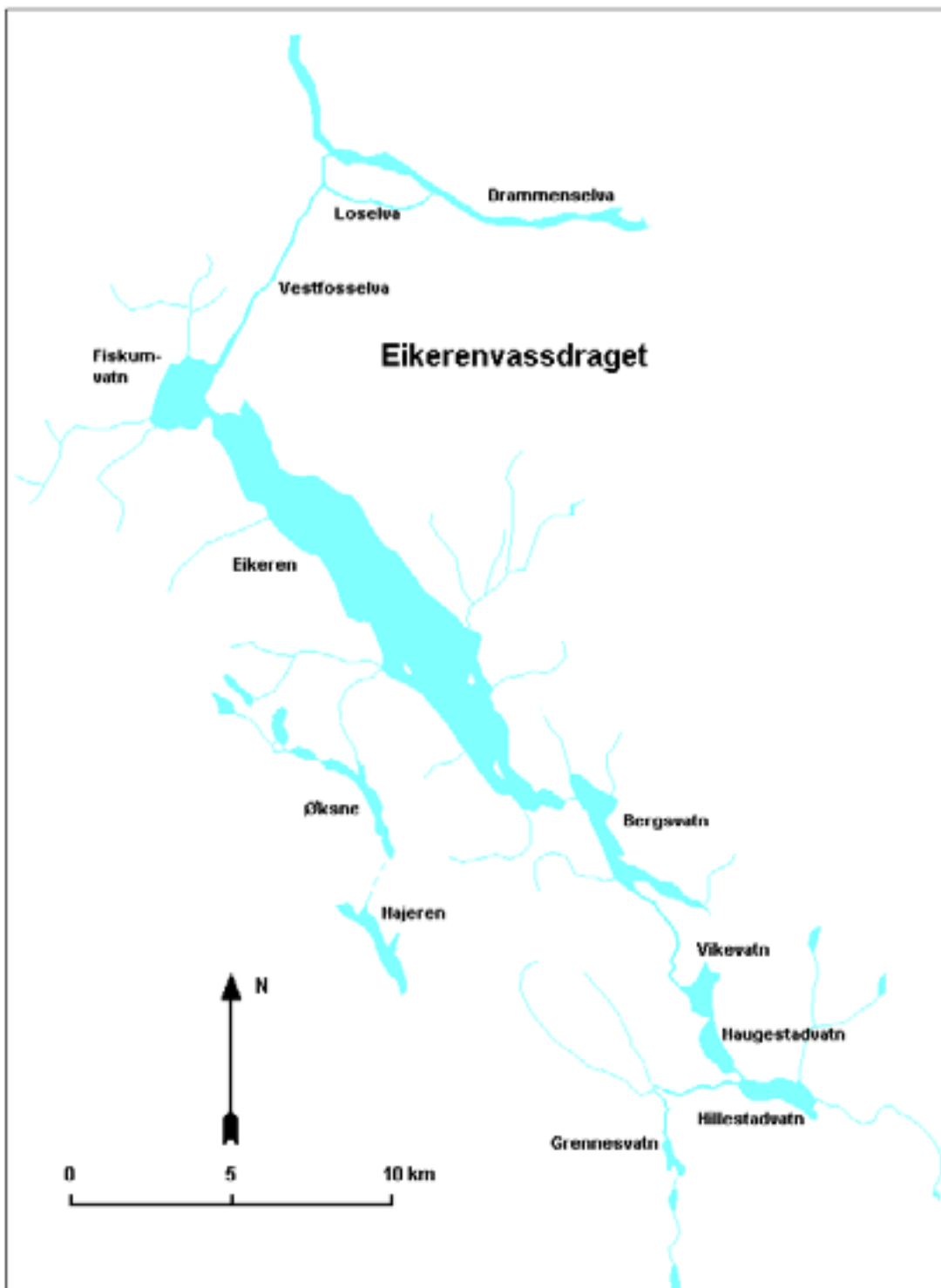




Rapport 4504-2002
Eikeren som ny drikkevannskilde for Vestfold
og nedre Buskerud

**Endret mønster for høy og lav vannstand,
og risiko for økt erosjon og utrasing i
Eikeren og Vestfosselva /Loselva**



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-NIVA A/S

9015 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Eikeren som ny drikkevannskilde for Vestfold og nedre Buskerud Endret mønster for høy og lav vannstand, og risiko for økt erosjon og utrasing i Eikeren og Vestfosselva /Loselva	Løpenr. (for bestilling) 4504-2002	Dato 04.03.2002
	Prosjektnr. Undernr. 211653	Sider Pris 24
Forfatter(e) Torulv Tjomsland, Nils Roar Sælthun og Dag Berge	Fagområde Hydrologi	Distribusjon Fri
	Geografisk område Vestfold	Trykket NIVA
Oppdragsgiver(e) Vestfold Interkommunale Vannverk (VIV)	Oppdragsreferanse Sverre Mollatt	

Sammendrag

Uttak av vann fra Eikeren til Vestfold interkommunale vannverk (VIV) og til nedre Buskerud vil medføre at kjøringen av kraftstasjonen ved Vestfossen må endres. Fra lokalt hold er man redd for at vannførings- og vannstandsvariasjone vil bli hyppigere og større, slik at det er fare for erosjon og utrasing langs strendene i Eikeren, Fiskumvatnet og særlig langs Vestfosselva/Loselva. Uttaket av drikkevann fra VIV vil ifølge simuleringene i liten grad endre vannstanden i Eikeren i forhold til i dag uansett strategi for kjøring av kraftstasjonen ved Vestfossen innen konsesjonens grenser. Noe lavere vannstand vil det imidlertid bli på ettersommeren, særlig når nedre Buskerud også forsynes fra Eikeren. Strendene langs Eikeren/Fiskumvatn, som i dag anses som lite erosjonsutsatte, vil også forbli dette i fremtiden. Økt drikkevannsutttak vil øke varigheten av lave vannføringer i Vestfosselva. Ved å redusere vannføringen reduseres vannets eroderende kraft, slik at dette generelt ikke skulle ha noen uheldig virkning. Ved stigende vannføring blir forholdet motsatt. Det mest ugunstige scenariet er lang tid med minstevannføring fulgt av en rask økning til høy vannføring, f.eks. til 20 m³/s, med varighet som blir opprettholdt i minst et halvt døgn. Området like nedenfor fossen blir mest utsatt. Imidlertid består elveløpet der av grovt materiale, stein og grus, slik at det ikke skulle være noen fare for uønsket erosjon. Lenger ned vil siltig materiale som ligger på bunnen kunne bli erodert og transportert nedover. Vannets fart, som i middel for tverrsnittet neppe vil overskride 0.5 m/s, er såpass lav at elva generelt kan betegnes som sakteflytende og lite erosjonsutsatt. Da vi ikke kan påvise spesielle utsatte strekninger med større gradient og bratte kanter i yttersving m.m., anser vi det for meget lite sannsynlig at det som følge av økt drikkevannsutttak fra Eikeren vil oppstå uheldige erosjonseffekter. En eventuell økning av antall ganger av prosedyren reduksjon og påslipp av vann i løpet av året vil neppe få påviselige følger. Redusert vannføring fører til redusert transportkapasitet med hensyn til sedimenter, hvilket kan medvirke til noe økt dannelse av banker i elveløpet.

Fire norske emneord

1. Drikkevannsforsyning
2. Vannstandsvariasjon
3. Erosjon
4. Eikeren

Fire engelske emneord

1. Drinking water supply
2. Water level fluctuation
3. Erosion
4. Lake Eikeren

Dag Berge

Prosjektleder

Dag Berge

Forskningsleder

Nils Roar Sælthun

Forskningsjef

Norsk institutt for vannforskning
Oslo

O-211653

Eikeren som ny drikkevannskilde for Vestfold og nedre
Buskerud

**Endret mønster for høy og lav vannstand, og
risiko for økt erosjon og utrasing i Eikeren og
Vestfosselva /Loeslva**

Oslo 04.03.2002

Prosjektleder:	Dag Berge
Medarbeidere:	Toruly Tjomsland Nils Roar Sælthun

Forord

Undersøkelsen er en del av KU-utredningene i forbindelse med utbygging av Eikeren som ny vannkilde for Vestfold Interkommunale Vannverk (VIV). Den foreliggende utredning er en utvidelse i forhold til tilsvarende utredning som ble rapport 2/12-99, i den forstand at det nå også inkluderes vannforsyning til nedre Buskerud fra Eikeren. Undersøkelsen ble kontraktsfestet i mai 2001. Oppdragsgivers kontaktpersoner har vært direktør Sverre Mollatt og arkitekt Harald Schulze.

Modellsimuleringene av hvordan uttaket av drikkevann vil påvirke vannstandsvariasjonene i Eikeren og Fiskumvatn er utført av Nils Roar Sælthun, NIVA (hydrolog). Modellsimuleringene av vannføring og vannstand i Vestfosselva etter drikkevanns-utbyggingen er utført av Toruly Tjomsland, NIVA (Hydrolog). Disse to hydrologene har også vært på befaring og vurdert hvor eroderbar strandsonen er rundt innsjøene samt langs Vestfosselva og Loselva. Under befaringen ble det arrangert opp- og nedkjøring av kraftverket fra 20 m³/s til minstevannføring. Dag Berge har vært prosjektleder for undersøkelsen og stått for sammenstillingen til rapport.

