



Flomberegning for Audna ved Konsmo, 023.B

Erik Holmqvist

2
2006



D
O
K
U
M
E
N
T

Flomberegning for Audna ved Konsmo

Norges vassdrags- og energidirektorat

2006

Dokument nr. 2 – 2006.

Flomberegning for Audna ved Konsmo, 023.B

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Forfatter: Erik Holmqvist

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 30

Forsidefoto: Audna ved Helle under flommen 3. desember 1992.
Foto: Trond Bendixen, Audnedal kommune

ISSN: 1501-2840

Sammendrag: Det er utført flomberegninger for Audna ved Konsmo som grunnlag for vannlinjeberegning og flomsonekartlegging.

Emneord: Flomberegning, flomvannføring, flomsonekartprosjektet.

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

Mai 2006

Innhold

Forord	4
Sammendrag	5
1. Beskrivelse av oppgaven	6
2. Beskrivelse av vassdraget	6
3. Hydrometriske stasjoner	10
4. Flomanalyser	12
4.1 Observerte flommer	12
4.2 Midlere flom	14
4.3 5- 500 års flom	17
4.4 Kulminasjonsverdier	20
5. Forholdet til tidligere flomberegninger	21
6. Usikkerhet	22
Referanser	23
Vedlegg: Vannføringstabell for 23.11 Ytre Øydnavatn	24

Forord

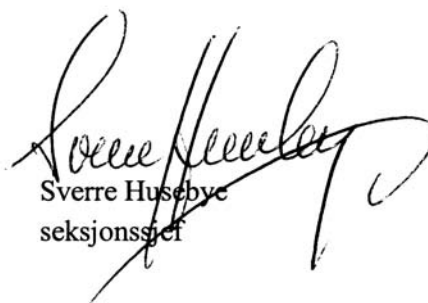
Flomsonekart er et viktig hjelpemiddel for arealdisponering langs vassdrag og for beredskapsplanlegging. NVE arbeider med å lage flomsonekart for flomutsatte elvestrekninger i Norge. Som et ledd i utarbeidelse av slike kart må flomvannføringer beregnes. Grunnlaget for flomberegninger er NVEs omfattende database over observerte vannstander og vannføringer, og NVEs hydrologiske analyseprogrammer, for eksempel det som benyttes for flomfrekvensanalyser.

Denne rapporten gir resultatene av en flomberegning som er utført i forbindelse med flomsonekartlegging for Audna i Vest-Agder. Rapporten er utarbeidet av Erik Holmqvist og kvalitetskontrollert av Lars-Evan Pettersson.

Oslo, mai 2006



Morten Johnsrud
avdelingsdirektør



Sverre Husebye
seksjonssjef

Sammendrag

Flomberegningene er utført som en del av NVEs flomsonekartprosjekt fs 023_1 Konsmo. Det er høst- og vinterflommer som dominerer i Audna. Vannføringen er vanligvis minst i sommermånedene. Resultatene av analysene er sammenfattet i tabell 1.

Ved stasjonen 23.11 Ytre Øydnvatn, som ligger i Audna, er vannstand/ vannføring registrert i perioden 1985-93. Selv om observasjonene disse årene ikke er komplette, gir de god støtte ved vurdering av flomforholdene i Audna. I desember 1992 var det en svært stor flom i Audna. Den hadde sannsynligvis et gjentaksintervall på 50 til 100 år.

For Audna er det antatt et forholdstall på 1,1 mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring.

Tabell 1.
Kulminasjonsvannføringer med gjentaksintervall opp til 500 år.

	Areal	QM	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500
	km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Audna ved utløp Ytre Øydnvatn	135,0	49	61	71	78	92	100	111	122
Audna nedstrøms samløp med Hellevassbekken	167,3	61	75	87	97	114	124	138	151
Audna nedstrøms samløp med bekk fra Rendlevatnet	192,4	70	87	101	111	131	143	159	174

I en klassifisering fra 1 til 3, hvor 1 tilsvarer beste klasse, vil disse beregningene gis klasse 2.

