Knut Alfredsen
SINTEF
Ånund Killingtveit
NTNU

Vassdragsmodell HYDRA - tilpassing til Glommavassdraget

NOTAT
Nr. 3
2000

HYDRA

-ET FORSKNINGSPROGRAM OM FLOM

HYDRA - et forskningsprogram om flom

HYDRA er et forskningsprogram om flom initiert av Norges vassdrags- og energiverk (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
- Tettsteder
- Flomdemping, flomvern og flomhandtering
- Skaderisikoanalyse
- Miljøvirkninger av flom og flomforebyggende tiltak
- 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 Landbrukshøgskole (NLH), Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU), Norges vassdrags- og energiverk (NVE), Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (NIJOS), Norsk institutt for vannforskning (NIVA), SINTEF, Stiftelsen for Naturforskning og Kulturminneforskning (NINA/NIKU), Norsk Regnesentral (NR), Direktoratet for naturforvaltning (DN), Østlandsforskning (ØF) og universitetene i Oslo og Bergen.

HYDRA - a research programme on floods

HYDRA is a research programme on floods initiated by the Norwegian Water Resources and Energy Administration (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 hypotesis 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
- Urban areas
- Databases and GIS
- Risk analysis
- Flood reduction, flood protection and flood management
- 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 and Energy Administration (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), Norwegian Computing Center (NR), Directorate for Nature Management (DN), Eastern Norway Research Institute (ØF) and the Universities of Oslo and Bergen.

1. Innleiing

Vassdragsmodell HYDRA bygger på rammeverket som er presentert i Alfredsen (1999). Området som vassdragsmodellen skal dekke er vist i figur 1. Generelt kan oppbygginga av ein vassdragsmodell basert på rammeverket delast inn i fire fasar:

1. Identifikasjon av komponentar (objekt) i vassdraget. Denne prosessen er styrt av føremålet med simuleringa og hydrauliske og hydrologiske omsyn. I oppbygginga av Glomma modellen er det simulering av flomtilhøve som er oppgåva og dette vil prege valet av objekt.
2. Datainnsamling for alle objekta. Kravet til type og mengde av data for kvart objekt er styrt av ønska detaljeringsgrad i simuleringa. I mange tilfelle vil tilgangen på data avgrense bruken av spesifikke simulerings metodar, i slike tilfelle må enten meir data samlast inn eller enklare metodar må veljast. Denne fasa omfattar og naudsynt data prosessering for å legge data tilrette på eit format som modellen kan bruke.
3. Val av simuleringsmetode for kvart enkelt objekt.
4. Data og metodar må koplast til objekta for å danne eit berekningselement. Dette elementet vert så sett inn i vassdragstopologien.

HYDRA modellen skal bruke ein kombinasjon av eksterne og interne metodar for simulering. Det er difor gjort ei grovinndeling av vassdraget først for å skilje dei områda som vert simulert ved hjelp av rammeverket og dei områda som vert simulert med eksterne metodar.

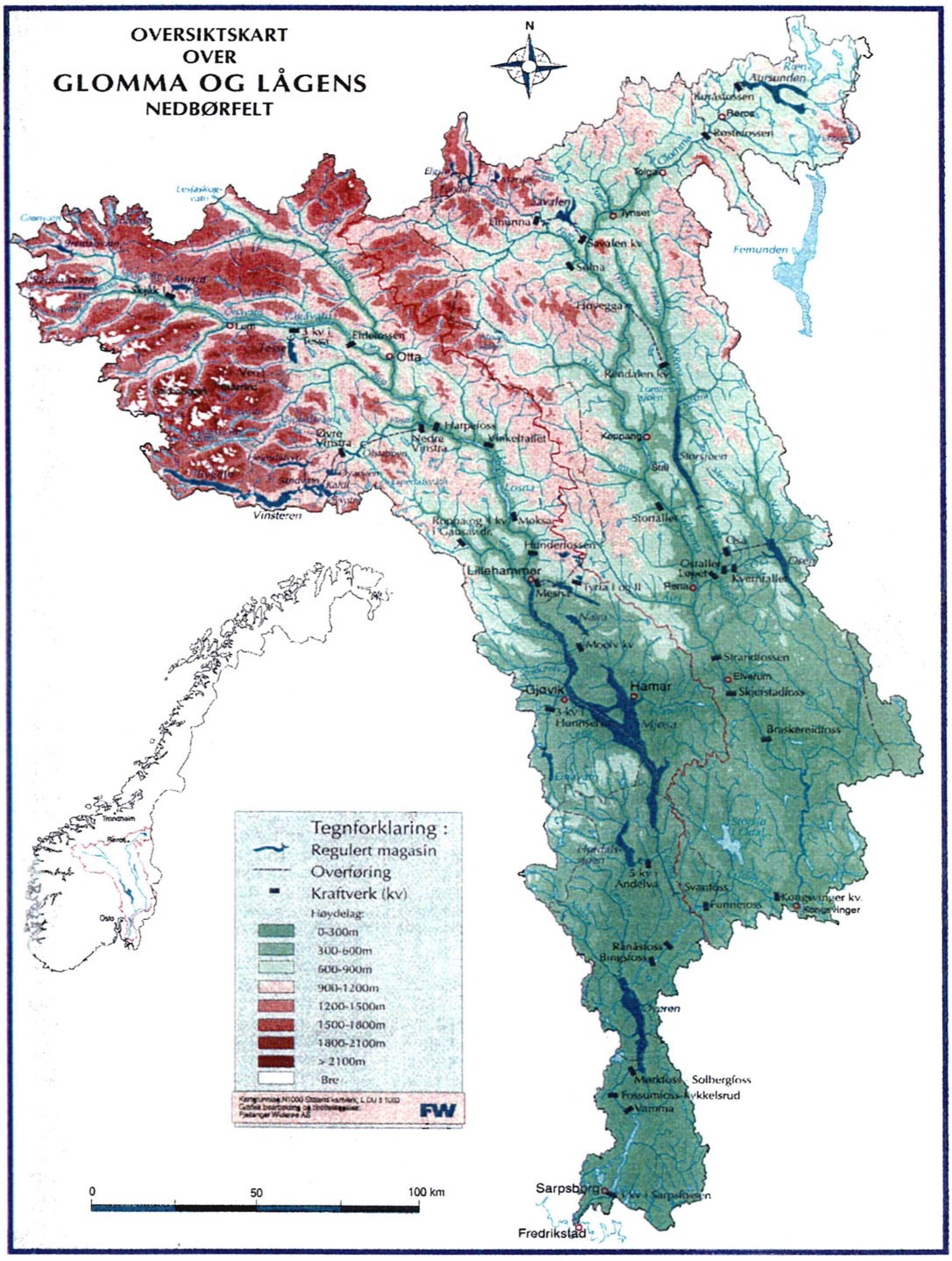
2. Inndeling av vassdraget

2.1 Grovinndeling

Vassdraget er delt inn i fire hovudområder. Desse er:

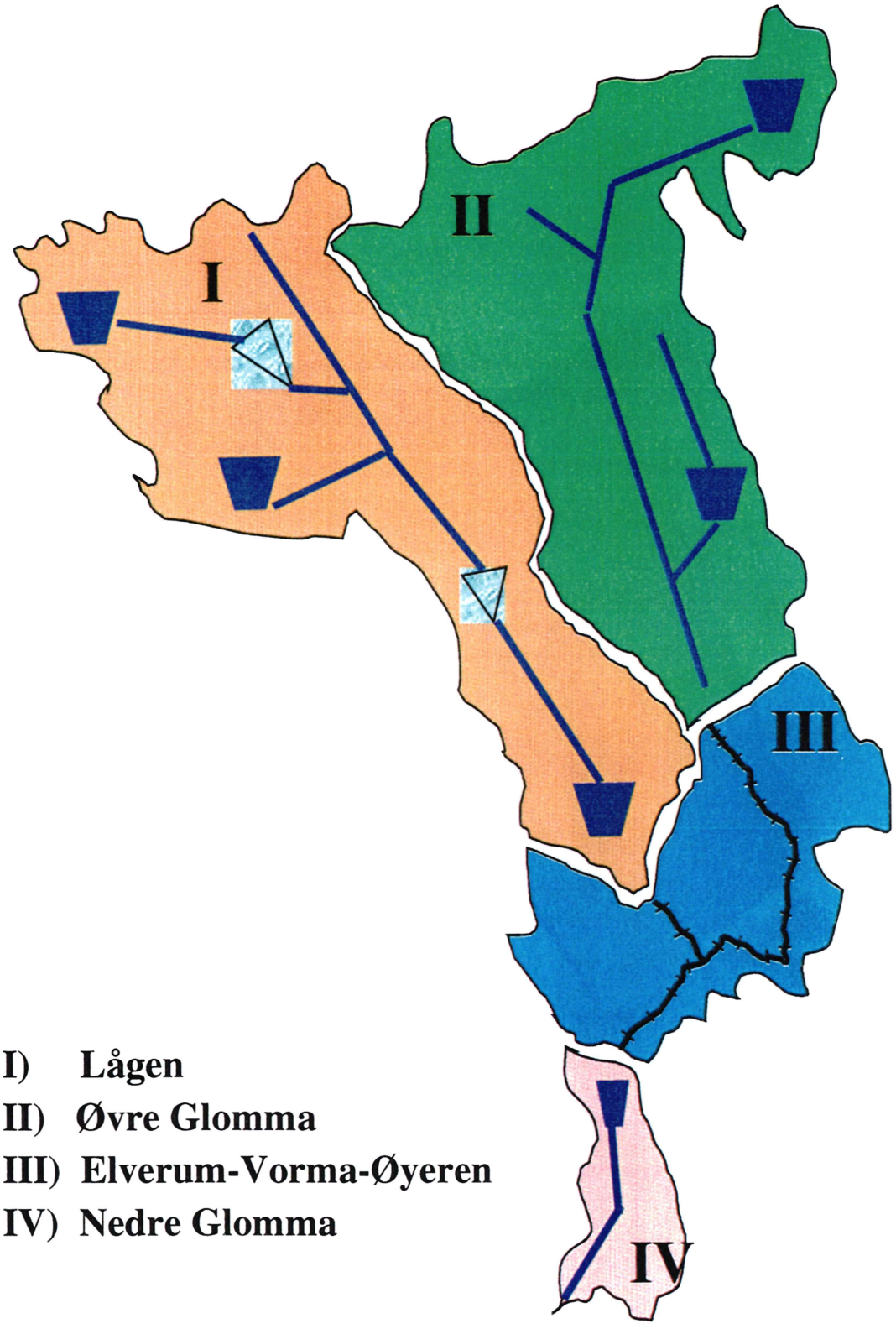
1. Lågen med Mjøsa
2. Glomma oppstraums Elverum
3. Strekninga Elverum til Øyeren med Vorma
4. Øyeren til Sarpsborg

Inndelinga er vist på figur 2. Hovudgrunnen til denne inndelinga er bruken av MIKE11 på strekninga Elverum til Øyeren. Slik dette programmet køyrer i dag vil ein først simulere dei to oppstraums delane, data frå desse vert inngangsdata for ei simulering med MIKE11. Til sist vert data frå MIKE11 brukt som inngangsdata for å simulere strekninga frå Øyeren til utløpet ved Sarpsborg.