Oslo 04.03-2002

*Dag Berge
Prosjektleder*

Innholdsfortegnelse

1	Konkluderende sammendrag	6
2	Innledning	7
2.1	Problemstilling	7
2.2	Beskrivelse av vassdrag og nedbørfelt	7
3	Endret vannstand i Eikeren og Fiskumvannet, samt vannføring i Vestfosselva.....	10
3.1	Hydrologisk grunnlag for Eikerenvassdraget.....	10
3.2	Magasiner i Eikerenvassdraget.....	11
3.3	Kraftverk i Eikerenvassdraget	11
3.3.1	Hakavik	11
3.3.2	Eidsfoss	11
3.3.3	Vestfossen	11
3.4	Simuleringer	12
4	Endret vannføring ved Vestfossen - hydraulisk respons nedover i Vesfosselva	18
4.1	Observasjoner under befaringen.....	18
4.2	Simuleringer	19
5	Diskusjon – konklusjoner	23
6	Referanser.....	24

1 Konkluderende sammendrag

Uttak av vann fra Eikeren til Vestfold interkommunale vannverk (VIV), vil medføre at kjøringen av kraftstasjonen ved Vestfossen må endres. Dette gjelder i enda sterkere grad hvis nedre Buskerud også skal ta ut et liknende vannvolum fra Eikeren. Fra lokalt hold er man redd for at vannførings- og vannstandsvariasjone vil bli hyppigere og større, slik at det er fare for erosjon og utrasing langs strendene i Eikeren, Fiskumvatnet og særlig langs Vestfosselva/-Loselva.

Uttaket av drikkevann fra VIV vil ifølge simuleringene i liten grad endre vannstanden i Eikeren i forhold til i dag uansett strategi for kjøring av kraftstasjonen ved Vestfossen innen konsesjonens grenser. Noe lavere vannstand vil det imidlertid bli på ettersommeren, særlig når nedre Buskerud også forsynes fra Eikeren. Dette kan være en ulempe for bading da vassing og barnelek (innenfor svømmedyb) delvis foregår på "skitten" mudderbunn i lavvannsperioder, mens denne leken skjer på "ren" sandbunn når vannstanden er høyere.

Strendene langs Eikeren/Fiskumvatn, som i dag anses som lite erosjonsutsatte, vil også forbli dette i fremtiden.

Økt drikkevannsutttak vil øke varigheten av lave vannføringer i Vestfosselva. Ved å redusere vannføringen reduseres vannets eroderende kraft, slik at dette generelt ikke skulle ha noen uheldig virkning. Ved stigende vannføring blir forholdet motsatt. Det mest ugunstige scenariet er lang tid med minstevannføring fulgt av en rask økning til høy vannføring, f.eks. til 20 m³/s, med varighet som blir opprettholdt i minst et halvt døgn. Området like nedenfor fossen blir mest utsatt. Imidlertid består elveløpet der av grovt materiale, stein og grus, slik at det ikke skulle være noen fare for uønsket erosjon. Lenger ned vil siltig materiale som ligger på bunnen bli erodert og transportert nedover. Vannets fart, som i middel for tverrsnittet neppe vil overskride 0,5 m/s, er såpass lav at elva generelt kan betegnes som sakteflytende og lite eroderende. Da vi ikke kan påvise spesielle utsatte strekninger med større gradient og bratte kanter i yttersving m.m., anser vi det for meget lite sannsynlig at det vil oppstå uheldige effekter som følge av erosjon. En eventuell økning av antall ganger av prosedyren reduksjon og påslipp av vann i løpet av året vil neppe få påviselige følger.

Redusert vannføring fører til redusert transportkapasitet med hensyn til sedimenter. Dette kan medvirke til noe økt dannelse av banker i elveløpet.

2 Innledning

2.1 Problemstilling

Uttak av vann fra Eikeren vil medføre at kjøringen av kraftstasjonen ved Vestfossen må endres. Fra lokalt hold er man redd for at vannførings- og vannstandsvariasjone vil bli hyppigere og større, slik at det er fare for erosjon og utrasing langs strendene i Eikeren, Fiskumvatnet og særlig langs Vestfosselva/Loselva.

2.2 Beskrivelse av vassdrag og nedbørfelt

Eikeren har et nedbørfelt på 350 km² fordelt på Nordre Vestfold og Nedre Buskerud, Figur 2.1.

Innsjøen drenerer gjennom et smalt sund til Fiskumvatn og videre via Vestfosselva til Drammenselva ved Hokksund.

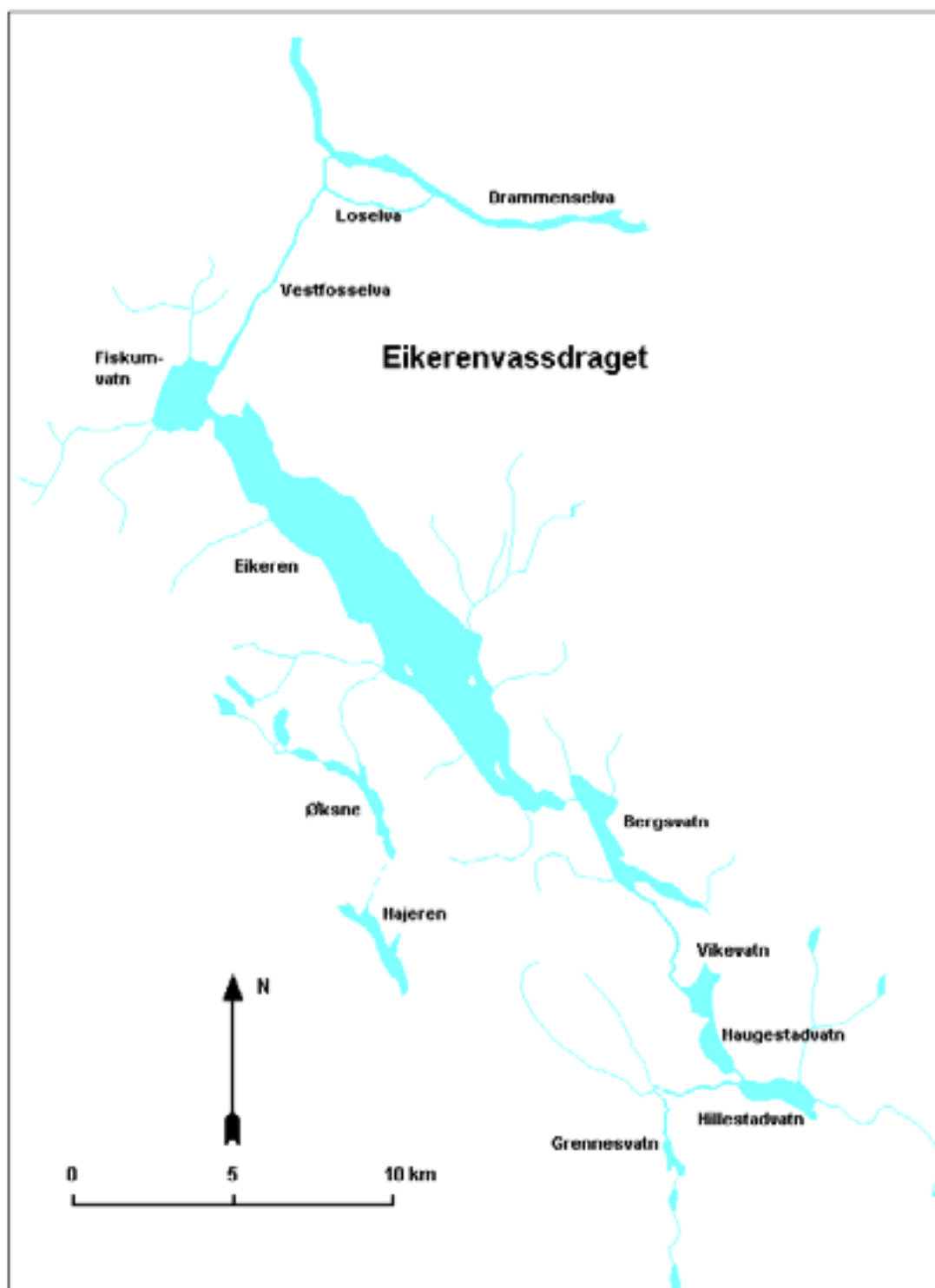
Eikeren har et overflateareal på 26 km². Middeldyp og største dybde er på henholdsvis 94 m og 156 m. Midlere avløp er 7 m³/s. Ved utløpet av Fiskumvatnet er nedbørfeltet på 506 km². Overflatearealet av Fiskumvatnet er 3 km², middeldypet 6 m, største dyp 20 m og midlere avløp 10 m³/s. Innsjøene ligger 18 m over havet.

I Vestfossen, ved utløpet av Fiskumvatnet, ligger Vestfossen kraftstasjon, Figur 2.2. Vannet kan ledes gjennom kraftstasjonen eller slippes forbi i det naturlige elveløpet over fossen. Vestfosselva deler seg etter 4.5 km i to løp og kalles da Loselva. Loselva renner ut i Drammenselva i en avstand fra Vestfossen på henholdsvis 5.5 km(nordre løp) og 8 km(søndre løp). Totalt nedbørfelt ved utløpet i Drammenselva er 513 km². Nedstøms Vestfossen har elveløpet en meget slak helning. Karakteristisk elvebredde er 30-40 m.

