Siv.ing. Svein Endresen AS.
- T04 Skadereduserende kommunaltekniske tiltak med tanke på flom.
Svein Endresen, Siv.ing. Svein Endresen AS og Oddvar Lindholm, NLH.

Vedlegg

Vedlegg 1: Funksjoner for beregning av skogparametre

Beregning av overhøyde ut fra volum per ha (brukt for eldste data):

Høy bonitet	$HO=8.416540+0.076589*VUPRHA-0.000095159*VUPRHA^2$
Middels bonitet	$HO=9.764838+0.067535*VUPRHA-0.000090347*VUPRHA^2$
Lav bonitet	$HO=10.535277+0.056626*VUPRHA-0.000080076*VUPRHA^2$

HO=overhøyde i m

VUPRHA=volum uten bark i m³ per ha

Beregning av middelhøyde som funksjon av overhøyde:

Høy og middels bonitet	$MH=0.00413*HO^2+0.8822*HO-1.573$
Lav bonitet	$MH=0.00266*HO^2+0.9297*HO-1.111$

MH=middelhøyde i m

HO=overhøyde i m

Beregning av grunnflate ut fra volum per ha (brukt for eldste data):

Høy bonitet:	$G=12.648458+0.080741*VUPRHA-0.000085535*VUPRHA^2$
Middels bonitet:	$G=6.885102+0.141683*VUPRHA-0.000179*VUPRHA^2$
Lav bonitet:	$G=4.377573+0.166735*VUPRHA-0.000285*VUPRHA^2$

G=grunnflate i m² per ha

VUPRHA=volum uten bark i m³ per ha

Beregning av bladarealindeks:

Hogstklasse II:	Høy bonitet:	$LAI=0.348811*MH-0.013815$
	Middels bonitet:	$LAI=0.335677*MH-0.000246$
	Lav bonitet:	$LAI=0.328564*MH-0.002383$
Hogstklasse III:	Høy bonitet:	$LAI=0.228791*G+0.496033$
	Middels bonitet:	$LAI=0.216544*G+0.512370$
	Lav bonitet:	$LAI=0.228416*G+0.232602$
Hogstklasse IV:	Høy bonitet:	$LAI=0.250947*G+0.204598$
	Middels bonitet:	$LAI=0.256216*G-0.115573$
	Lav bonitet:	$LAI=0.207382*G+0.501563$
Hogstklasse V:	Høy bonitet:	$LAI=0.248275*G+0.199589$
	Middels bonitet:	$LAI=0.257085*G-0.335255$
	Lav bonitet:	$LAI=0.227853*G+0.213704$
Hogstklasse III-V:	Høy bonitet:	$LAI=0.243737*G+0.262616$
	Middels bonitet:	$LAI=0.243477*G+0.067787$
	Lav bonitet:	$LAI=0.221806*G+0.308468$

LAI=bladarealindeks
 MH=middel høyde i m
 G=grunnflate i m² per ha

Beregning av kronedekningsprosent:

Hogstklasse II	$KRDEKN=0.08072*MH^{0.8278}*TREANT^{*0.5834}$
Hogstklasse III-V	$KRDEKN=23.9372*VUPRHA^{0.6523}*HO^{(-0.8697)}$

KRDEKN=kronedekningsprosent
 MH=middel høyde i dm
 TREANT=treantall pr. daa
 VUPRHA=volum uten bark i m³ per ha
 HO=over høyde i m

Beregning av kronedekning ut fra volum per ha (brukt for eldste data):

Høy bonitet:	$KRDEKN=62.963127+0.102046*VUPRHA-0.000171*VUPRHA^2$
Middels bonitet:	$KRDEKN=35.980247+0.205210*VUPRHA-0.000250*VUPRHA^2$
Lav bonitet:	$KRDEKN=22.628106+0.310853*VUPRHA-0.000422*VUPRHA^2$

KRDEKN=kronedekningsprosent
 VUPRHA=volum uten bark i m³ per ha

Vedlegg 2: Utviklingen av skogtilstand fra 1920 til 1990

Fordeling av skogareal på hogstklasser, %:

Fylke	Bonitet	1960					1970					1980					1990				
		I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Hele feltet	Alle klasser	12	13	15	39	21	6	30	14	26	23	8	27	18	23	24	5	24	21	22	27
	Høg	7	14	21	43	14	5	26	23	26	20	7	24	31	22	16	7	23	35	20	15
	Middels	15	17	15	38	15	6	38	13	24	18	7	32	20	20	21	5	29	23	19	24
	Låg	13	8	11	38	30	8	26	9	27	30	9	21	10	27	33	5	18	8	27	42
Østfold	Høg	7	11	27	44	11	4	20	26	31	19	3	28	19	29	20	7	25	30	22	16
	Middels	16	8	18	41	16	3	35	12	29	21	4	35	16	25	20	3	29	20	22	26
	Låg	9	5	14	45	27	2	28	7	32	31	2	19	8	29	42	2	19	6	31	43
Akershus	Høg	6	12	26	44	13	5	25	22	28	19	11	22	27	22	18	7	23	30	25	15
	Middels	17	13	15	41	14	7	40	10	23	20	12	36	14	18	20	5	33	23	20	19
	Låg	12	7	17	41	23	6	29	10	26	29	10	17	12	31	31	3	22	8	31	36
Hedmark	Høg	8	14	20	43	16	5	27	24	23	21	6	26	32	21	16	8	23	43	15	12
	Middels	16	18	16	36	14	7	41	14	21	18	7	34	20	19	21	5	28	26	17	24
	Låg	15	9	13	35	28	9	30	9	23	30	11	23	10	26	29	5	19	10	27	38
Oppland	Høg	6	20	16	43	15	5	27	21	27	19	5	20	42	19	13	4	23	37	19	17
	Middels	9	19	11	42	19	6	32	15	27	19	7	25	23	24	21	5	26	20	19	29
	Låg	11	8	6	39	36	8	18	12	32	30	8	18	11	26	38	6	15	8	22	49