Figur 1 Nedslagsfeltet til Glomma

1.1



Figur 2 Grovinndeling av vassdragsmodell HYDRA.

2.2 Lågen

Inndelinga av Lågen er den same som vart brukt i prosjektet "Effekten av regulering på flomdempning i Gudbrandsdalslågen" (Wathne og Alfredsen 1998). Ei oppsummering av komponentane følgjer her, ei ytterlegare skildring av inndelinga finst i Wathne og Alfredsen (1998) og Alfredsen (1999).

Lågen har ei stor sideelv i Otta og nokre mindre som Sjoa og Gausa. Sidan Otta er regulert så er den delt inn i objekt, medan alle andre sideelver med unntak av Vinstra er handtert som tilsigsfelt. Vinstra er regulert og er difor inndelt i komponentar som skildrar reguleringssystemet. Til skilnad frå det som er rapportert av Wathne og Alfredsen, så er Lågen oppstraums Sel no delt i to for å handtere flomverket ved Lesjaleirene.
Eit naturleg utgangspunkt for inndelinga i objekt er å sjå på reguleringsmagasin og sjøar. Dei som er identifiserte og brukte i Lågen er vist i tabell 1

Tabell 1 Magasin (R) og naturlege sjøar (L) i Lågen med lokale tilsigsfelt

Namn	Type	HRV (moh)	LRV (moh)	Kapasitet (mill. m^3)	Lokalfelt	Areal (m^2)	F (l/skm^2)
Breidalsvatn	R	908.00	895.00	70.0	002.DHL	126.97	46.59
Raudalsvatn	R	916.30	886.00	166.0	002.DHFB	146.74	46.91
Aursjøen	R	1097.50	1085.00	60.0	002.DHCC	104.68	18.11
Vågåvatn	L	-	-	-	002.DHB	392.74	27.06
Tesse	R	853.90	841.50	130.0	002.DHB2C	85.12	16.46
Bygdin	R	1057.40	1048.50	336.0	002.DFJ	305.98	42.60
Vinsteren	R	1031.50	1027.50	102.0	002.DFG	159.69	26.07
Kaldfjorden	R	1019.00	1013.00	76.0	002.DFE	105.28	20.84
Heimdalsvatn	R	1052.20	1050.00	15.0	002.DFBE	129.93	27.42
Øyangen	R	998.00	996.00	8.0	002.DFCB	44.07	20.86
Olstappen	R	668.00	655.00	31.0	002.DFB5	558.49	18.32
Losna	L	-	-	-	002.DE5	953.32	14.79
Mjøsa	R	122.94	119.30	1312.0	002.DC	3809.04	11.56

Sjølv om ikkje kraftverka er i bruk som eigne komponentar i flomsimuleringa så er det naturleg å representere dei som eigne objekt. Desse vil då ikkje ha ein funksjon i simuleringa, men fungere meir som ein komponent i den logiske oppbygginga. Kraftverka i Lågen er vist i tabell 2.

Tabell 2 Kraftverk i Lågen

Namn	Fallhøgde (m)	Slukeevne (m^3/s)	Installert effekt (MW)
Skjåk 1	684.8	6.0	33.0
Tesse	309.8	11.0	46.0
Eidefoss	16.0	6.0	33.0
Øvre Vinstra	329.8	49.0	140.0
Nedre Vinstra	446.0	84.0	310.0
Harpefoss	34.5	320.0	90.0
Hunderfossen	46.7	320.0	112.0

Den siste delen av oppbygginga vert då å knytte saman sjøane, magasina og kraftverka med elvestrekningar og tunnelar (tabell 3), samt å kople til dei delane av systemet som er representert som tilsigsfelt (tabell 4). I tillegg kjem lokale tilsigsfelt til alle

elvestrekningar, sjøar og magasin som er representert i modellen (desse er vist for elvestrekningane i tabell 3).

Tabell 3 Tunnelar og elvestrekningar med lokale tilsigsfelt i Lågen.

Strekning	Lokalfelt V.Reg Kode	Areal km^2	spesifikk avrenning $l/s*km^2$	Kommentar
Raudalsvatn – Pollfoss	-	-	-	Inkludert i 002.DHD
Breidalsvatn – Pollfoss	002.DHG1	568.05	36.92	
Pollfoss – Vågåvatn	002.DHD	940.65	27.06	
Aura	002.DHCA	25.37	15.25	Frå Aursjøen
Eidefoss – Otta	002.DHA	69.12	12.25	
Lesja-Sel	-	1177.4	16.54	
Sel – Otta	002.DJ1	265.25	20.14	
Otta – Sjoa	002.DH	56.61	13.88	Samløp Sjoa
Sjoa – Vinstra	002.DG1	232.07	16.07	Samløp Vinstra
Vinstra – N.Vinstra	002.DF73	56.58	13.81	Utløp kraftstasjon
N.Vinstra – Harpefoss	-	-	-	Inkludert i Harpefoss
Harpefoss – Losna	002.DF3	619.92	14.87	
Losna – Hunderfossen	002.DE3	99.73	11.57	
Hunderfossen – Mjøsa	002.DE	65.92	13.10	
Vinstra	002.DFA	289.21	16.31	Frå Olstappen
Heimdalsvatn-Kaldfjorden	-	-	-	Overføringstunnel
Kaldfjorden-Øyangen	-	-	-	Overføringstunnel
Øvre_Vinstra	-	-	-	Kraftverkstunnel
Nedre_Vinstra	-	-	-	Kraftverkstunnel
Tunnel_Tesse	-	-	-	Kraftverkstunnel
Tunnel_Aursjøen	-	-	-	Kraftverkstunnel

Tabell 4 Sideelver i Lågen representert som nedslagsfelt.

V. Reg kode	Namn	Areal (km^2)	Spesifikk avrenning ($l/s/km^2$)
002.DD5A	Mesna	251.27	19.62
002.DDA	Gausa	944.70	14.75
002.DE3A	Moksa	94.17	17.51
002.DGA	Sjoa	1529.61	25.32
002.DHAA	Finna	463.61	16.90
002.DHBA	Bøvra	838.64	29.97
002.DJ3	Lesja	653.61	22.35

Komponentane er kopla saman i eit nettverk som definerer korleis vatn vert transportert i systemet. Dette er vist på figur 3.

2.3 Øvre Glomma

Identifisering av objekt og oppbygging av modell for øvre Glomma vart gjort som eit diplomprosjekt ved Institutt for Vassbygging (Montecchio, 1998).

Ingen naturlege sjøar vart identifisert som objekt i Øvre Glomma, sjøen ved Stai er handsama som ei elvestrekning. Totalt vart sju reguleringsmagasin inkludert i modellen (Tabell 5). Som for Lågen er fleire kraftverk lagt inn utan at dei har nokon direkte funksjon i simuleringa (Tabell 6). I Glomma er der ein serie med elvekraftverk som har observasjonar av vassføring. Desse er brukte ved kalibreringa og testinga av modellen.

Tabell 5 Reguleringsmagasin i øvre Glomma

Name	HRV (m.o.h.)	LRV (m.o.h.)	Kapasitet (mill m^3)	Lokalfelt V.Reg.	Areal (m^2)	F (l/skm^2)
Aursunden	691.1	658.2	179.70	002.S	849.05	24.05
Elgsjø	1132.39	1127.04	11.10	002.MBDB	33.58	20.14
Fundin	1021.25	1010.25	63.90	002.MBD	219.32	18.56
Marsjø	1063.75	1059.75	9.90	002.MBBB	24.29	15.85
Savalen	707.20	702.50	61.60	002.N	195.95	10.57
Storsjøen	251.64	248.00	192.10	002.JD	1092.19	17.10
Osen	437.50	430.90	265.90	002.JBB	1178.40	17.73

Tabell 6 Kraftverk i øvre Glomma

Namn	Fallhøgde (m)	Slukeevne (m3/s)	Installert effekt (MW)
Kuråsfoss	47.77	25.50	10.00
Røstefossen	8.80	59.00	4.60
Einunna	124.73	10.00	9.60
Savalen	231.03	32.00	57.00
Rendalen	210.40	55.00	92.00
Osa	198.60	52.00	90.00
Kvernfallet	18.00	7.00	0.90
Osfallet	41.80	17.00	5.50
Løpet	19.30	150.00	24.30
Strandfossen	13.50	235.00	22.50

Ein serie med elvestrekningar og tunnelar koplar saman magasina og kraftverka. Kvar elvestrekning har eit lokalt tilsigsfelt (tabell 7)

Tabell 7 Tunnelar og elvestrekningar med lokale tilsigsfelt i øvre Glomma

Strekning	Lokalfelt V.Reg. Kode	Lokalfelt Areal m^2	Lokalfelt Spesifikk Avrenning $l/s*km^2$	Kommentar
Aursunden - Håelva	002.R	194.18	13.91	Til samløp Håelva
Håelva – Røstefossen	002.Q122	94.62	12.12	
Røstefossen – Tynset	002.P	1154.74	14.48	Til samløp Tunna
Tynset – SavalenKR	002.N3	169.77	11.08	Utløp Savalen Kr.verk
SavalenKRV – Folla	002.N	195.95	10.57	
Folla – Høyegga	002.M7	536.10	14.37	Overføring til Rendalen
Høyegga – Rendalen	-	-	-	Tunnel
Høyegga – Atna	002.M	494.37	14.97	
Atna – Stai	002.L	565.27	14.42	Samløp Imsa
Stai – Rena	002.J	604.89	20.25	
Rena – Strandfossen	002.H71	302.63	14.17	
Rendalen – Storsjøen	002.JES	175.23	14.30	
Storsjøen – Osa	002.JC3	171.87	14.48	
Osen – Kvernfallet	002.JBA5	103.23	15.76	
Osen – Osa	-	-	-	Tunnel til Osa Kr.verk.
Einnunna	002.MBB3	211.54	13.62	Til inntak kr.verk
Einunna – Savalen	-	-	13.91	Einunna Kr.v. til Savalen
Savalen – SavalenKR	-	-	-	Til Savalen kr.verk

Dei sideelvene som er lagt inn som tilsigsfelt er vist i tabell 8.