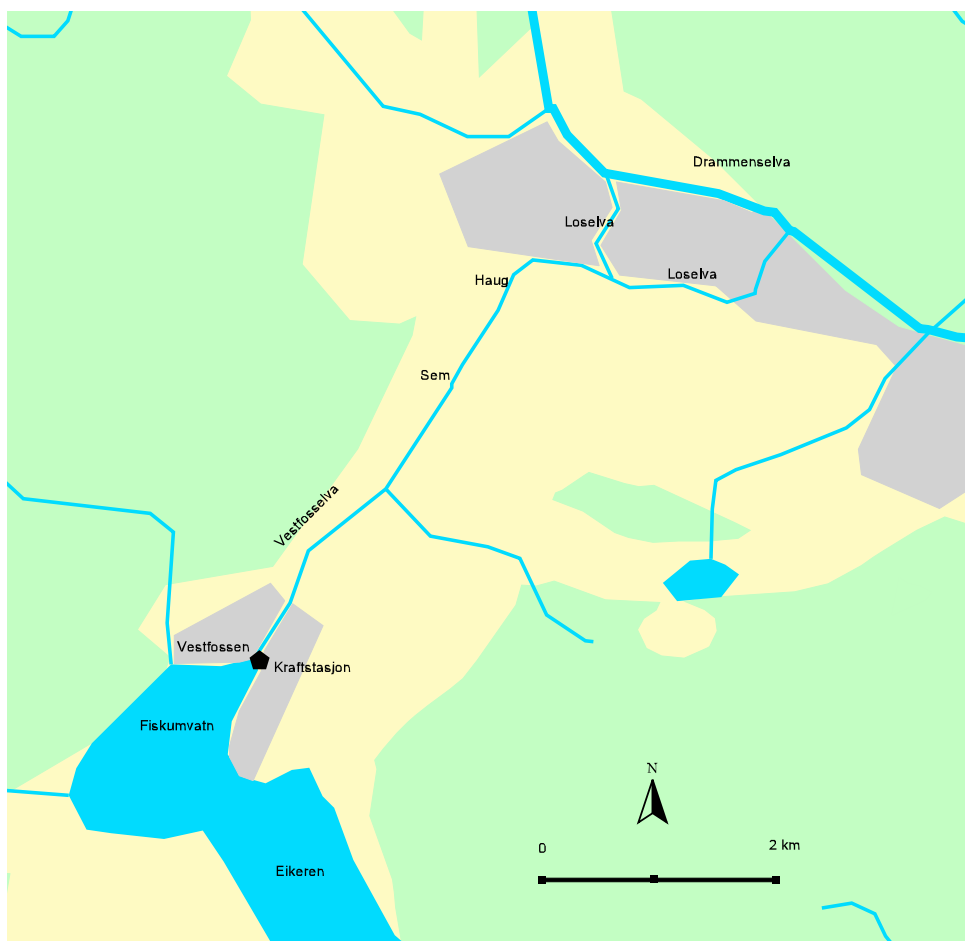
Like nedenfor Vestfossen består elvebunnen av grus og stein. Videre nedover renner elva i silt og leirholdig materiale. Området ligger under marin grense. Løsmassene består av fint materiale avsatt i hav under siste istid.

Ved Vestfossen og nederst mot Drammenselva er elva omgitt av tett bebyggelse. For øvrig renner den gjennom områder med jordbruksland. Det er vegetasjon, fortrinnsvis grass og busker, helt ned til elvebredden.

Kraftstasjonen ved Vestfossen kjøres på vannføringer over 6 m³/s. Ved lavere vannføringer stopper kraftproduksjonen og det slippes en minstevannføring i elva på 1.3 m³/s.



Figur 2.1 Oversiktskart over Eikeren og Fiskumvatnets nedbørfelt



Figur 2.2 Oversiktskart over Vestfosselva. Gult: dyrket mark, grønt: skog, grått: tett bosetning

3 Endret vannstand i Eikeren og Fiskumvannet, samt vannføring i Vestfosselva

3.1 Hydrologisk grunnlag for Eikerenvassdraget

De hydrologiske grunnlagsdata for Eikerenvassdraget er:

Felt	Areal km ²	Spesifikt avløp l/s km ²	Årlig avløp mill m ³
Eidsfoss	179	20.0	112.9
Hajeren (overført)	15	20.0	9.5
Eikeren	163	20.0	98.5
Fiskumvannet	156	17.5	86.1
Sum	513		307.0
Vannmerker:			
vm 12.193.0 Fiskum (1977-97)	49.9	15.3	24.1
vm 12.192.0 Sundbyfoss (1977-97)	79.9	21.1	53.3

Kilde: NVE, etter brev fra Berdal til Øvre Eiker Elverk 4. des 1987 og 15. feb 1988. Data for 12.193.0 Fiskum fra NVE 1. mars 1999, 12.192.0 Sundbyfoss 26. april 1999.

12.193.0 Fiskum og 12.192 Sundbyfoss har vært i drift siden 1976, og vurderingene er basert på data fra disse to stasjonen.

Årsavløpet for Fiskum har variert fra 14.8 mill m³ i 1989 til 42.9 mill m³ i 1988. Den tørreste sommeren (mai-september) for observasjonsperioden er 1989, med et tilsig på 1.6 mill m³ for vannmerket. Skalert til lokalfeltet for Eikeren/Fiskumvannet tilsvarer dette 11.3 mill m³, for hele feltet 20.8 mill m³. Den tørreste vinteren (november - mars) er 1995/96, med bare 0.71 mill m³ tilsig, tilsvarende 9.1 mill m³ for hele feltet. Dette er en ekstrem situasjon, det nest tørreste året har dobbelt så stort tilsig (1985/86). Til sammenligning utgjør fullt uttak til vannforsyning for Vestfold (1200 l/s) 15.9 mill m³ over fem måneder.

3.2 Magasiner i Eikerenvassdraget

Det er tre magasiner i Eikerenvassdraget, se nedenstående oversikt.

Navn på Magasin	Areal km ²	HRV m	LRV m	Volum mill m ³	Lokaltilsig g mill m ³ /år	Totaltilsig mill m ³ /år
Bergsvatnet	2.9	36	30	12.4	112.9	112.9
Hajern/Øksenvannet		412.80	403.0	30.0	27.6	27.6
Eikeren/Fiskumvann	27/2	19.00	17.50 ¹	44.0 ²	80.4/86.1	307.0
Sum				86.4	307.0	

Følgende referanseserier for tilsig er benyttet:

Navn	Lokaltilsig mill m ³ /år	Referanseserie
Bergsvatnet	112.9	12.192.0
Hajern/Øksenvannet	27.6	12.192.0
Eikeren/Fiskumvann	80.4/86.1	12.193.0

3.3 Kraftverk i Eikerenvassdraget

3.3.1 Hakavik

Hakavik har fire aggregater, men bare to er i bruk. Aggregat I, som har høyest virkningsgrad kjøres mesteparten av året, mens aggregat III kjøres om vinteren. Ved 2 MW effekt bruker aggregat I 385 l/s og aggregat III 645 l/s. Virkningsgrad ble målt i 1990 av Statkraft (Erik Rud). Kraftverket har en magasineringsgrad på over 100%, og står gjerne i sommermånedene. Det eneste konsesjonsvilkåret er at Hajern (ikke Øksenvannet) holdes på 410.40 utover sommeren - til 10. september.

Kraftverket har kort levetid i sin nåværende form - rørgaten er pålagt utskiftet, noe som nok vil føre til større endringer.

3.3.2 Eidsfoss

Eidsfoss har to aggregat, hver med en kapasitet på 2-3 m³/s. Det er ingen konsesjonspålegg for kraftverket, bortsett fra en selvpålagt målsetning om å holde Bergsvatnet høyt om sommeren. Det vil i praksis si at man kjører tilsiget om sommeren. Regulerings høyden (6 m) er en stor del av fallhøyden, så det vil normalt ikke være hensiktsmessig å tappe Bergsvatn langt ned.

3.3.3 Vestfossen

Vestfossen har ett aggregat med merkeeffekt 2.8 MW (bestpunkt 2.5 MW). Vannføringen gjennom aggregatet kan varieres fra 6.0 til 20 m³/s. Undervannet er på ca 2.5 m.o.h.

Konsesjonspåleggene er:

Minstevannføring nedstrøms 1.3 m³/s.

Minstevannstand i Eikeren/Fiskumvannet 17.80 fra 5/5 til 30/9.

¹ Reell laveste vannstand. Nominell LRV er 17.12moh, men den kan ikke nås uten oppmudring i utløpet.

² Reelt nyttbart volum. Nominelt magasinivolum er 53.9 mill m³.

Konstant vannstand fra 10/5 til 10/7 (av hensyn til hekkende fugl).

Det er en fordel å kjøre jevnt nær 6.0 m³/s i perioder med lavt tilsig for å unngå å måtte tappe minstevannføringen forbi kraftverket.