1. Beskrivelse av oppgaven

Flomsonekart skal konstrueres for en ca. 7 km lang strekning langs Audna ved Konsmo. Delprosjektets nummer og navn i NVEs flomsonekartprosjekt er fs 023_1 Konsmo. Som grunnlag for denne konstruksjonen er midlere flom og flommer med gjentaksintervall 5, 10, 20, 50, 100, 200 og 500 år beregnet.

I tabell 2 er det gitt en oversikt over hvilke punkter i vassdraget det er gjennomført beregninger for.

Tabell 2
Nedbørfelt.

	Areal (km ²)
Audna ved utløp Ytre Øydnvatn	135,0
Audna nedstrøms samløp med Hellevassbekken	167,3
Audna nedstrøms samløp med bekk fra Rendlevatnet	192,4

2. Beskrivelse av vassdraget

Audna har en utstrekning nord - sør på 50 km og øst - vest på omkring 10 km (figur 1 og 2). Nedbørfeltet er drøyt 456 km². Nedbørfeltet er dominert av et småkupert skogs-terreng som i hovedsak ligger mellom 100 og 500 moh (figur 3). I øst og nord avgrenses nedbørfeltet av Mandalsvassdraget og i vest av Lygna.

Det er to relativt store innsjøer i øvre del av vassdraget som har en flomdempende effekt på Audna. Det er Øvre og Ytre Øydnvatn som er henholdsvis 3,1 og 3,2 km² store. Fra Øvre Øydnvatn, som ligger 112 moh, renner elva en strekning på 1,5 – 2 km før den når Ytre Øydnvatn som ligger 96 moh. Ved utløp av Ytre Øydnvatn har Audna et nedbørfelt på 135 km². Herifra renner Audna gjennom flere mindre tettsteder, Audnedal, Helle, Konsmo og Seland som ligger på strekningen som skal kartlegges.

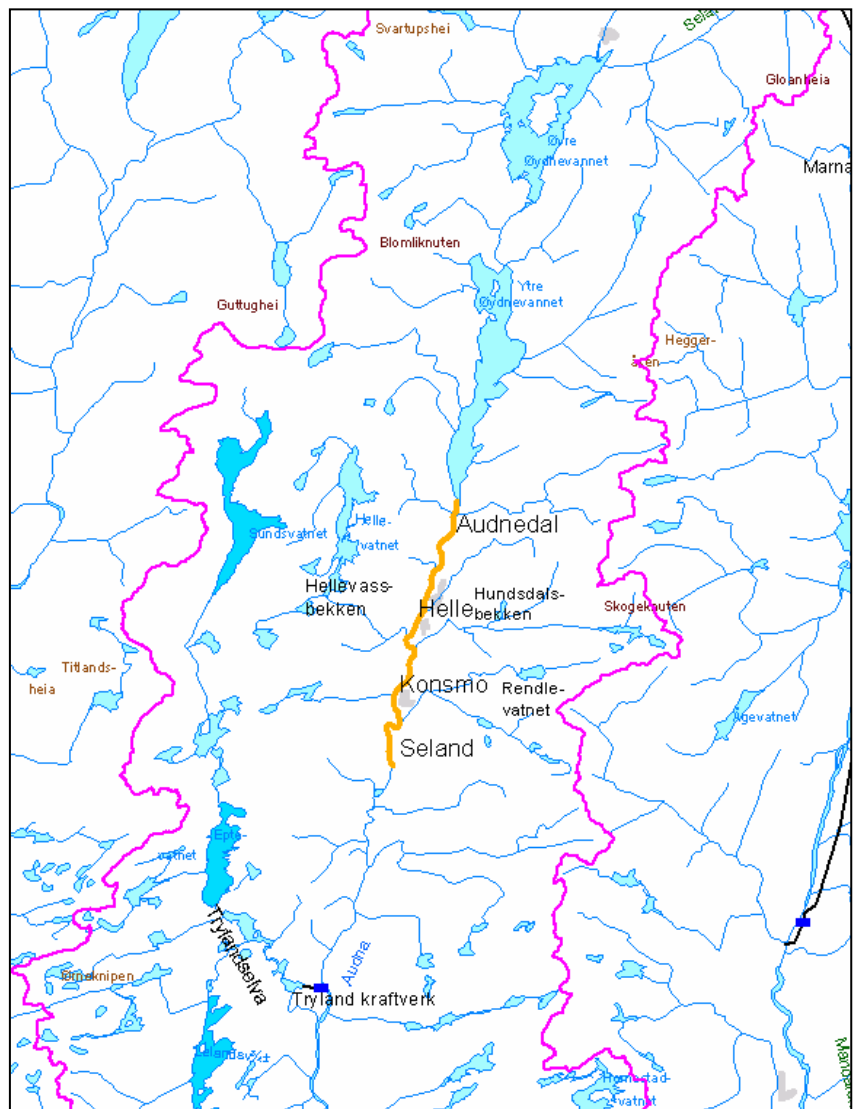
På denne strekningen får Audna tilløp fra blant annet Hellevassbekken fra vest og Hundsdalsbekken fra øst. Nedbørfeltet til Hellevassbekken er 16,2 km², også her er det en relativt stor innsjø, Hellevatn med et areal på 1,1 km². Nedbørfeltet til Hundsdalsbekken er 9,1 km².