Tabell 8 Sideelver i øvre Glomma representert som tilsigsfelt

Namn	V.Reg. Kode	Areal (km^2)
Håelva	002.QA	595.61
Tunna	002.NA	663.32
Folla	002.MB	1644.03
Atna	002.LA	1317.81
Imsa	002.KA	502.46
Åsta	002.HA	661.11
Julussa	002.JAA	311.26

Figur 3 viser ei skisse av modellen av øvre Glomma

2.4 Elverum – Øyeren – Vorma

Strekninga mellom Elverum og Øyeren med Storsjøen og Vorma er modellert med modellen MIKE11 og er ikkje vidare omtalt her. For meir informasjon om dette visast til eigne rapportar (Haddeland og Høydal, 1999; Haddeland and Krokli, 1999). MIKE11 er inkludert i totalmodellen som ei metode i samleobjektet **FloodPlain** og kommunikasjon vert gjort gjennom bruk av OLE-Automation (Alfredsen, 1999b).

2.5 Nedre Glomma

Nedre Glomma omfattar Øyeren og elvestrekninga frå Øyeren til havet. Også her er ein del elvekraftverk inkludert i modellen med tanke på kalibrering og kontroll av simulert

vassføring. Tabell 9 viser data for elvestrekningane med lokalfelt, tabell 10 viser data for kraftverk som er inkluderte i modellen og tabell 11 viser tilsigsfelt til modellen for nedre Glomma.

Tabell 9 Elvestrekningar med lokale tilsigsfelt i modellen av nedre Glomma

Strekning	Lokalfelt V.Reg. Kode	Lokalfelt Areal m^2	Lokalfelt Spesifikk Avrenning $l/s*km^2$	Kommentar
Solbergfoss-Kykkelsrud	002.B5	111.49	14.0	
Kykkelsrud-Vamma	002.B3	48.07	14.0	
Vamma-Sarpsborg	-	-	-	
Sarpsborg-Sjø	-	-	-	Utløp i havet

Tabell 10 Kraftverk i nedre Glomma

Namn	Fallhøgde (m)	Slukeevne (m3/s)	Installert effekt (MW)
Solbergfoss	20.76	1200	215
Kykkelsrud	17.75	135	22
Vamma	28.85	950	217
Sarpsborg (total)	20.76	960	158

Tabell 11 Tilsigsfelt for nedre Glomma

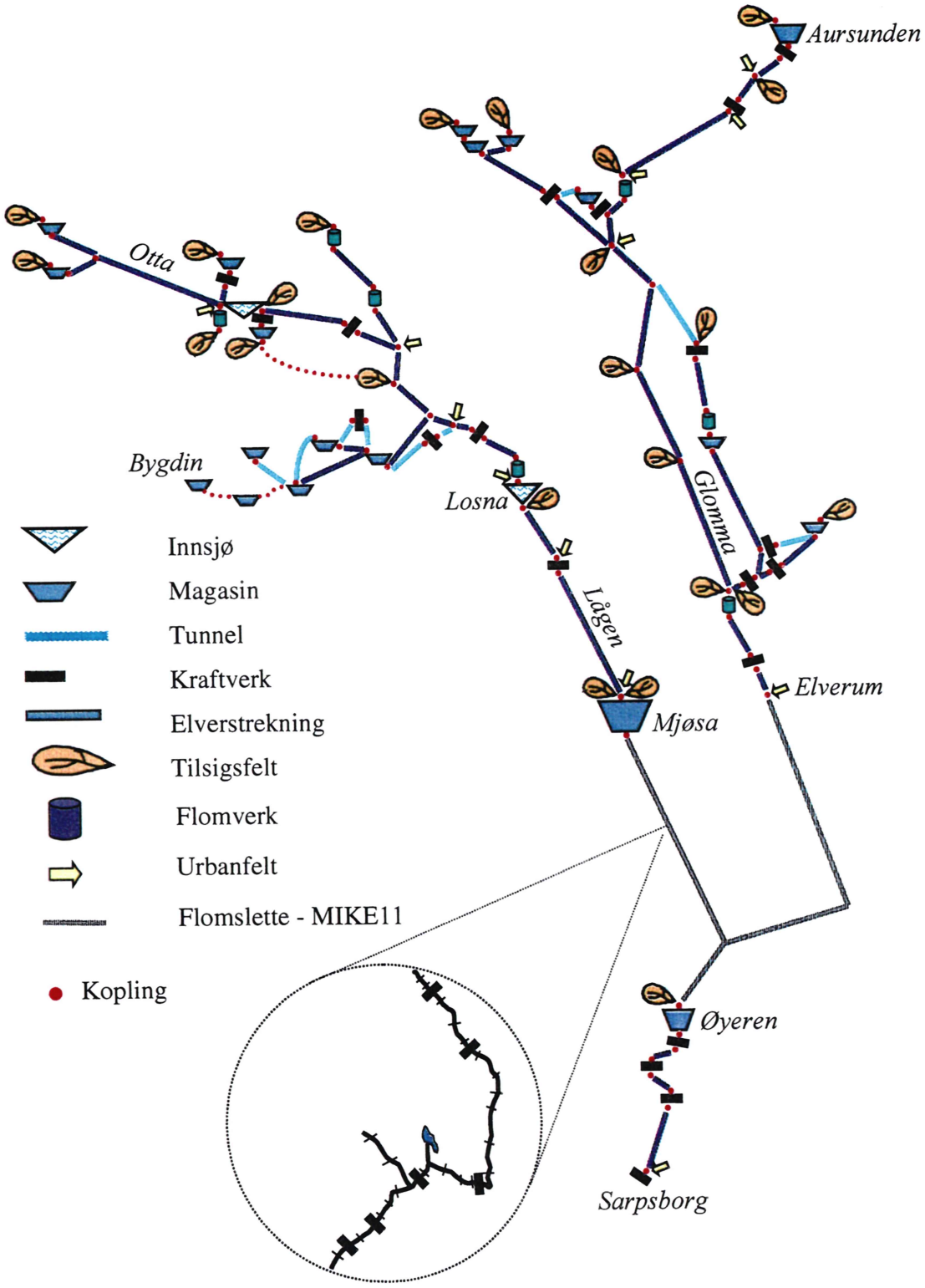
Namn	V.Reg. Kode	Areal (km^2)
Leira	002.CB	485.43
Nitelva	002.CA	697.05
Tilsig Øyeren	002.B7	683.95
Lekum	002.B1	344.68
Rakkestadelva	002.AA	468.19
Tilsig Sarpsborg	002.A51	374.21

Figur 3 viser ei systemskisse for nedre Glomma

3. Metoder for simulering av prosessar i magasin og elver

3.1 Routing i magasin

Magasin routing i alle magasin er gjort ved hjelp av ei stegvis løysing av kontinuitetslikninga for magasinet gjennom bruk av ei sokalla "level pool" routing metode. Metoda er utvida til å ta ei variabel tapping frå magasinet i tillegg til overløp. Denne tappinga er i HYDRA simuleringane gitt som ein tidsserie av observerte veridar for alle magasin. Level-Pool løysinga krev ein funksjon som viser samanheng mellom lagra vatn og utstrøyming frå magasinet. Dette må takast omsyn til i magasin med luker sidan denne funksjonen vil avhenge av lukestillinga.



Figur 3 Systemstruktur i vassdragsmodell HYDRA

3.2 Routing i elver

Med unntak av strekninga Elverum – Vorma - Øyeren som vert handtert dynamisk i MIKE11, er ulike variantar av Muskingum routing (Fread 1985) brukt på dei andre strekningane. Dei aller fleste vert simulert med ein spesiell variant av Muskingum med eit ledd for lateral innstrøyming. Nokre få andre strekningar er simulert med standard Muskingum (Alfredsen, 1999b).

4. Handtering av menneskelege inngrep

4.1 Verknader frå kraftverkssystemet

Simulering av verknader frå reguleringsmagasina på flomnivået er gjort ved å først køyre ei simulering med dagens kraftverkssystem for så deretter å fjerne alle magasin, overføringar og kraftverk. Magasinet kan enten førast tilbake til den naturlege sjøtilstanden der reguleringa vart gjort i ein eksisterande sjø, eller det kan erstattast med eit tilsigsfelt i dei tilfella der det var eit kunstig reguleringsmagasin. I dette tilfellet er alle magasina erstatta med sjøar. Avløpskarakteristikkane og magasinkurvene er tatt frå gamle observasjonar eller rekna ut med grunnlag i kart og teikningar av anlegga.

I Lågen oppstraums Mjøsa er det ni magasin som er omgjorde til naturlege sjøar (tabell 11). Kaldfjorden er rekna som ein sjø sjølv om dette magasinet vart danna ved å demme saman fleire mindre vatn. Det var lite data tilgjengeleg for naturtilstanden, så alle avløpskurver er funne gjennom å rekne dei som breikanta overløp. Data om nivå og lengde av terskelen er tatt frå teikningane. For detaljerte data om den utrekninga i Lågen, sjå Wathne og Alfredsen (1999).

Tabell 11 Sjøar i Lågen ved uregulert simulering

Sjø	Utløp (m.o.h.)	Sjø	Utløp (m.o.h.)	Sjø	Utløp (m.o.h.)
Aursjø	1093.0	Kaldfjorden	1010.0	Vinsteren	1023.0
Breidalsvatn	903.4	Olstappen	662.0	Øyangen	995.0
Bygdin	1055.5	Raudalsvatn	884.2		
Heimdalsvatn	1052.20	Tesse	851.4		

I øvre Glomma eksisterte det avløps- og magasinkurver for Aursunden, Storsjøen og Osensjøen i uregulert tilstand. For dei andre magasina vart desse rekna ut på ein tilsvarande måte som for Lågen. Dei uregulerte sjøane brukt i simuleringa i øvre Glomma er vist i tabell 12. Datagrunnlaget for utrekninga er tatt med i detalj i vedlegg 1.

Tabell 12 Sjøar i øvre Glomma ved uregulert simulering

Sjø	Utløp (m.o.h.)	Sjø	Utløp (m.o.h.)	Sjø	Utløp (m.o.h.)
Aursunden	689.00	Savalen	707.30	Marsjø	1059.75
Storsjøen	249.50	Fundin	1010.10		
Osensjøen	435.50	Elgsjø	1127.10		

4.2 Urbanfelt

Simulering av korleis urbanisering påverkar flomtilhøva er gjort med den hydrologiske modellen SINBAD (Killingtveit et al. 1994). Dagens tilstand er lagt inn for ein serie med urbane felt langs Glomma og Lågen, og denne simuleringa er samanlikna med ei simulering av feltet utan urbanisering (Milina, 1999). Dei felta som er brukt i simuleringa av effekter av urbanisering er vist i tabell 13.