3.4 Simuleringer

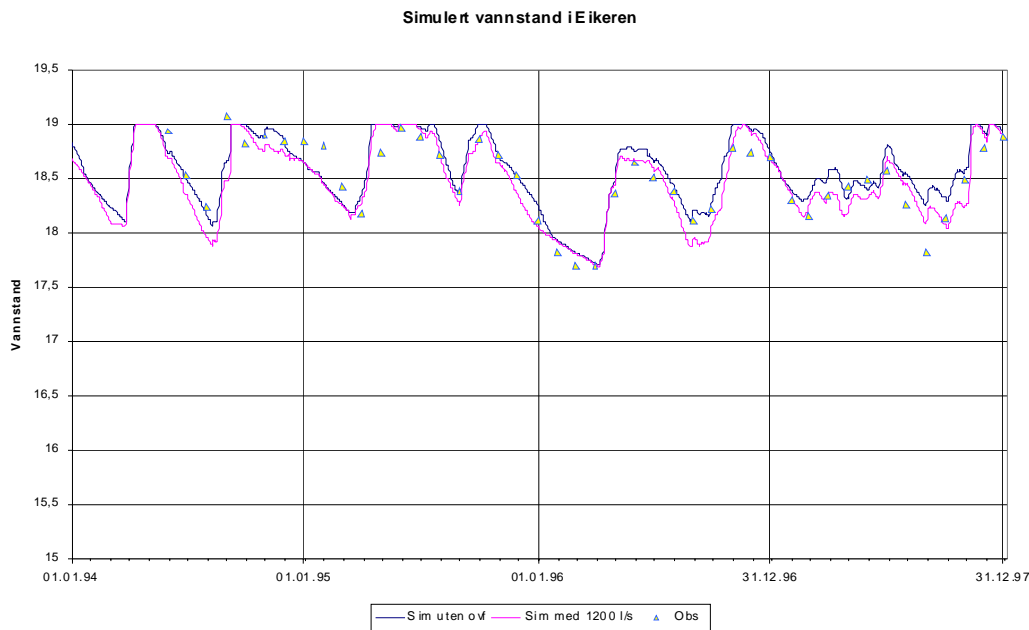
Det er utført enkle simuleringer av systemet Eidsfoss/Hakavik/Eikeren/Vestfossen på døgnbasis for 21-årsperioden 1977 til 1997. Simuleringsmodellen som er benyttet er ENMAG (utviklet av professor Ånund Killingtveit, Institutt for vassbygging, NTNU). Dette er en modell, som navnet antyder, bare håndterer et magasin. Dette er ikke noe problem for dette systemet, siden de tre kraftverkene opereres uavhengig. Det er altså gjort tre simuleringer, en for Bergsvatn/Eidsfoss, en for Øksnevn/Hakavik, og en for Eikeren/Vestfossen. Fordeling mellom Eikeren og Fiskumvann er gjort ved uavhengige regnearkberegninger.

Det er ikke lagt vekt på å optimalisere kraftverksdriften, men på å få fram simuleringer som er i rimelig overensstemmelse med dagens drift. For Hakavik er nedstengingen om sommeren gjort noe mer langvarig enn den normalt er i dag, siden dette kan være kritisk for strømmen mellom Eikeren og Fiskumvann. For Eikeren/Fiskumvann/Vestfossen er simuleringen primært utført for alternativene uten vannuttak til Vestfold (nåsituasjonen, det vil si inklusive forsyningen til Øvre Eiker på 32 l/s), med et konstant uttak på 1232 l/s (full forsyning av Vestfold), og tilslutt et drikkevannsuttak på 2400 l/s (full forsyning av Øvre Eiker, Vestfold og nedre Buskerud). Uttak på 200 l/s er også simulert, men dette gir marginale utslag.

PS. noen steder i figurene er de 32 l/s som tas ut fra Øvre Eiker Vannverk, tatt med mens de andre steder er utelatt. Dette lille uttaket har nærmest ingen innvirkning på simuleringsresultatene, så denne inkonsistensen er uten betydning.

De første simuleringene (Sæthun 1999) ble gjort uten historiske data fra Vestfossen kraftverk. Øvre Eiker Energiverk har velvilligst stilt kjøreloggen for kraftverket for perioden 1994-99 til vår disposisjon. Disse dataene har gitt mulighet for å justere modellens kjørestrategi for kraftverket til en mer realistisk representasjon av dagens kjørestrategi. Modellens strategi er en sesongvariabel fastkraftproduksjon med siktemagasinkurver (maksimum- og minimumsnivå varierende gjennom året).

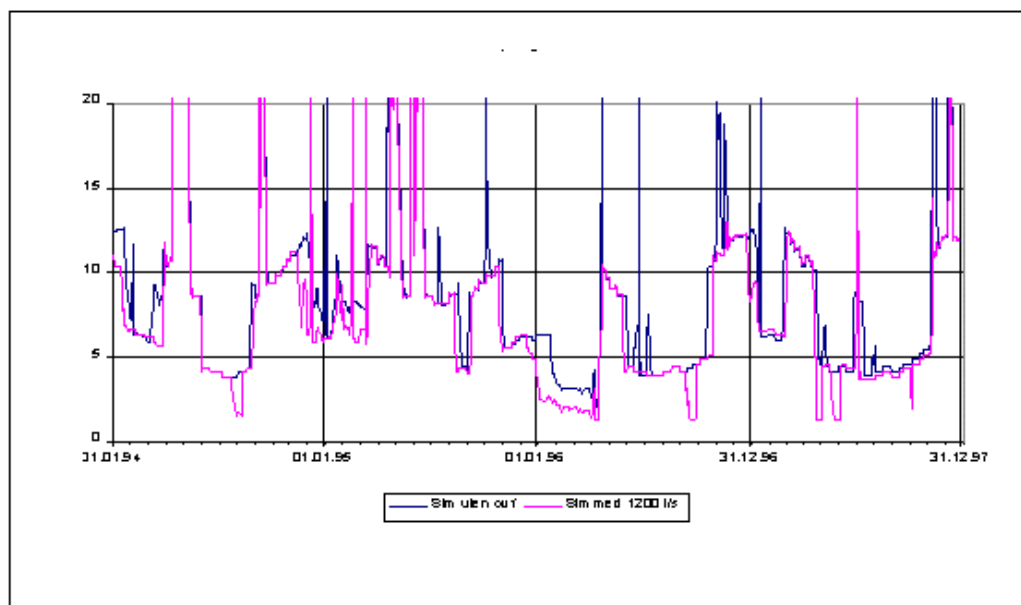
Simuleringene av vannstand i Fiskumvannet, etter modifisert kjørestrategi, er vist i figurene 3.1 - 3.8.



Figur 3.1 Simulert og observert vannstand i Fiskumvannet med og uten drikkevannsuttak, 1200 l/s

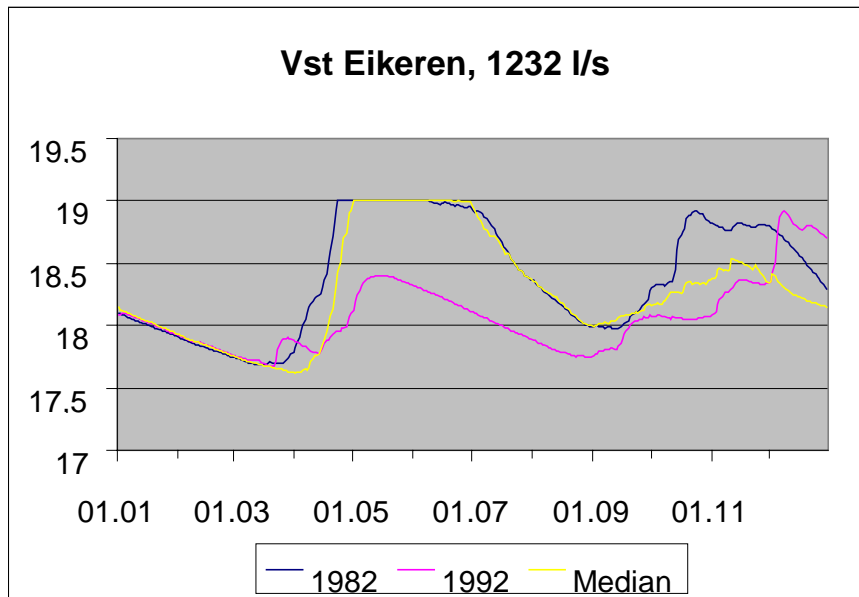
Figuren viser også vannstandene simulert ved et uttak på 1200 l/s. Vannstandsvariasjonene blir noe større, men ikke dramatiske. Vannivået kan typisk bli 20 cm lavere ved laveste nedtapping på ettersommer/høst.

Simulerte vassføringer for samme periode i Vestfosselva er vist i Figur 3.2, med og uten uttak av vann.

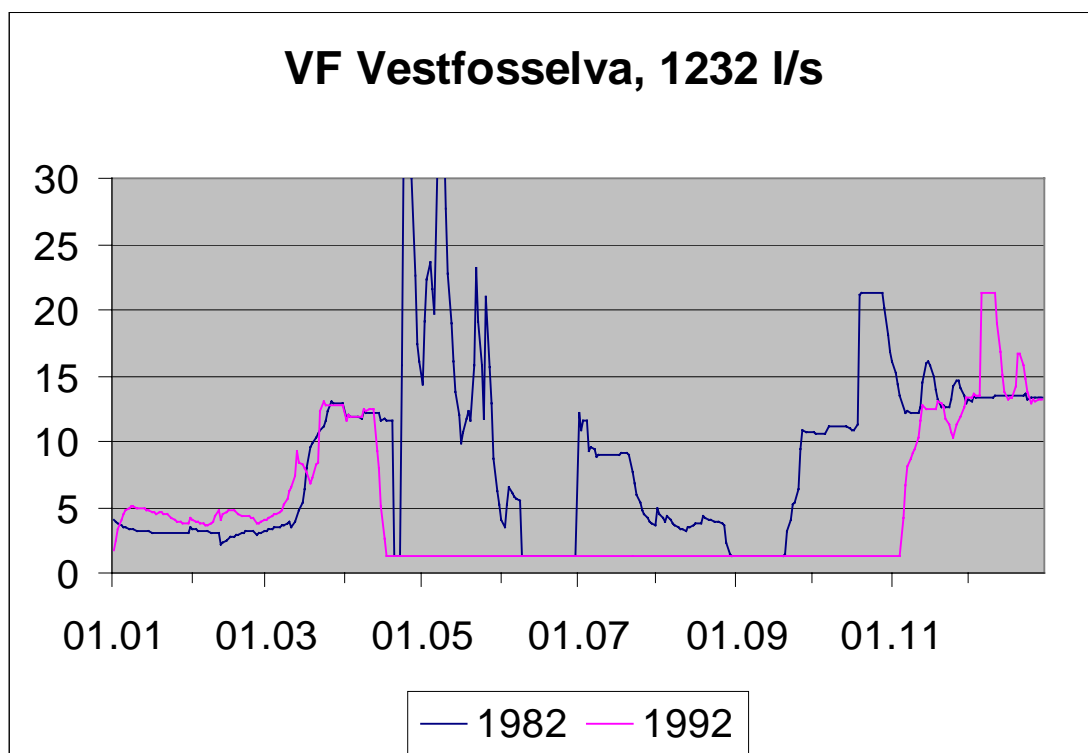


Figur 3.2 Simulert vannføring i Vestfosselva med og uten drikkevannsuttak (1200 l/s)

I Figur 3.3 Figur 3.4 er vist simuleringer av vannstand i Eikeren/Fiskumvannet og vannføring i Vestfosselva i sommerhalvåret for et normalår og for et tørrår ved uttak av 1232 l/s (full forsyning av VIV og Øvre Eiker).