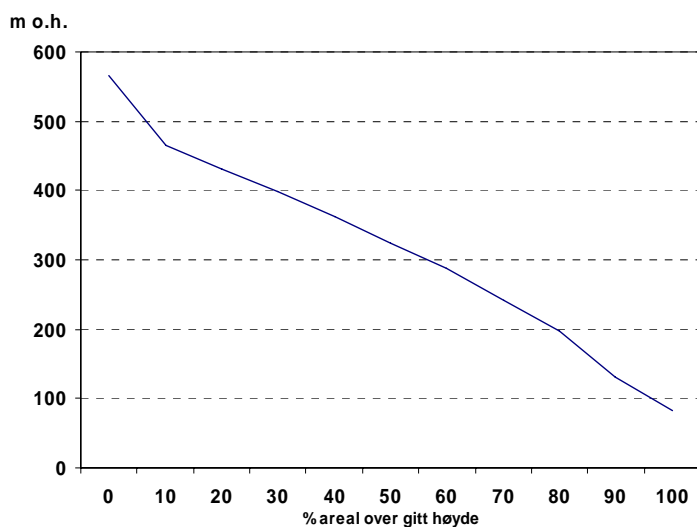


Figur 1.
Oversiktskart over Audna og de største naboelvene.
Strekninger som er omfattet av flomsonekartprosjektet er markert med oransje (Audna og Mandalselva) eller blått (Søgneelva).

Kraftverk i området er markert med blå firkanter, overføringer med svarte streker og magasiner med en dyp blå farge.

Figur 2.
Utsnitt av Audna.
Området som skal flomsonekartlegges er markert med oransje.