Tabell 13 Urbanfelt

Felt	Areal (ha)	Felt	Areal (ha)	Felt	Areal (ha)
Alvdal	300	Brummundal	860	Eidsvoll	300
Elverum	1440	fåvang	200	Gjøvik	1844
Hamar	1100	Kirkenær	180	Kongsvinger	3000
Koppang	300	Lillehammer	2500	Lillestrøm	400
Lom	160	Minnesund	200	Moelv	400
Otta	366	Raufoss	530	Røros	400
Sarpsborg	616	Skarnes	50	Tolga	250
Tretten	100	Tynset	414	Vinstra	250
Årnes	250				

4.3 Flomverk

Modellen handterer flomverk på to ulike måtar. I seksjonen der MIKE11 er brukt vert flomverka bygd inn i denne (Haddeland og Høydal, 1999). Flomverka i øvre delar av vassdraget vert simulert som magasin med ein gitt utløpskarakteristikk og magasinkurve. Simulering av strekninga utan flomverk vert gjort ved å bytte ut dagens kurver med kurver som representerer naturtilstanden. I modellen er ein del mindre flomverk samla i større einingar (Berg og Strømmen, 1999). Flomverka som inngår i simuleringa er vist i tabell 14 (Strømmen, 1999). Data for kvart enkelt flomverk er tatt med i vedlegg 2.

Tabell 14 Flomverk i øvre Glomma og Lågen

Flomverk	Inkluderer
8072 Glomma ved Tynset	7118 Glomma ved Aumastryket, Alvdal 7100 Glomma ved Tronsmoen, Alvdal
6309 Rena ved Østamyrene	Rena ved Hornseth 1525 Rena ved Haugseth 1019 Rena ved Åkrestrømmen 4682/4819 Brya 5139 Tysla
7625 Glomma ved Hummelneset	5459 Galåa ved Bråthen 6388 Glomma ved Bremersenga 968 Kåsa-Alme 1330 Rustad, Elverum
6772 Lågen ved Lesjaleirene	-
6869 Lågen ved Selsvollene	4772 Lågen ved Kleivmellom 5895 Lågen ved Otta tettsted
6587 Otta ved Prestøya i Lom	7026 Bøvra i Medalen
7202 Lågen ved Fåvang	6038 Trøstaker

4.4 Arealbruk

Arealbruk er simulert i LANDPINE (Rinde, 1999a), og vert rapportert i ein eigen HYDRA rapport (Rinde, 1999b). PINE er integrert i vassdragsmodell HYDRA, men simuleringar med endra arealbruk er ikkje inkludert i dei køyringane som er gjort for totalsystemet i 1995, 1984 og 1967.

5. Data for simuleringane

5.1 Inngangsdata

Data brukt som inngangsdata til simuleringa kjem hovudsakleg frå to kjelder. Data frå NVE sin HYDRA II database er brukt for å rekne ut tilsig til lokalfelt og tilsigsfelt i modellen, samt for å samanlikne simulert og observert vassføring under kalibreringa. Observasjonsdata frå GLB er brukt for å sette starttilstandar i magasin, for å rekne ut tilsig til lokalfelt, for å sette tapping frå magasin og for samanlikning ved kalibrering. Stasjonane som er brukte for utrekning av tilsig og kalibrering i 1995 er viste i tabell 15.

Tabell 15 Målestasjonar brukt i 1995 simuleringa, kalibreringsstasjonar er utheva

ID	Namn	ID	Namn	ID	Namn
2.291	Tora	**2.145**	**Losna**	2.267	Mistra bru
2.268	Akslen i Bøvra	2.28	Aulestad Bru	2.457	Fossum bru
2.284	Sælatunga	2.11	Narsjø	2.578	Imssjøen
2.25	**Lalm**	2.32	Atnasjøen	2.142	Knappom
2.415	Espedalsvatn	2.265	Unsetåa	2.614	Rosten
2.13	Sjodalsvatn	**2.339**	**Høyegga**	2.118	Elverum
2.347	**Røstefoss**	2.197	Ertesekken	**2.117**	**Stai**

Modellen er kalibrert i høve til Losna for Lågen og Elverum for øvre Glomma. I Lågen er elles Lalm brukt for å kontrollere vassføringa, og observert magasinnivå er brukt for å kontrollere magasin routinga fungerer. I øvre Glomma er Røstefossen (kraftverk), Høyegga (kraftverk) og Stai (NVE serie) brukte for kalibrering. Observert magasinnivå er brukt på same måten som for Lågen. I nedre Glomma er simuleringa sjekka mot observerte punktverdiar sidan det manglar ein komplett vassføringsserie og sjekke simuleringa mot.

5.2 Koeffisientar for elve-routing

I utgangspunktet vart K koeffisienten i Muskingum likninga sett lik strekningslengde (m) / Bølgehast (m/s). Desse er så justerte i kalibreringa, men resultata er kontrollert mot den opprinnelege formelen for å sjekke verdiane. Koeffisientane brukt for dei ulike strekningane er vist i tabell 16.

Tabell 16 Muskingum koeffisientar

Strekning	Muskingum koeffisientar K (t)	X
Huderfossen - Mjøsa	1.18	0.25
Losna - Hunderfossen	2.22	0.25
Harpefossen - Losna	1.11	0.25
Harpefossen – N.Vinstra	0.50	0.25
N.Vinstra – Vinstra	0.50	0.25
Vinstra - Sjoa	2.03	0.25
Otta – Sel	0.88	0.25
Otta – Eidefoss	2.70	0.25
Pollfoss – Vågåvatn	4.85	0.25
Breidalsvatn - Pollfoss	3.66	0.25
Raudalsvatn - Pollfoss	1.25	0.25
Tesse - Otta	1.25	0.25
Vinstra	4.80	0.25
Aursunden - Håelva	4.30	0.10
Håelva – Røstefossen	3.00	0.10
Røstefossen – Tynset	11.1	0.10
Tynset – SavalenKR	5.00	0.10
SavalenKRV – Folla	5.20	0.10
Folla – Høyegga	5.70	0.10
Høyegga – Atna	9.40	0.10
Atna – Stai	8.90	0.10
Stai – Rena	13.30	0.10
Rena - Strnadfossen	7.80	0.10
Strandfossen – Elverum	1.0	0.15
Rendalen – Storsjøen	10.0	0.2
Storsjøen – Osa	10.0	0.2
Osen – Kvernfallet	10.0	0.20
Einnunna	5.00	0.20
Solbergfoss-Kykkelsrud	3.00	0.20
Kykkelsrud-Vamma	3.00	0.20
Vamma-Sarpsborg	-	-
Sarpsborg-Sjø	6.00	0.20

6. Kalibrering

Systemet vart først kalibrert for situasjonen i 1995, deretter vart 1984 og 1967 køyrde med tilsvarande oppsett som ein kontroll. Det er lagt vekt på å ha eit konstant parametersett mellom dei tre åra, dersom endringar er gjort er dei kommenterte for kvart år nedanfor. Så langt som det har vore mogleg har utrekna tilsig frå GLB blitt brukte i simuleringa. Tilgangen på slike data har variert over dei tre åra, noko som likevel gir ein viss variasjon i parametersettet. Dette vil bli kommentert for kvart enkelt år sidan. Kalibreringa er gjort ved Strandfossen/Elverum for øvre Glomma og ved Losna og Mjøsa i Lågen. I tillegg er det gjort kontrollar i magasin og ved nokre andre vassmerke for å kontrollere simuleringa.

Det viste seg at i starten av enkelte år så greidde ikkje modellen å reprodusere mindre flomtoppar før den eigentlege flom situasjonen byrja. Dette skuldast mest sannsynleg at det utrekna tilsiget ikkje dekker tidleg snøsmelting i dalfelta på grunn av at dei fleste målestasjonane brukt i utrekninga ligg for høgt i feltet. For å bøte på dette er det rekna ut eit lokaltilsig for dalfelta som er fordelt langs elvestrengen.

Det er tatt omsyn til at data frå NVE og GLB har ulik observasjonsperiode i simuleringa.

1995

I Lågen er tilsig til lokalfelta til elvestrekningane utrekna frå NVE målestasjonar, og lokaltilsig utrekna av GLB brukt til alle magasina. Lokaltilsiget til Mjøsa og Mesna er basert på data frå GLB. Gausa og elvestrekningane frå Losna til Mjøsa inngår i dette og lokaltilsiget ifrå dei er difor sett lik null. Korreksjonar av tilsig til dalfelta er ikkje brukt i Lågen i 1995.

Glomma er sett opp tilsvarande med utrekning av tilsig frå målestasjonar i alle felt unntatt lokalfelta til kvart magasin der data frå GLB er brukt. Korreksjon for tilsig er utrekna og brukt for å få med vesle flomtoppen tidleg i mai. Korreksjonsfelta er fordelte på strekningane Savalen – Høyegga, Høyegga – Atna, Atna – Stai og Stai – samløp Rena.

I Lågen er tapping frå alle magasin sett lik observerte data frå GLB, medan overløp vert utrekna på grunnlag av kapasitetskurver. Unntaket frå dette er Olstappen og Mjøsa der den totale vassføringa frå magasinet er gitt som ein tidsserie. I Glomma er tapping frå alle dei store magasina gitt som observerte seriar frå GLB.

Øyeren følgjer data gitt i Tingvold (1998). Total tapping er gitt gjennom tidsserie. Lokaltilsiget til Øyeren vart skalert ned under kalibreringa.

1984

Opplegget for utrekning av tilsig i Lågen i 1984 følgjer 1995 med få unntak. På grunn av manglande lokaltisigsdata så er tilsiget til Mjøsa rekna frå målestasjonar, i denne situasjonen er Gausa og lokalfeltet til strekninga Hunderfossen – Mjøsa tatt med i simuleringa. Lokaltilsig til Mjøsa er skalert litt opp for å få kulminasjonsverdien for vannstand opp på same nivå som den observerte. Tapping frå Mjøsa er gitt som ein tidsserie. Tilsigskorreksjon er brukt for å ta hand om feilen i ein liten flom tidleg i perioda. Korreksjonsfelta er kopla til samløp Otta, samløp Sjoa, samløp Vinstra og Losna. Tapping frå magasina er gitt på same måte som for 1995 situasjonen.

Systemet for Glomma er likt det som vart brukt i 1995, men på grunn av at den lavast liggjande målestasjonen (Fossum bru, 2.457) ikkje har data for 1984 måtte andre stasjonar brukast for utrekninga av tilsig til lokalfelta. Dette påverkar resultata, spesielt dei tidlegaste toppane. Korreksjonsfelta er difor brukt på same måte som i 1995. Som for alle dei andre tilfella så er ikkje korreksjonsfelta brukt i den perioda som har hovudtoppen.