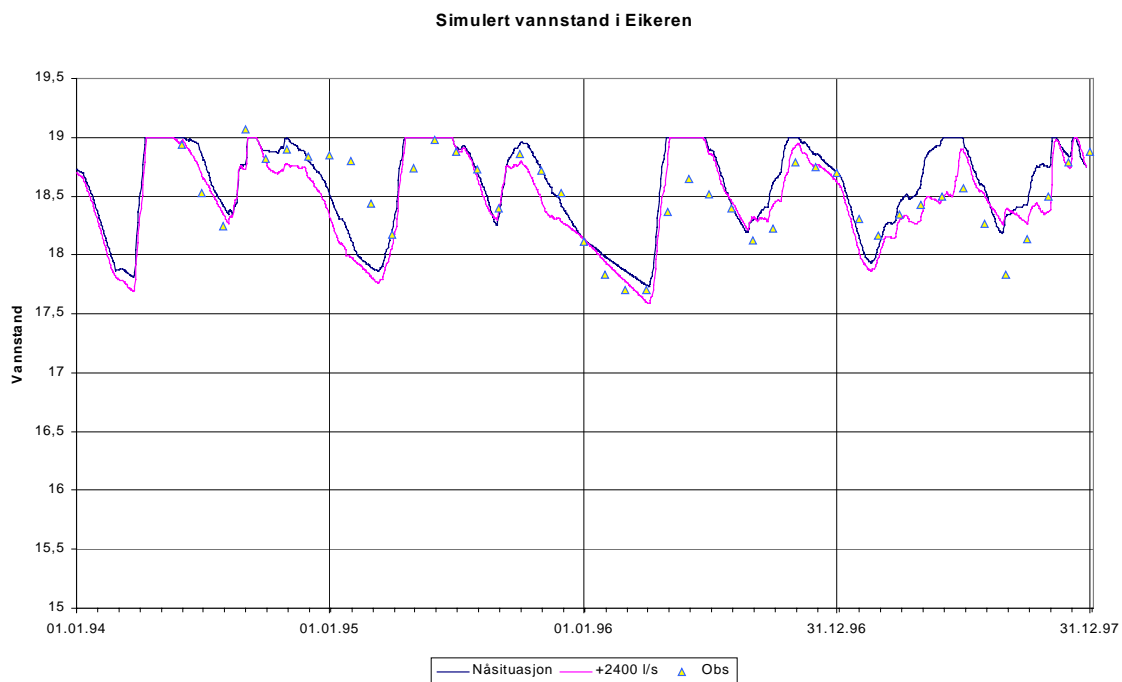


Figur 3.3 Konstant uttak 1232 l/s, vannstand i Eikeren normalår og tørrår, samt medianvannstand gjennom året.

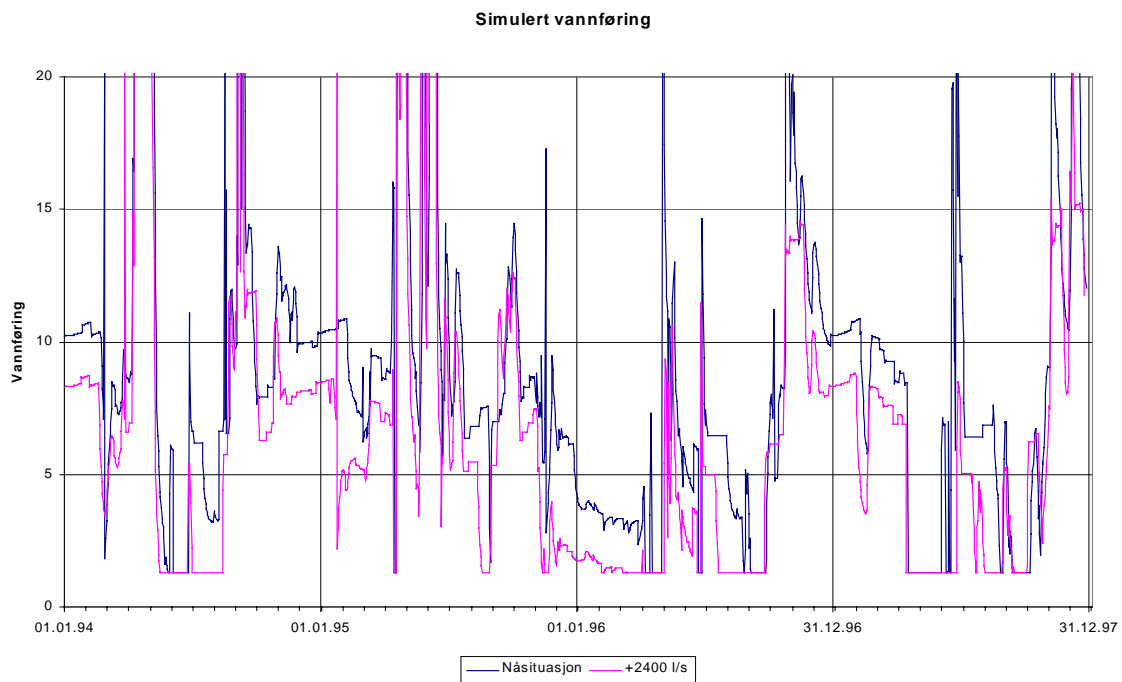


Figur 3.4 Konstant uttak, 1232 l/s, vassføring i Vestfosselva, normalår og tørrår

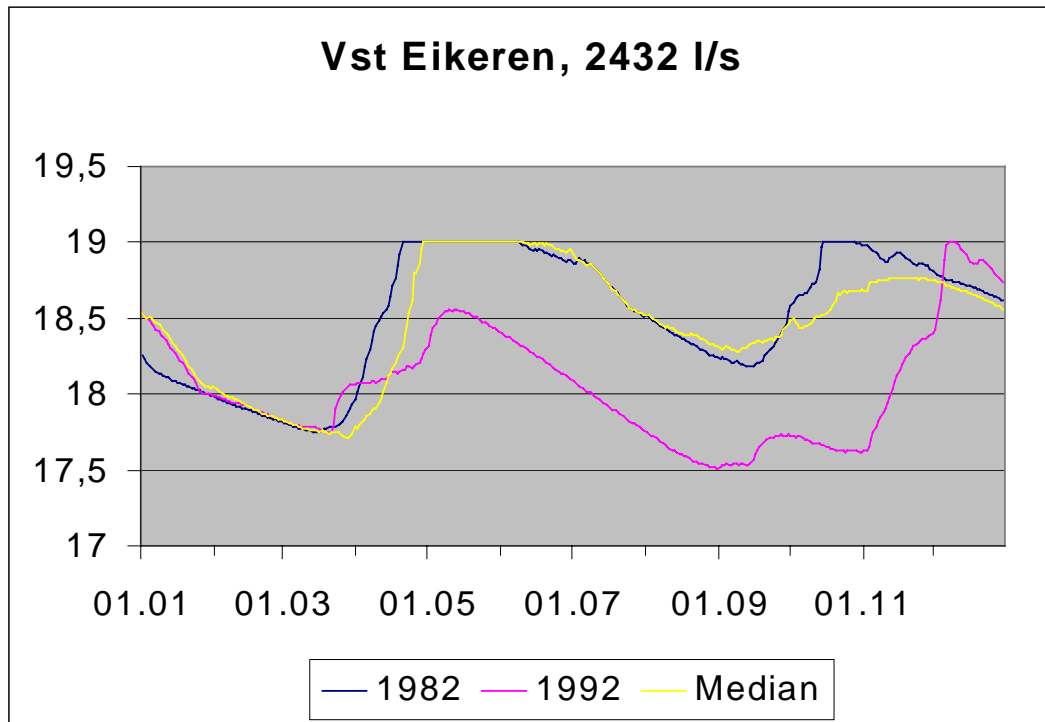
I figur 3.5 - 3.8 er det gjort samme simuleringer som over, men da med full vannforsyning til Vestfold, nedre Buskerud og Øvre Eiker kommune (jevnt uttak hele året på 2432 l/s).