Middelhøyde, m:

Fylke	Bonitet	1920	1960	1970	1980	1990
Hele feltet	Alle klasser	10,2	11,5	10,2	10,6	10,9
	Høg	11,7	14,0	13,0	12,6	12,5
	Middels	10,8	11,5	9,8	10,3	10,5
	Låg	10,6	10,3	9,0	9,9	10,4
Østfold	Høg	11,0	13,6	14,3	13,3	12,7
	Middels	10,5	11,8	10,4	10,3	10,9
	Låg	10,5	9,81	9,0	10,3	10,6
Akershus	Høg	12,7	14,2	13,4	13,4	13,0
	Middels	11,2	11,9	9,9	12,4	10,3
	Låg	10,9	10,4	9,4	10,7	10,5
Hedmark	Høg	11,4	14,2	12,6	12,4	11,8
	Middels	10,4	11,3	9,4	10,0	10,4
	Låg	10,2	10,3	8,5	9,3	9,9
Oppland	Høg	13,2	13,5	12,7	11,6	12,8
	Middels	11,6	11,5	10,5	10,9	10,8
	Låg	11,0	10,5	9,8	10,6	10,9

Bladarealindeks:

Fylke	Bonitet	1920	1960	1970	1980	1990
Hele feltet	Alle klasser	3,2	3,2	2,6	2,9	3,0
	Høg	4,8	4,6	3,7	3,9	3,6
	Middels	3,5	3,2	2,5	2,8	3,0
	Låg	2,3	2,4	2,1	2,4	2,6
Østfold	Høg	4,7	4,8	4,0	4,0	3,6
	Middels	3,4	3,4	2,7	2,9	3,1
	Låg	2,2	2,6	2,4	2,9	2,9
Akershus	Høg	5,1	4,4	3,6	3,9	3,8
	Middels	3,7	3,1	2,5	2,6	2,9
	Låg	2,5	2,6	2,3	2,6	2,8
Hedmark	Høg	4,7	4,8	3,6	3,8	3,5
	Middels	3,3	3,1	2,4	2,7	3,0
	Låg	2,1	2,2	1,9	2,1	2,3
Oppland	Høg	5,2	4,2	3,6	3,8	3,8
	Middels	3,9	3,3	2,7	3,1	3,2
	Låg	2,6	2,7	2,4	2,8	2,9

Kronedekning, %:

Fylke	Bonitet	1920	1960	1970	1980	1990
Hele feltet	Alle klasser	44	34	37	39	40
	Høg	70	44	49	48	48
	Middels	46	33	38	40	41
	Låg	32	29	30	32	34
Østfold	Høg	69	42	50	50	50
	Middels	46	32	42	41	46
	Låg	31	34	35	37	41
Akershus	Høg	71	44	48	49	48
	Middels	48	32	41	38	43
	Låg	33	31	34	34	38
Hedmark	Høg	70	45	49	49	47
	Middels	45	32	37	39	39
	Låg	30	26	28	28	29
Oppland	Høg	72	43	49	47	49
	Middels	49	36	40	42	39
	Låg	34	33	33	36	35

Kontaktpersoner

- formann i styringsgruppen:** Ola Skauge
Tlf. 73 58 05 00
E-post: ola.skauge@dirnat.no
- programleder:** Arnor Njøs
Jordforsk
Tlf. 64 94 81 70 (Jordforsk)
Tlf. 22 95 90 98 (NVE)
E-post: arnor.njos@jordforsk.nlh.no
E-post: xarn@nve.no.
- naturgrunnlag og arealbruk:** Arne Grønlund
Jordforsk
Tlf. 64 94 81 09
E-post: arne.gronlund@jordforsk.nlh.no
- Noralf Rye
Universitetet i Bergen
Tlf. 55 58 34 98
E-post: noralf.rye@geol.uib.no
- tettsteder:** Oddvar Lindholm
Norges Landbrukshøgskole
Tlf. 64 94 87 08
E-post: oddvar.lindholm@itf.nlh.no
- flomdemping, flomvern og flomhandtering:** Dan Lundquist
Glommens og Laagens
Brukseierforening
Tlf. 22 54 96 00
E-post: post@glb.no
E-post: danlund@sn.no
- skaderisikoanalyse:** Nils Roar Sælthun
Norsk institutt for vannforskning
Tlf. 22 18 51 21
E-post: nils.saelthun@niva.no
- miljøvirkninger av flom og flomforebyggende tiltak:** Ollianne Eikenæs
Norges vassdrags- og energidirektorat
Tlf. 22 95 92 24
E-post: oli@nve.no
- databaser og GIS:** Lars Andreas Roald
Norges vassdrags- og energidirektorat
Tlf. 22 95 92 40
E-post: lars.roald@nve.no
- modellarbeid:** Ånund Killingtveit
Norges teknisk-naturvitenskaplige universitet
Tlf. 73 59 47 47
E-post: aanund.killingtveit@bygg.ntnu.no
- programadministrasjon:** Ollianne Eikenæs
Norges vassdrags- og energidirektorat
Tlf. 22 95 92 24
E-post: oli@nve.no
Hjemmeside: <http://www.nve.no>
- Per Einar Faugli
Norges vassdrags- og energidirektorat
Tlf. 22 95 90 85
E-post: pef@nve.no



**Norges
vassdrags- og
energidirektorat**

Kontoradresse: Middelthuns gt. 29
Postadresse: Postboks 5091 Maj. 0301 Oslo