Lokaltilsig og tapping i Øyeren i 1984 er tatt ifrå data frå GLB. Det var likevel vanskeleg å få observert og simulert vannstand til å stemme overeins. Grunnen til dette er at vassføring inn i Øyeren frå Glomma ligg under det observerte både i starten og slutten av perioda. Resultatet vart justert med differansen i tilsig for å få til ei kalibrering. Resultata i Øyeren må difor reknast som usikre for 1984.

Ingen urbanfelt er med i simuleringa for 1984.

1967

Generelt for 1967 så manglar alle GLB utrekna lokaltilsig, difor er tilsig utrekna frå målestasjonar og brukte for alle lokalfelt (både for elvestrekningar og magasin). Ytterlegare stasjonar manglar observasjonar, for desse er nye samanhengar etablerte. Korreksjonsfelt er brukte for begge greinene for å få med tilsiget frå dalfelta tidleg i perioda.

Lågen delen er uforandra i høve til 1984. Unntaket skaleringsfaktoren for lokalfeltet til Mjøsa som er sett ned til normalverdien.

I Glomma delen er det regulerte systemet endra pga. at overføringa til Rendalen, overføringa av Einunna og magasinet Fundin ikkje var sett i drift. Reguleringane i Savalen og Storsjøen er og endra i 1967 i høve til –84 og -95. Vassdragsmodellen er oppdatert for å få med desse endringane.

For 1967 situasjonen er tappinga frå Øyeren er gitt som ein tidsserie, og lokaltilsig er rekna ut frå målestasjonar. Ingen spesielle justeringar er gjort under kalibreringa for Øyeren i 1967.

Ingen flomverk eller urbanfelt er med i simuleringa i 1967.

Nokre resultat frå kalibrering og kontroll for 1995, 1984 og 1967 er viste i vedlegg C.

7. Referanser

Alfredsen, K. (1999a). *An object-oriented framework for application development and integration in hydroinformatics.* Dr.Ing Thesis. Dept. of Hydraulic and Environmental Engineering. Trondheim, Norwegian University of Science and Technology: 193.

Alfredsen, K (1999b) Rammeverk for bygging av generelle vassdragsmodellar. HYDRA Rapport

Berg, H. og Strømmen O.J. (1999) *Notat om flomverk i øvre Glomma og Lågen.* NVE

Fread, D. L. (1985). *Channel routing.* In: M. G. Anderson and T. P. Burt (eds) Hydrological Forecasting. John Wiley: 437-503.

Haddeland, I., Høydal, Ø. (1999). *Effekter av flomverk på flomforløpet,* HYDRA-notat nr 5/99, NVE, Oslo.

Haddeland, I., Krokli, B. (1999). *Hydrodynamisk modell for Glomma mellom Kongsvinger og Øyeren,* HYDRA-notat nr 8/99, NVE, Oslo.

Killingtveit, Å., T. Rinde, E. Markhus, T. Bostrøm, T. Furuberg, S. Sægrov and J. Milina (1994). *Application of a semi-distributed urban hydrology model.* In: Proceedings from the Nordic Hydrological Conference, Faroe Islands.

Rinde, T. (1999a). *LANDPINE.* HYDRA rapport N04

Rinde, T. (1999b) *Simulering av areabruksendringer i store og små felt.* HYDRA Rapport N04

Milina J. (1997) Simuleringsdata for tettstader i Glomma og Lågen med og uten urbanisering.

Strømmen, O.J. (1999) *Flommagasiner i Lågen og oppstrøms Elverum generelt.* Notat datert 21.06.99

Tingvold, J. K. (1998) *Effekten av vassdragsreguleringene i Glomma og Lågen på flommen i 1995.* Glommens og Laagens Brukseierforening.

Traae, E. (1996) *Beregning av avløpskurver for Øyeren.* NVE Rapport nr. 24

Wathne, M. og K. Alfredsen (1998) *Effekten av regulering på flomdempning i Gudbrandsdalslågen.* SINTEF Rapport STF22 A98416

VEDLEGG 1 Data for uregulerte sjøar i øvre Glomma.

For utrekninga av overløpskurvene er det brukt ei tilsvarande prosedyre som for Lågen (Wathne og Alfredsen, 1998). Formelen for eit breidkanta overløp med eit trapesprofil er gitt som:

$$\sqrt{g}\frac{[(B+zy)y]^{\frac{3}{2}}}{(B+2zy)^{\frac{1}{2}}}$$

der

Q	=	Vassføring i m^3/s
g	=	9.81 m/s^2
B	=	Botnbreidde i profilet
z	=	Skråningsvinkel til sidene (m bredde / m stigning)
y	=	Kritisk djup på overløpet i m

Kritisk djup er gitt av samanhengen:

$$H - H_0 = y\frac{3B+5zy}{2B+4zy}$$

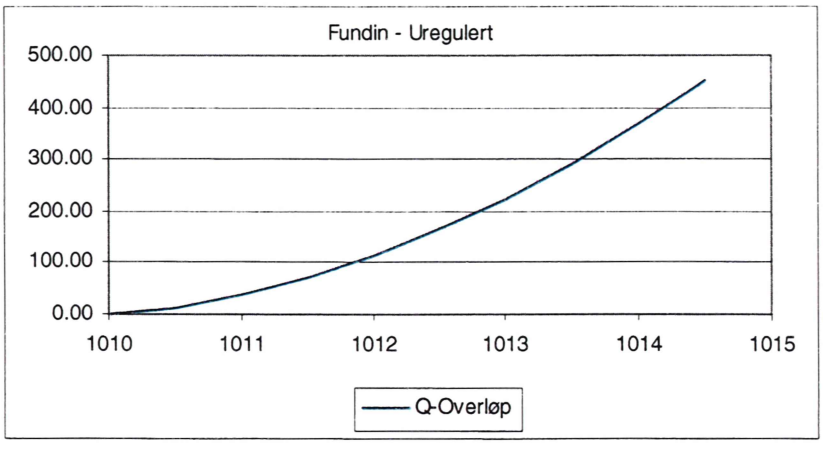
der

H	=	Magasinnivå (m)
H_0	=	terskelnivå (m)

Data for dei ulike sjøane er tatt frå kart og teikningar.

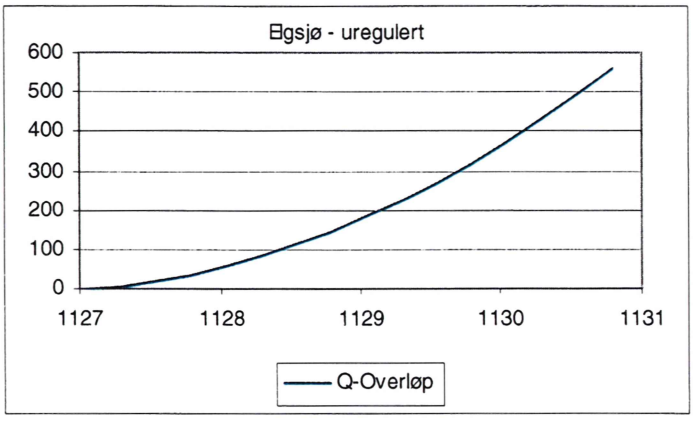
Fundin

Terskelbredde er antatt å vere 20 meter, Helninga er 1:2.50 og nivået på terskelen 1010.0 moh.



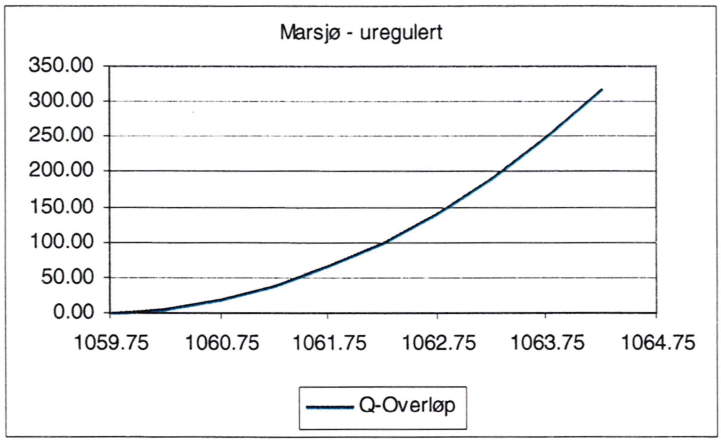
Elgsjø

Terskelbredde er antatt å vere 30 meter, Helninga er 1:5.8 og nivået på terskelen 1127.04 moh.



Marsjø

Terskelbredde er antatt å vere 9 meter, Helninga er 1:3.25 og nivået på terskelen 1059.75 moh



VEDLEGG 2 Data for flomverk i Lågen og øvre Glomma

Følgjande tabellar gir data for flomverk slik dei er gitt i Strømmen (1999).

Glomma ved Auma

Kurver uten flomverk

Vassstand	477.5	479.0	479.7	480.1	480.4	480.7	481.6
Vassføring (m^3/s)	100	280	450	580	700	750	1000
Magsin (mill. m^3)	1.5	4.6	6.1	7.1	7.6	7.8	8.1

Kurver med flomverk

Vassstand	476.0	479.0	479.7	480.1	480.4	480.7	481.6
Vassføring (m^3/s)	100	440	620	700	850	900	1100
Magsin (mill. m^3)	0.0	1.7	2.9	3.6	4.0	5.8	7.5

Rena ved Østamyrene

Vassstand	1.0	4.0	5.0	5.5
Vassføring (m^3/s)	25	180	270	310
Magasin uten (mill m^3)	0.2	1.8	14.5	18
Magasin med (mill m^3)	0.1	1.8	2.8	3.1

Glomma ved Hummelneset

Vassstand	0.0	2.0	3.0	3.5
Vassføring (m^3/s)	500	1600	2400	3000
Magasin uten (mill m^3)	0.75	1.2	1.5	1.9
Magasin med (mill m^3)	0.75	1.2	1.32	1.9