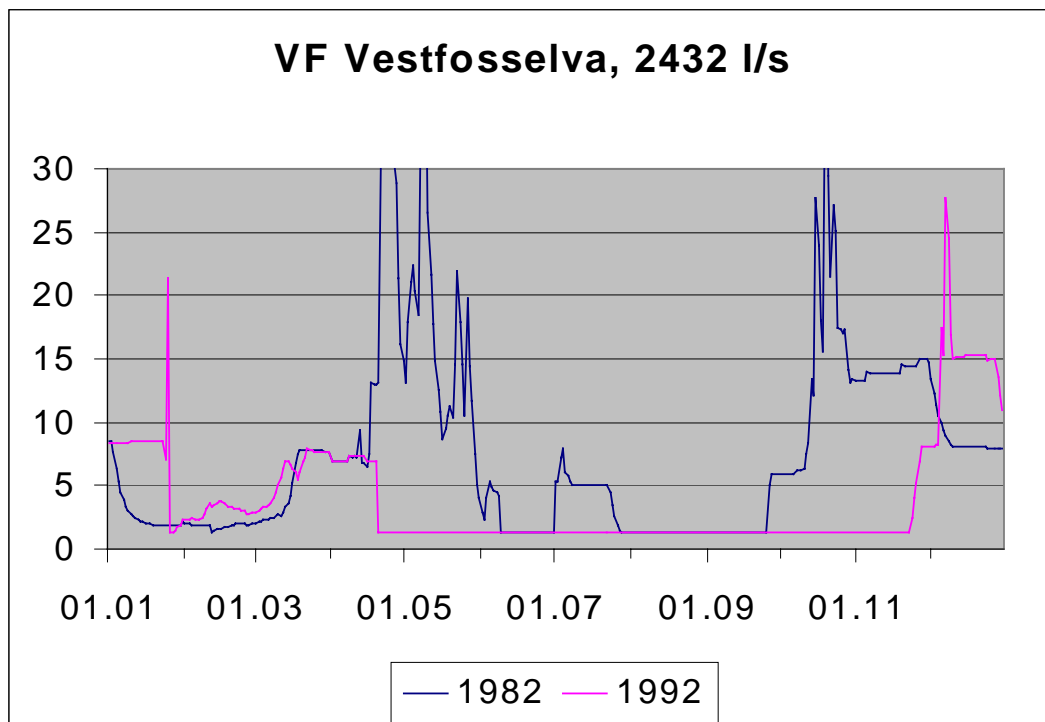
Figur 3.5 Konstant uttak 2432 l/s, vannstand i Eikeren for perioden 1994-1997, sammenlignet med simulert og observert nåsituasjon.



Figur 3.6 Konstant uttak, 2432 l/s, vassføring i Vestfosselva sammenlignet med "nåsituasjon".



Figur 3.7 Konstant uttak 2432 l/s, vannstand i Eikeren normalår og tørrår, samt medianvannstand gjennom året.



Figur 3.8 Konstant uttak, 2432 l/s, vassføring i Vestfosselva, normalår og tørrår

Nøkkelen til å få til storstilt vannforsyning fra Eikeren ligger i kjørestrategien for kraftverket i Vestfossen. Paradoksalt nok vil uttak av vann til Vestfold føre til en miljømessig "snillere" kjøring av Eikerensystemet, ut fra behovet for å holde større magasinreserver for å møte perioder med ekstremt lavt tilsig.

Som det fremgår av figurene vil forskjellene først og fremst gi utslag i at periodene med minstevannføring i Vestfosselva øker signifikant ved storstilt utnyttelse av Eikeren som drikkevannskilde. Vannstandene vil bli lavere på ettersommeren i tørrår, men ikke dramatisk lavere enn de er i tørrår i dag. I Tabell 3.1 er antall dager med minstevannføring ved de ulike uttaksalternativer talt opp. Ser man på et normalår så vil ikke antall dager med minstevannføring øke om bare VIV og Øvre Eiker skal forsynes. I et tørrår vil VIVs fulle uttak medføre at antall dager med minstevannføring fordobles. Hvis både Vestfold, nedre Buskerud og Øvre Eiker skal forsynes fullt ut, vil antall dager med minstevannføring fordobles både i tørrår og normalår.

I følge opplysninger gitt under befaringen ved Vestfossen kraftstasjon var det ca. 30 stopp i kraftproduksjonen i løpet av et år med påslipp av minstevannføring på 1.3 m³/s. Nå vil det være snakk om å sette inn et mindre aggregat som kan utnytt vannføringer mellom 6 m³/s og minstevannføringen. Dette vil føre til mer jevn nedkjøring og oppkjøring av vannføringen ved endret tilsig enn dagens praksis, noe som er en fordel både med hensyn til redusert erosjon i Vestfosselva og mindre strandingsproblemer for fisk og andre ferkvannsorganismer.

Tabell 3.1 Medianvannføring og antall dager med minstevannføring i Vestfosselva i dag og ved ulike uttak. Vanlig og full utnyttelse av magasinet er tatt med.

Situasjon	Medianvannf.	Middelår	"normalår"	"tørrår"	
i dag	vanlig	8.1	48	45	123
	full	9.0	47	40	103
uttak 200 l/s	vanlig	7.9	52	46	132
	full	9.0	52	42	104
uttak 1200 l/s	full	6.5	63	46	202
uttak 2400 l/s	full	5.6	88	82	216

4 Endret vannføring ved Vestfossen - hydraulisk respons nedover i Vestfosselva

4.1 Observasjoner under befaringen

Under befaringen 14.oktober 1999 var vannføringen gjennom kraftstasjonen 20 m³/s. Vannføringen ble så redusert til 6 m³/s i 15 minutter og videre ned til minstevannføringen på 1.3 m³/s som ble opprettholdt i to timer og et kvarter. Minstevannføringen ble kun sluppet over fossen. Det ble målt hvor raskt vannstanden reagerte nedover i elva like under Vestfossen, ved Sem 2.5 km nedstrøms og ved brua ved Haug 3.7 km nedstrøms, Tabell 4.1 og Figur 2.2.

I elva like nedenfor kraftstasjonen sank vannstanden i løpet av det første kvarteret med 40 cm. Ved nedkjøring til minstevannføringen sank vannstanden ytterligere 20 cm i løpet av det neste kvarteret for til slutt å stabilisere seg 15 cm lavere i løpet av den følgende timen. Totalt hadde vannstanden sunket 75 cm fra vannføringer på 20 m³/s til 1.3 m³/s i løpet av 1.5 time. Ved målestasjonene 2.5 km og 3.5 km nedenfor reagerte elva langsommere. I løpet av 3 timer sank vannstanden jevnlig med henholdsvis 50 og 44 cm.

Ved 20 m³/s var elveløpet fullt. Det var følgelig mye vann som skulle renne ut av elveløpet før vannstanden ble redusert til et nivå som tilsvarer 1.3 m³/s som ble sluppet over fossen. Tiden med redusert vannføring på 2.5 timer var for liten til at effekten av vannføringsendringen ved Vestfossen i særlig grad påvirket vannstanden i de nedre delene av elveløpet.

Tabell 4.1 Vannstand i Vestfosselva ved redusert vannføring fra 20 m³/s til 1.3 m³/s ved Vestfossen . Observasjoner ved befaringen 14.10.99

<i>tid</i>	<i>Vannføring (m³/s)</i> <i>nedенfor Vestfossen</i>	<i>Vannstand (cm)</i> <i>nedенfor Vestfossen</i> <i>0 km</i>	<i>Vannstand (cm)</i> <i>Haug</i> <i>2.5 km</i>	<i>Vannstand (cm)</i> <i>Sem - ved bru</i> <i>3.7 km</i>
1300	20	0	0	0
1300	6			
1315	6	-40	0	0
1315	1.5		0	0
1325	1.5	-60		-5
1345	1.5		-14	-14
1400	1.5		-20	-21
1415	1.5		-27	
1425	1.5	-75		-30
1500	1.5	-75		
1530	20			
1615	20		-44	
1625	20		-37	