Lågen ved Selsmyrene

Vassføringskurve uten flomverk

Vassstand	293.5	295.0	295.7	296.1
Vassføring (m^3/s)	100	600	1200	1600

Magsinkurve uten flomverk

Vassstand	293.0	295.0	296.1	296.4	296.6
Magasin (mill. m^3)	0	3.4	10.0	11.7	12.5

Vassføringskurve med flomverk

Vassstand	292.8	294.8	295.4	296.1
Vassføring (m^3/s)	100	700	1200	1700

Magasinkurve med flomverk

Vassstand	292.5	294.8	296.1	296.3	296.6
Magasin (mill. m^3)	0	3.4	4.9	11.7	12.5

Otta ved Prestøya

Vassføringskurve

Vassstand	364.75	366.1	367.0	367.5
Vassføring (m^3/s)	700	1150	1500	1700

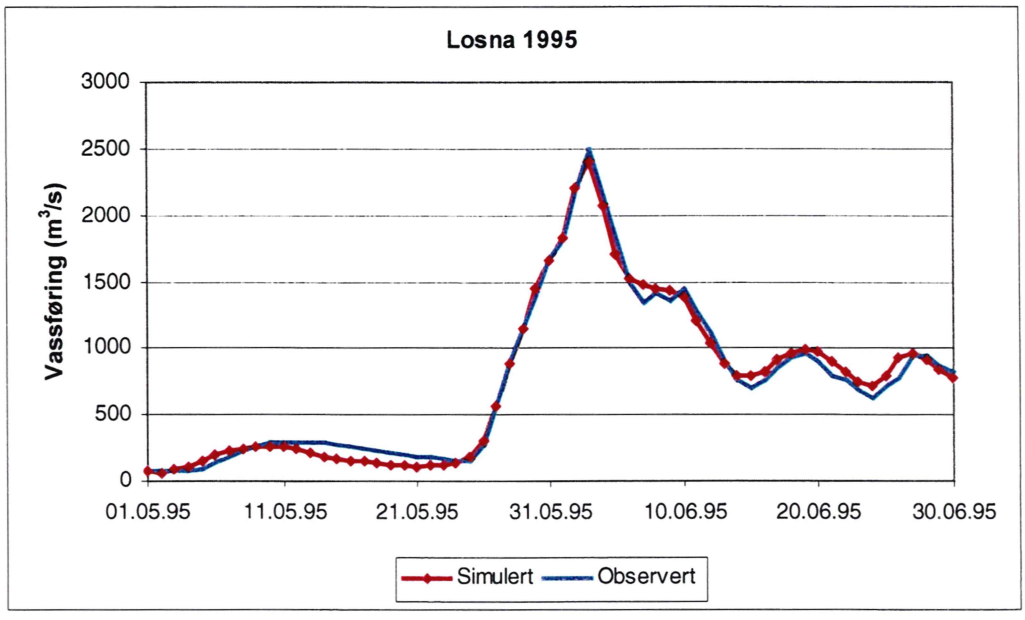
Magasikurver med og uten flomverk:

Vannstand	362.0	364.75	366.8	367.0	367.5
Magasin før (mill m^3)	0.0	1.0	2.2	2.3	2.6
Magasin etter (mill m^3)	0.0	0.8	1.1	2.3	2.6

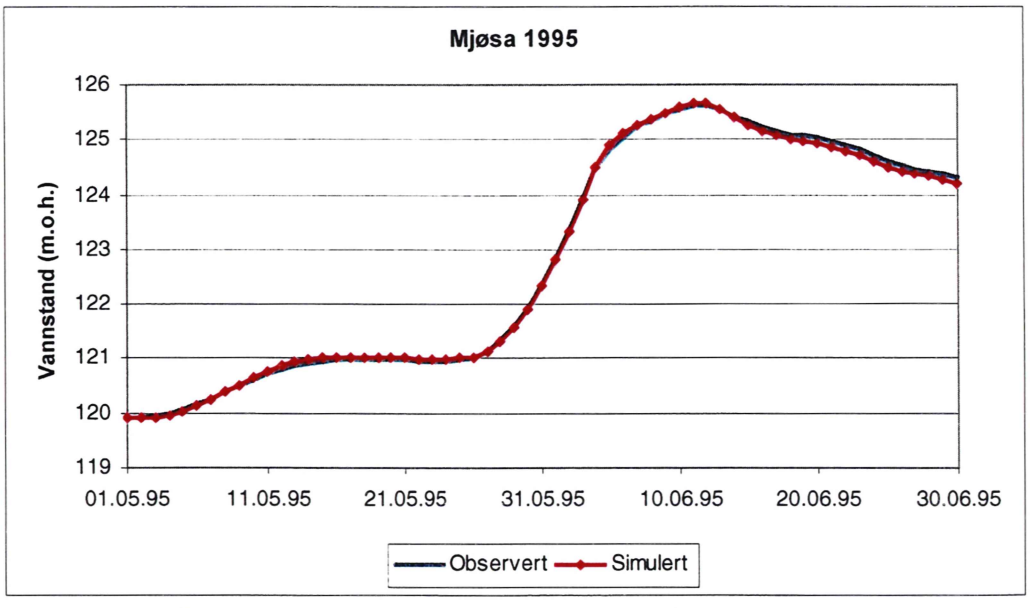
Lågen ved Fåvang

Vassstand	180.0	183.0	184.0	184.5	184.8	185.0
Vassføring (m^3/s)	350	1700	2450	2850	3000	3200
Magasin før (mill m^3)	0.1	0.8	2.4	3.2	3.7	3.9
Magasin etter (mill m^3)	0.1	0.8	1.9	2.5	3.7	3.9

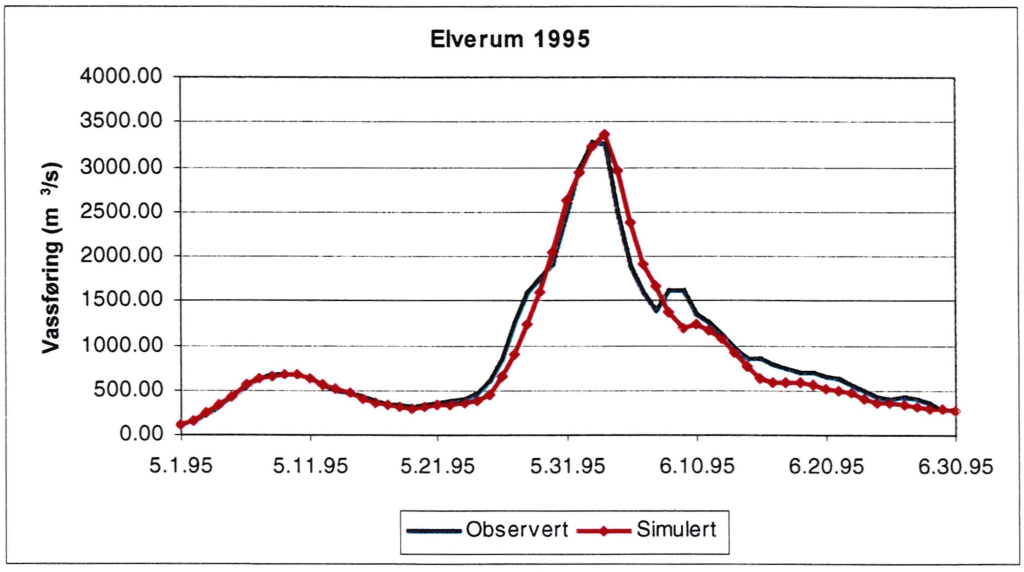
VEDLEGG 3: Resultat frå kalibrering og uttesting av modellen



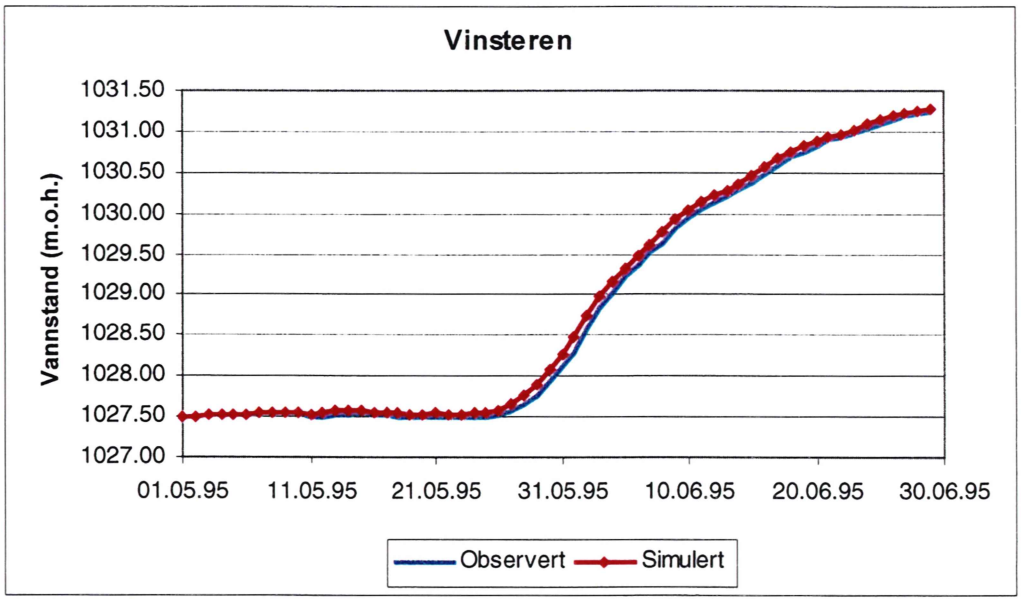
Vedlegg 3-1 Observert og simulert vassføring ved Losna i 1995



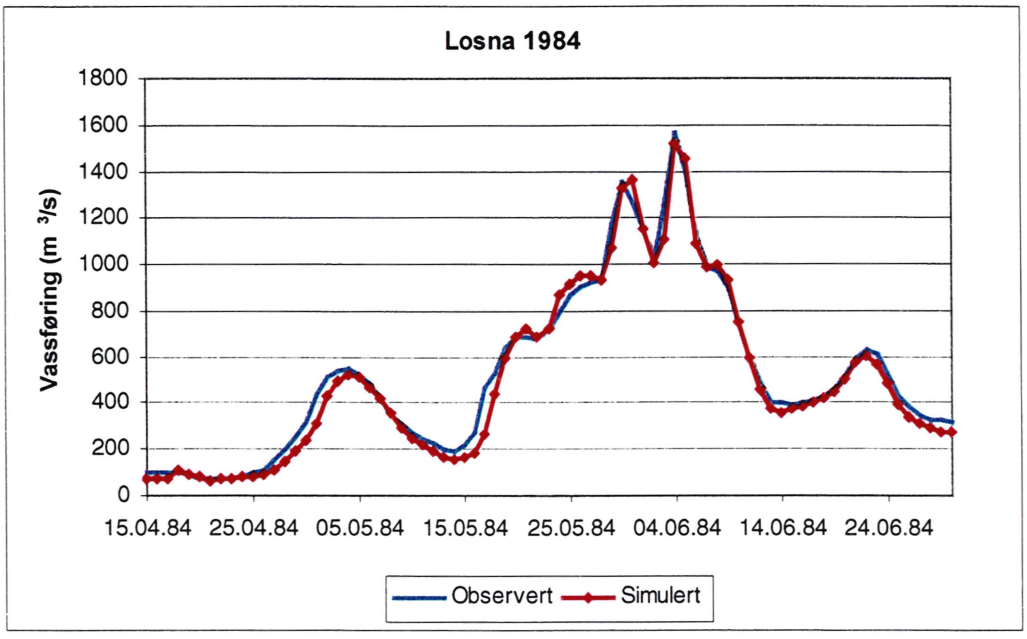
Vedlegg 3-2 Observert og simulert vannstand i Mjøsa i 1995