4.2 Simuleringer

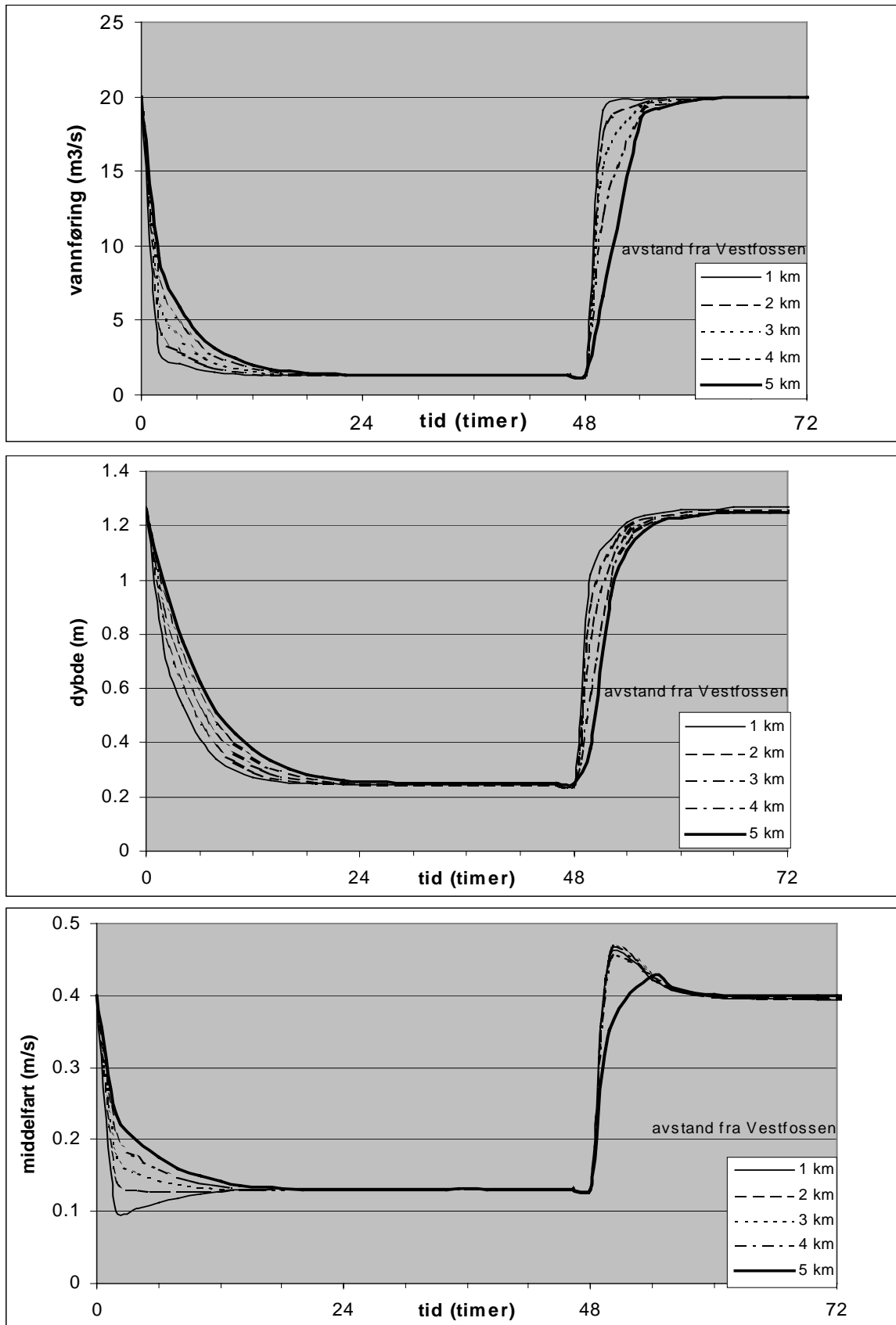
Vi ønsket å vite hvordan vannstanden i elveløpet ville ha reagert om minstevannføringspåsippet hadde vedvart. Av hensyn til erosjon var det enda mer interessant å vite hvor raskt vannstanden ville stige ved økt påslipp fra minstevannføringen til $20 \text{ m}^3/\text{s}$. Den mest hyppig forekommende situasjonen vil være en vannføringsregulering mellom $6 \text{ m}^3/\text{s}$ og $1.3 \text{ m}^3/\text{s}$ forekommende i perioder med lite tilsig. For å finne svar på disse spørsmålene ble det utført simuleringer ved den matematisk modellen, Dynhyd (Ambrose and Martin 1993).

Simuleringen startet med at vannstanden langs hele elveløpet tilsvarte en vannføring på $20 \text{ m}^3/\text{s}$ gjennom kraftstasjonen, d.v.s. som på observasjonsdagen. Vannføringen ble så redusert til $1.3 \text{ m}^3/\text{s}$ og opprettholdt i to døgn for så å øke til $20 \text{ m}^3/\text{s}$ igjen. Ifølge simuleringene sank vannstanden ca. 1 m fra 1.3 m til 0.25 m, Figur 4.1. Hele elvestrekningen kom i likevekt med påslippet etter ca. et døgn. En kilometer nedstrøms fossen sank vannstanden til det halve i løpet av tre timer, d.v.s. ca. 20 cm pr. time. Fem kilometer nedenfor fossen tok dette dobbelt så lang tid. Økt vannføring til $20 \text{ m}^3/\text{s}$ ga langt raskere respons enn ved redusert vannføring. Hele elvestrekningen kom i likevekt med påslippet etter omlag ett halvt døgn. Halvparten av økningen, 60 cm, skjedde i løpet av et 2-3 timer, d.v.s. en vannstandsending på 30-20 cm pr. time. Det tok lenger tid før de nedre delene av elva reagerte, men når "bølgen" først nådde fram skjedde størsteparten av stigningen med omtrent samme fart. Vannet får de største hastighetene og størst evne til erosjon når bølgetoppen passerer. En mer gradvis opptrapping av vannføringen vil redusere erosjonspotensialet. Imidlertid var midlere strømhastighet i elveløpet under 50 cm/s , hvilket betyr at elva kan betegnes langsomtflytende og med liten evne til å erodere.

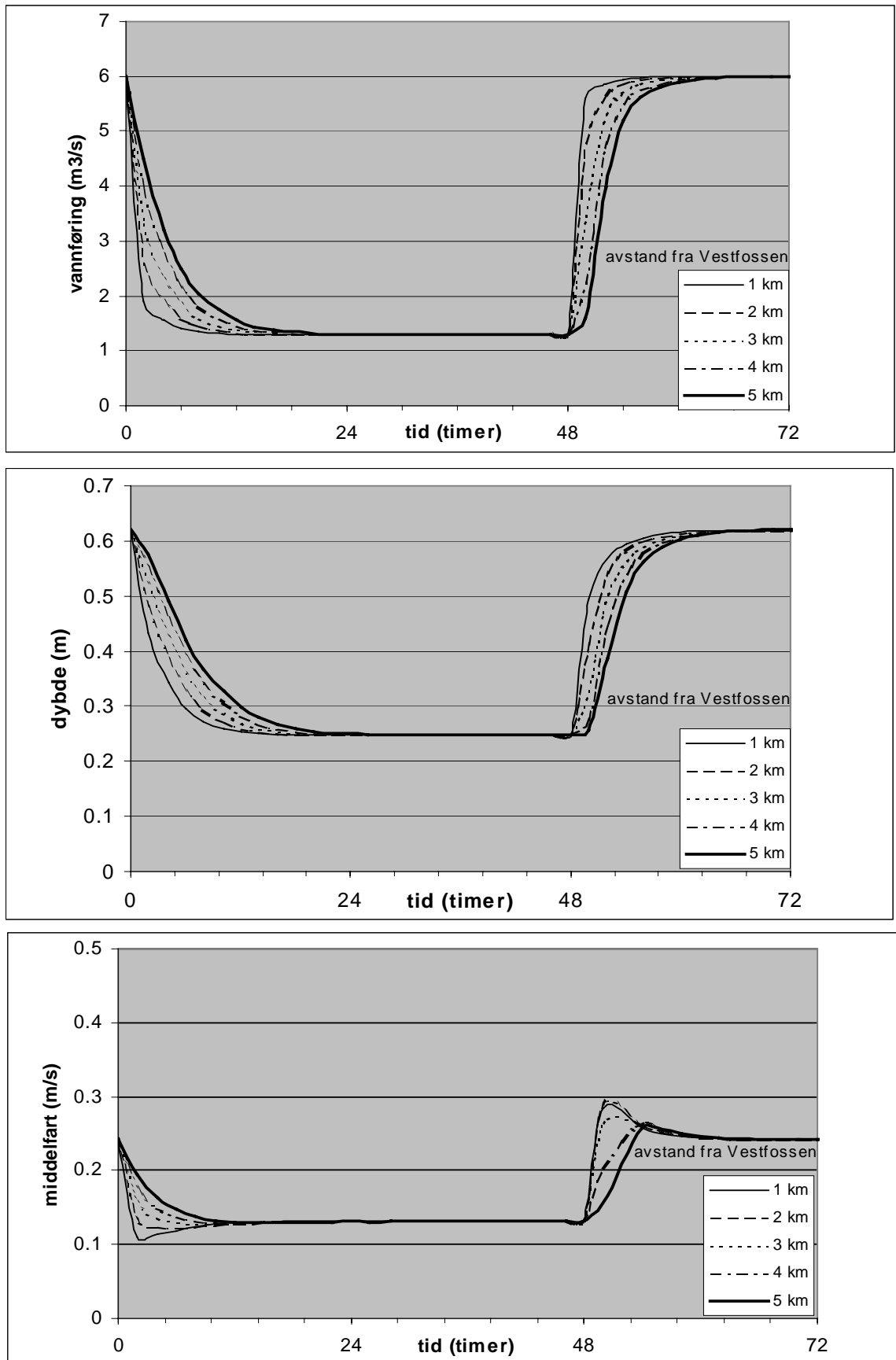
Reduksjon fra $6 \text{ m}^3/\text{s}$ til $1.3 \text{ m}^3/\text{s}$ førte til en største synkehastighet på ca. 10 cm/time og 3 cm/time etter henholdsvis 1 kilometer og 5 kilometer, Figur 4.2. Tilsvarende stigningsfart ved økt vannføring til $6 \text{ m}^3/\text{s}$ var 15 cm/time og 5 cm/time . Vannets middelfart i elveløpet var under 30 cm/s .

Et mer vanlig forekommende hendelsesforløp er at en vannføring ved kraftstasjonen på $6 \text{ m}^3/\text{s}$ blir avbrutt av en av en minstevannføring på $1.3 \text{ m}^3/\text{s}$ med en varighet på 3 timer. Responsen i elveløpet blir langt mindre enn i de forgående eksemplene, se Figur 4.3. Vannstanden rakk ikke å komme i likevekt med påslippet før vannføringen økte igjen, selv ikke etter en kilometer.

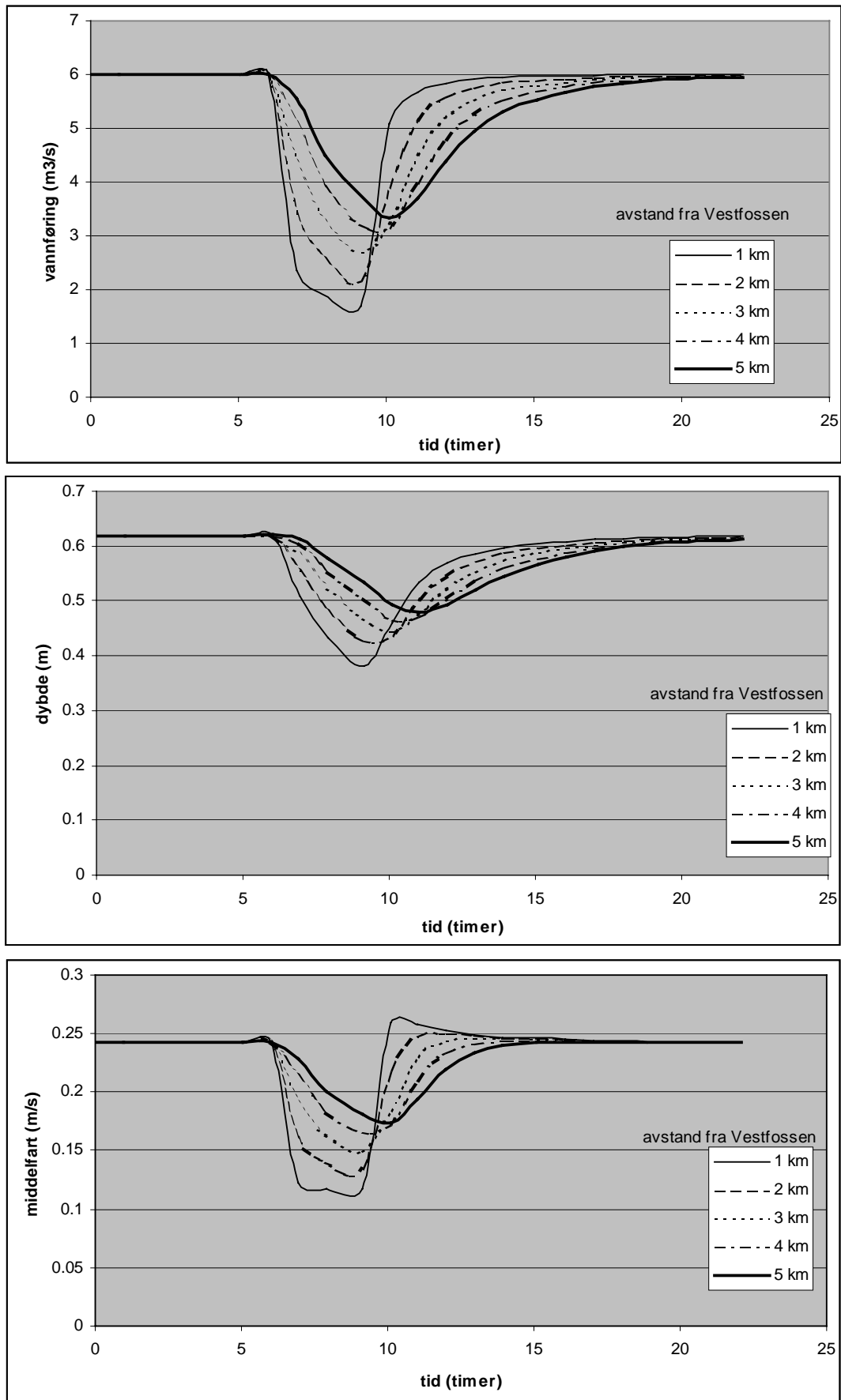
Simuleringene har tatt utgangspunkt i en midlere elvebredde på 40 m ut fra målinger på kart. Kontrollmålinger foretatt av kartkontoret til Øvre Eiker kommune, viser at midlere elvebredde ligger mellom 30 og 35 m. Det vil si at vanddybene som vi kommer fram til i simuleringene er ca 10 cm mindre enn de skulle ha vært. En mer nøyaktig målinger i felt av tverrprofiler og gradienter i lengderetning ville gitt mer nyanserte resultater. Imidlertid var det godt samsvar med observasjonene på befaringdagen. Sommeren 2001 ble elven dessuten padlet med kano under en langvarig periode med minstevannføring, hvor det ble gjort enkle målinger og vurderinger av dybdeforhold. Terskler gjør at elven i lange strekninger er dypere enn modellsimuleringene tilsier, mens i "strykpartiene" nedstrøms tersklene, kunne det også være grunnere. I disse grunne partiene subbet kanoen ofte bunnen. Simuleringene gir et tilstrekkelig nyansert bilde av hvordan raskt endret vannføring ved Vestfossen forplanter seg nedover i elveløpet, og resultatene kan nyttes som grunnlag for en kvalitativ bedømmelse av erosjonsfare.



Figur 4.1 Respons i Vestfosselva ved 20 m³/s avbrutt av langvarig minstevannføring



Figur 4.2 Respons i Vestfosselva ved 6 m³/s avbrutt av langvarig minstevannføring



Figur 4.3 Respons i Vestfosselva ved 6 m³/s avbrutt av minstevannføring i 3 timer

5 Diskusjon – konklusjoner

Erosjon langs strendene av en innsjø skjer generelt ved at bølger eroderer i tørrlagte og vegetasjonsfrie strender og eventuelt forårsaker utglidning av masser. Et vannverksuttak på 2400 l/s vil ifølge simuleringene i liten grad endre vannstanden i Eikeren i forhold til i dag uansett strategi for kjøring av kraftstasjonen, med unntak av at det vil bli litt lavere vannstand på ettersommeren. Det mest ugunstigste simulerte scenariet gjaldt en kombinasjon av ”hard kjøring” av kraftstasjonen og ikke vannverksuttak. Denne urealistiske kombinasjonen medførte jevnlig noe lavere vannstand, dog sjeldent mer enn ½ m i forskjell. Strendene langs Eikeren/Fiskumvatn som i dag anses som lite erosjonsutsatte vil også forbli dette i fremtiden.

I Vestfosselva består elveleiet av finkornet materiale som er lett både å erodere og transportere. For øvrig er elva fra naturens side godt beskyttet mot erosjon. Elva renner i et nesten flatt landskap slik at vannets eroderende kraft er relativt liten. Områdene nær elvebredden er slake og fortrinnsvis grassbevokst. Det er kun helt lokalt observert enkelte sår på grunn av tråkk fra husdyr som drikker vann fra elva. Det er ingen områder med bratte kanter hvor erosjon kan medføre utglidning av større masser.

Under vanlig drift av kraftstasjonen er vannføringen i Vestfosselva ca. 10 m³/s om vinteren og 6 m³/s om sommeren. I følge opplysninger under befaringen ved Vestfossen kraftselskap var det ca. 30 stopp i kraftproduksjonen i løpet av et år med påslipp av minstevannføring på 1.3 m³/s. Det var flest korvarige stopp med kjøring av minstevannføring, hver stopp var 1 – 3 timer. I følge simuleringene får en slik kort reduksjonstid kun en moderat effekt. Det er også mer langvarige perioder med minstevannføring som følge av for lite tilsig.

Økt vannverksvannuttak vil øke varigheten av lave vannføringer i elva. Ved å avtak i vannføringen reduseres vannets eroderende kraft, slik at dette ikke skulle ha noen uheldig virkning. Ved stigende vannføring blir forholdet motsatt. Det mest ugunstige scenariet er lang tid med minstevannføring fulgt av en rask økning til høy vannføring, f.eks. til 20 m³/s, med varighet som blir opprettholdt i minst et halvt døgn. Området like nedenfor fossen blir mest utsatt. Imidlertid består elveløpet der av grovt materiale, stein og grus, slik at dette ikke vil medføre noen fare for uønsket erosjon her. Lenger ned vil siltig materiale som ligger på bunnen bli erodert og transportert nedover. Vannet fart, som i middel for alle tverrsnittet over elva neppe vil overskride 0.5 m/s, er såpass lav at elva generelt kan betegnes som langsomt-flytende og lite erosjonsutsatt.

Da vi ikke kan påvise spesielle utsatte strekninger med større gradient og bratte kanter i yttersving m.m., anser vi det for meget lite sannsynlig at det vil oppstå uheldige effekter som følge av erosjon. En eventuell økning av antall ganger av prosedyren reduksjon og påslipp av vann i løpet av året, vil neppe få påviselige følger.

Redusert vannføring i Vestfosselva gjør at elva får redusert transportevne med hensyn til sedimenter. Dette fører til at partikler som transporteres i suspensjon og langs bunnen i økt grad midlertidig sedimenterer før de igjen transporteres videre nedover når vannføringen blir tilstrekkelig høy. Dette kan medvirke til noe økt dannelsen av banker i elveløpet.

Det arbeides med planer om å installere en ny turbin i Vestfossen kraftstasjon som kan ta mindre vannføringer enn 6 m³/s (slik som dagens), noe som vil medføre en jevnere opp- og nedkjøring ved skifte mellom minstevannføring og produksjonsvannføring. Dette vil redusere erosjonsfaren ytterligere.

6 Referanser

Ambrose R.B. and Martin J.L. 1993: The Dynamic Estuary Model Hydrodynamics Program, DYNHYD5 model documentation and user manual, Environmental Research Laboratory, Athens, Georgia

Sælthun, N.R. 1999. Hydrologiske vurderinger i forbindelse med uttak av drikkevann fra Eikeren. NIVA-rapport, Lnr 4071-99, 17 sider.

Sælthun, N.R. 2002. Eikeren som ny drikkevannskilde for Vestfold og nedre Buskerud - Hydrologiske simuleringer og vurderinger., NIVA-rapport, In Press, ca 60 sider.