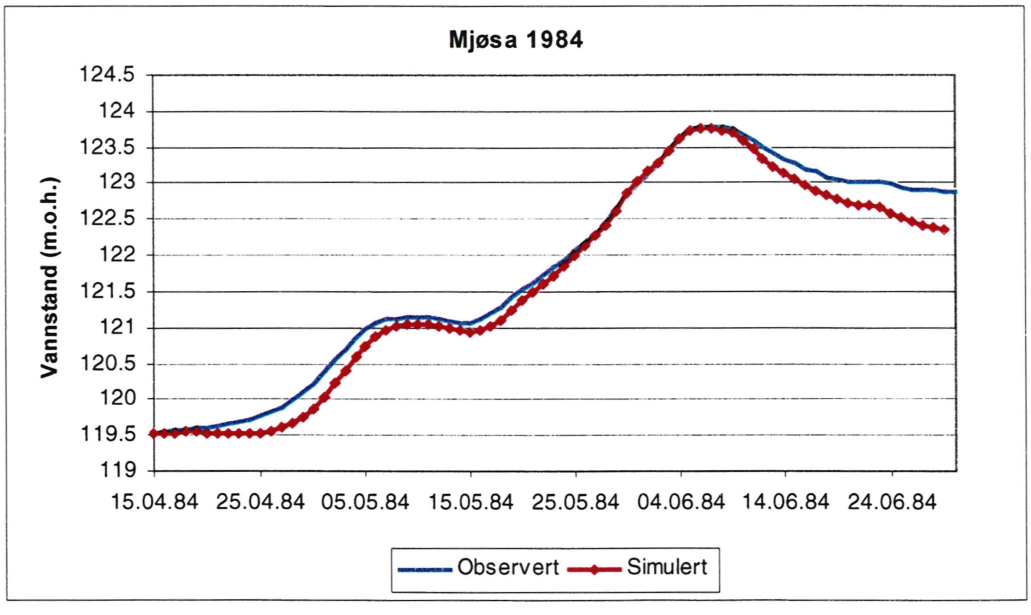
Vedlegg 3-3 Observert og simulert vassføring ved Strandfossen i 1995



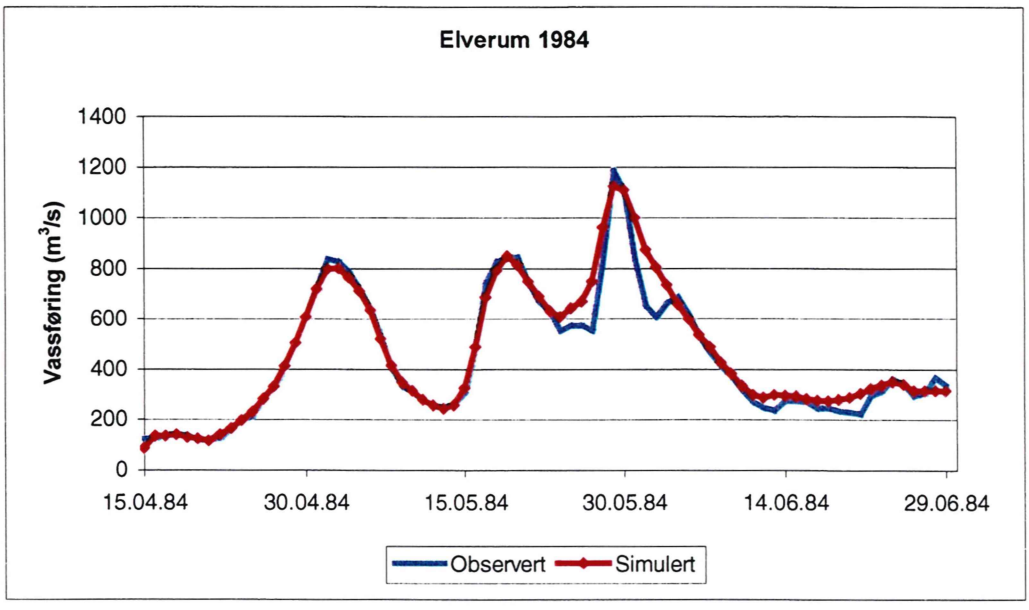
Vedlegg 3-4 Kontroll av magasinrouting, Vinsteren



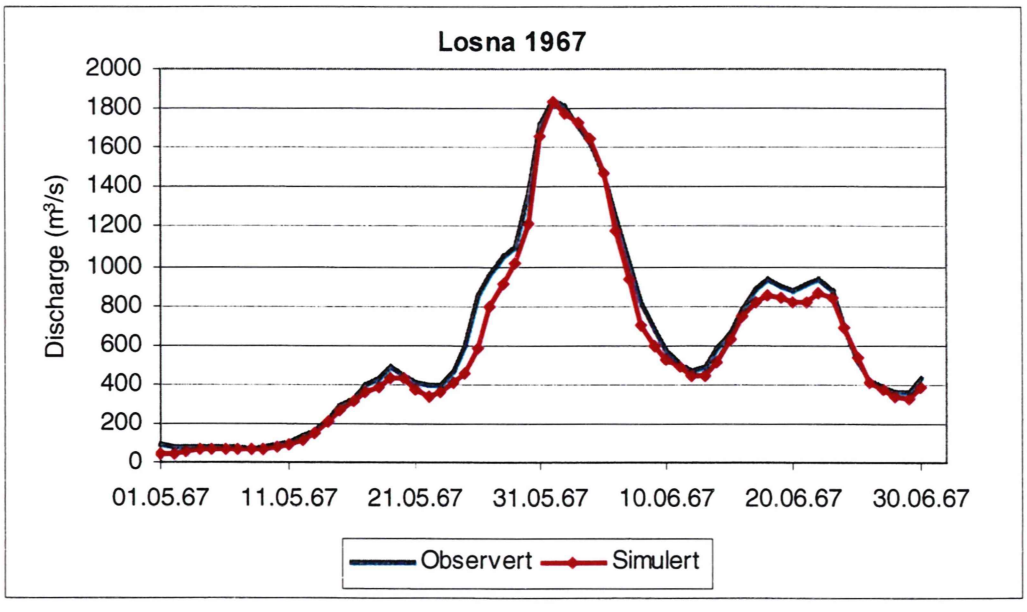
Vedlegg 3-5 Observert og simulert vassføring ved Losna i 1984



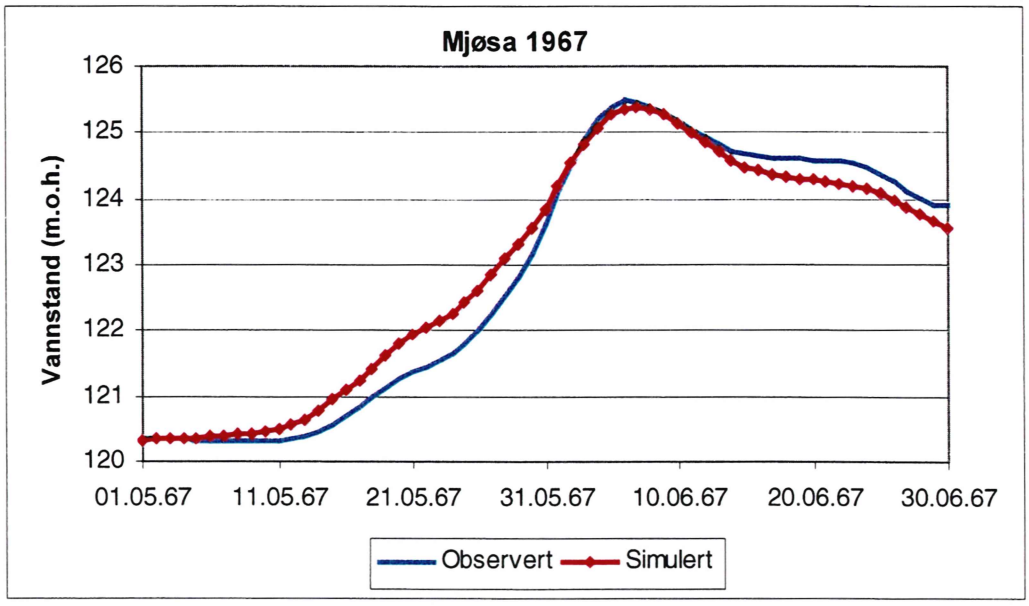
Vedlegg 3-6 Simulert og observert vannstand i Mjøsa i 1984



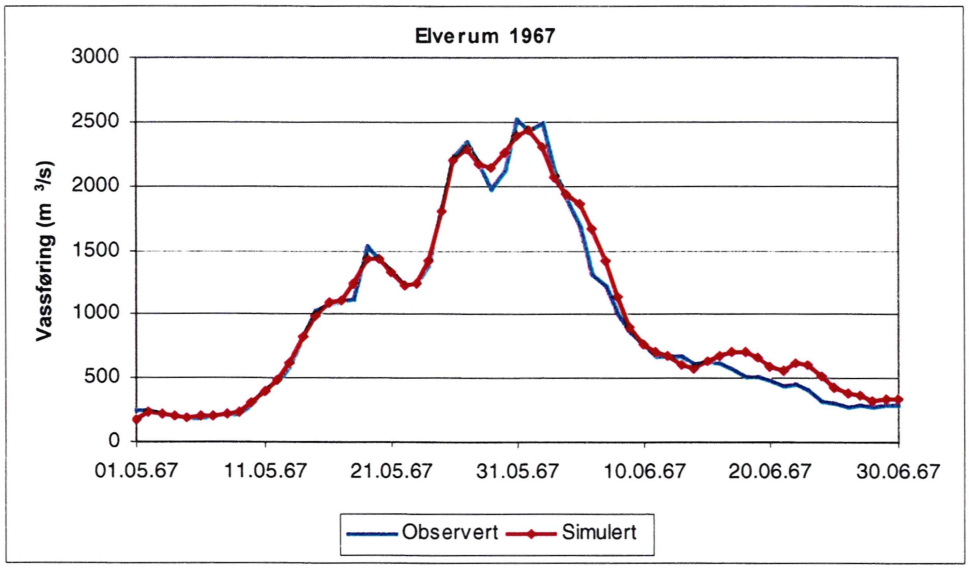
Vedlegg 3-7 Simulert og observert vassføring ved Elverum i 1984



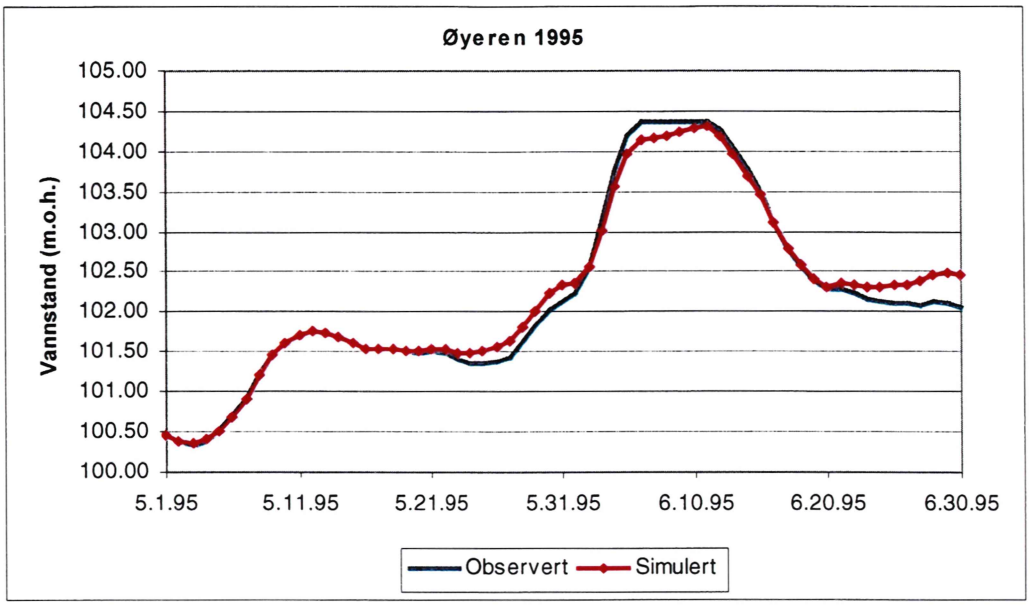
Vedlegg 3-8 Simulert og observert vassføring ved Losna i 1967



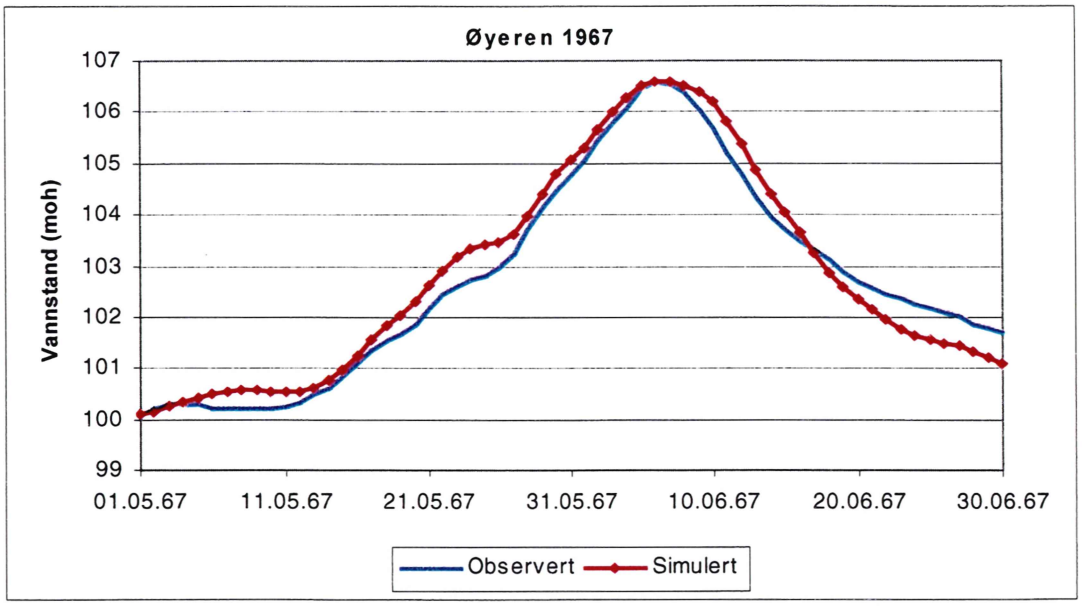
Vedlegg 3-9 Simulert og observert vannstand i Mjøsa i 1967



Vedlegg 3-10 Simulert og observert vassføring ved Elverum i 1967



Vedlegg 3.11 Simulert og observert vannstand i Øyeren i 1995



Vedlegg 3.12 Simulert og observert vannstand i Øyeren i 1967

UTGITTE NOTAT I HYDRA-SERIEN

1/97 **Metoder for kvantifisering av hydrologiske prognosefelts representativitet.**
Kai Fjelstad, NLH (diplomarbeid).

2/97 **Effekter av flomsikringstiltak. En gjennomgang av litteraturen.**
Magne Wathne, SINTEF.

3/97 **Virkningen av lokal overvannsdisponering på tettstedsflommer.**
Dag Rogstad og Bjørn Vestheim, NLH (hovedoppgave).

4/97 **Forslag til kravspesifikasjon av vassdragsmodell.**
Lars A. Roald, NVE.

5/97 **A note on floods in high lattitude countries.**
Lars A. Roald, NVE.

6/97 **Climate change and floods.**
Nils Roar Sælthun, NIVA.

7/97 **Flomdemping i Gudbrandsdalslågen. Programstruktur og systembeskrivelse.**
Magne Wathne og Knut Alfredsen, SINTEF.

8/97 **Klima, arealbruk og flommer i perspektiv.**
Arnor Njøs, Jordforsk.

9/97 **Flood forecasting in practice.**
Dan Lundquist, GLB.

1/98 **Bruk av ensembleprognoser til estimering av usikkerhet i lokale nedbørprognoser.**
Marit Helene Jensen, DNMI.

2/98 **LANDSKAP OG ESTETIKK –et kulturelt perspektiv.**
Oddrun Sæter, Byggforsk.

3/98 **Betydning av vårflommens størrelse for tetthet av laks- og ørretunger i Saltdalselva.**
Arne J. Jensen og Bjørn Ove Johnsen, NINA.

4/98 **Pure Model Error of the HBV-model.**
Øyvind Langsrud, Arnoldo Frigessi and Gudmund Høst, Norwegian Computing Center (Norsk Regnesentral)

5/98 **Analyse av effekter av urbanisering og avrenningsutjevnende tiltak i Svebestadfeltet – Sandnes kommune.**
Jadranka Milina, SINTEF.

6/98 **Virkning av urbanisering på avrenningsforhold i Storånavassdraget.**
Jadranka Milina, SINTEF.

7/98 **Metodebeskrivelse for flomsoneanalyse med eksempler fra Flisa og Kirkenær.**
Søren Elkjær Kristensen og Astrid Voksø, NVE.

8/98 **Statistical Forecasting of Precipitation Conditional on Numerical Weather Prediction Models.**
John Bjørnar Bremnes, DNMI

9/98 **1995-flommens volum, stigningstid og varighet i Gudbrandsdalslågen.**
Jan Ove Søderholm (Hovedfagsoppgave ved Geografisk Institutt, Universitetet i Oslo, våren 1998).

10/98 **Vårflommer i Glomma. Modellering av maksimalvannføringen på bakgrunn av volum og flomhydrogrammets form.**
Grete Orderud Solberg (Hovedfagsoppgave ved Geografisk Institutt, Universitetet i Oslo, våren 1998).

11/98 **Flomvolum Østlandet våren 1995. Frekvens og regional fordeling.**
Grete Orderud Solberg og Kjell Nordseth. Geografisk Institutt, Universitetet i Oslo.

12/98 **A Statistical Model for the Uncertainty in Meteorological Forecasts, with Applications to the Knappom and Røykenes Catchments.**
Turid Follestad og Gudmund Høst. Norwegian Computing Center (Norsk Regnesentral)

13/98 **Precipitation estimation using satellite remote sensing.**
Øystein Godøy, Det norske meteorologiske institutt.

14/98 **High Resolution Precipitation Forecasting with Initial and Boundary Conditions from Ensemble Forecasts.**
Viel Ødegaard, Det norske meteorologiske institutt.

1/99 **Døgnarealnedbør for flomvarsling.**
Ole Einar Tveito, Det norske meteorologiske institutt.

2/99 **Quantifying uncertainty in HBV runoff forecasts by stochastic simulations.**
Øyvind Langsrud, Gudmund Høst, Turid Follestad, Arnoldo Frigessi og David Hirst, Norsk Regnesentral.

3/99 **Kvantifisering av usikkerhet i meteorologiske og hydrologiske prognoser.**
Thomas Skaugen, Norges vassdrags- og energidirektorat.

4/99 **The Effect of Peatland Drainage and Afforestation on Runoff Generation. Consequences on Floods in River Glomma.**
Bjørn Kløve, Jordforsk.

5/99 **Effekter av flomverk på flomforløpet.**
Ingjerd Haddeland og Øyvind A. Høydal, NVE

6/99 **Effekter av senkingstiltak på flomforløpet.**
Inger Karin Engen, Øyvind Høydal, Øystein Nøtsund og Eirik Traae, NVE

7/99 **har fått nr. 11/99**

8/99 **Hydrodynamisk modell for Glomma mellom Kongsvinger og Øyeren**
Ingjerd Haddeland og Bjarne Krokli, NVE

9/99 **Storflommers effekt på laksunger i Gaula**
Kjetil Hindar (NINA), Jan Henning L'Abée-Lund (NVE) og Jo Vegar Arnekleiv (NTNU)

10/99 **Effekten av regulering på flomdempning i Namsen – datarapport**
Magne Wathne, SINTEF

11/99 **Nødoverløp på flomverk**
Morten Skoglund (SINTEF), Eirik Traae (NVE) og Einar Tesaker (SINTEF)

1/00 **Improved front line decision tools - risk perception among decision-makers and riparian population.**
Irina Krasovskaia (Univ. i Uppsala), Lars Gottschalk (Univ. i Oslo), Nils Roar Sælthun (NIVA), Hallvard Berg (NVE)

2/00 **Rammeverk for bygging av generelle vassdragsmodellar.**
Knut Alfredsen, SINTEF

3/00 Vassdragsmodell HYDRA – tilpassing til Glommavassdraget.
Knut Alfredsen (SINTEF) og Ånund Killingtveit (NTNU)

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: 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: Olianne 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: Olianne 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