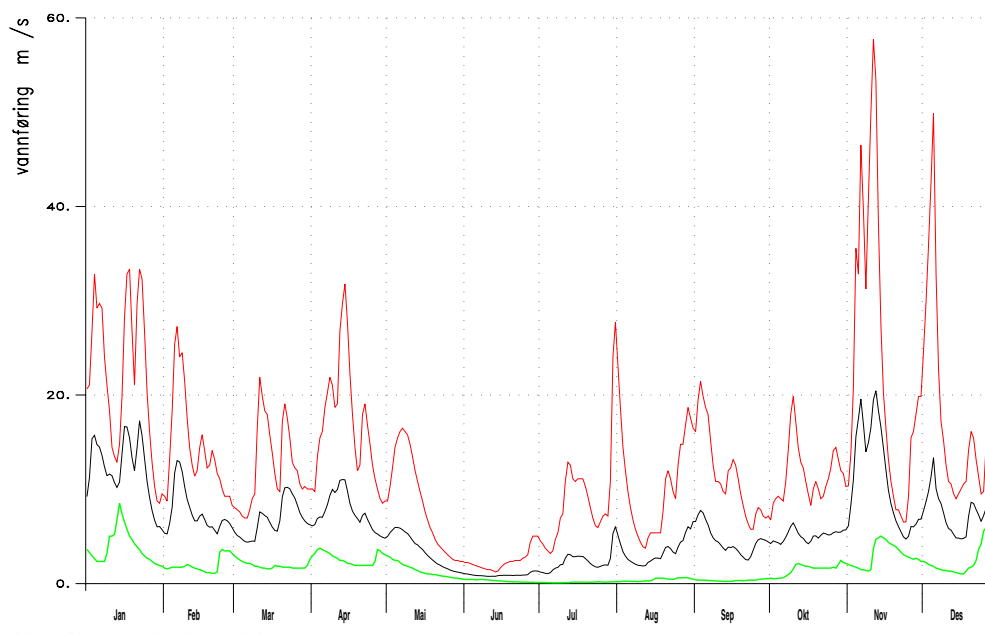
Figur 3.
Hypsografisk kurve, Audna ved utløp av Ytre Øydnavatn.

Omkring 6 - 7 km lengre sør renner Trylandselva ut i Audna. Trylandselva har et nedbørfelt på 61 km². Denne elva har vært utnyttet til kraftproduksjon i Tryland kraftverk siden 1921. Inntaket ligger i Krosstjørna ca. 170 moh. Det er tre litt større magasiner i denne delen av vassdraget, Sundsvatn (ca. 331 moh), Eptevatn (ca. 232 moh) og Leflandsvatn (ca. 196 moh). Totalt magasinivolum for disse er 27,5 mill m³, som medfører at Tryland kraftverk har en reguleringsgrad (midlere årlig tilsig dividert med magasinivolum) på ca. 30 prosent.

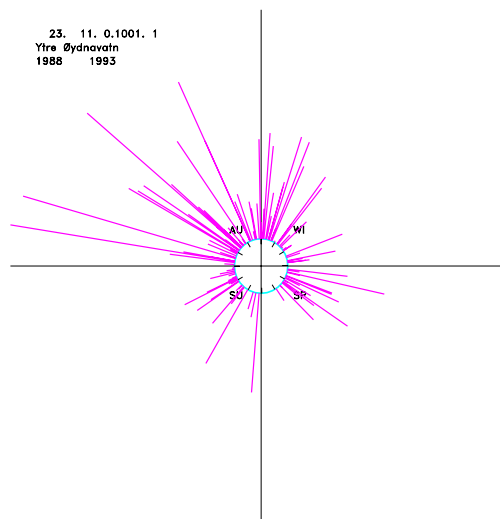
Fra samløpet med Trylandselva, renner Audna ytterligere omkring 20 km før den når tettstedet Vigeland og deretter renner ut i Sniksfjorden. På denne strekningen er de største sideelvene, en elv fra Grislevatnet med et nedbørfelt på 31 km² og Trædalselva med et nedbørfelt på 34 km². Audnas totale nedbørfelt ved utløp i havet er 456 km².

Midlere spesifikt årsavløp (1961-90) øker fra 30 l/s km² nær kysten til 45-55 l/s km² i de øvre delene av feltet. Midlere årsavløp for Audna ved utløp av Ytre Øydnavatn er ca. 6 m³/s, og ved utløp i havet omkring 20 m³/s.

Figur 4 viser at vannføringen i Audna vanligvis er lavest om sommeren og størst i vinterhalvåret. Dette er typisk for lavereliggende vassdrag på denne kanten av landet. Flommer forekommer hyppigst seint på høsten og om vinteren (figur 5) og vil være forårsaket av intenst regn, eventuelt i kombinasjon med snøsmelting.



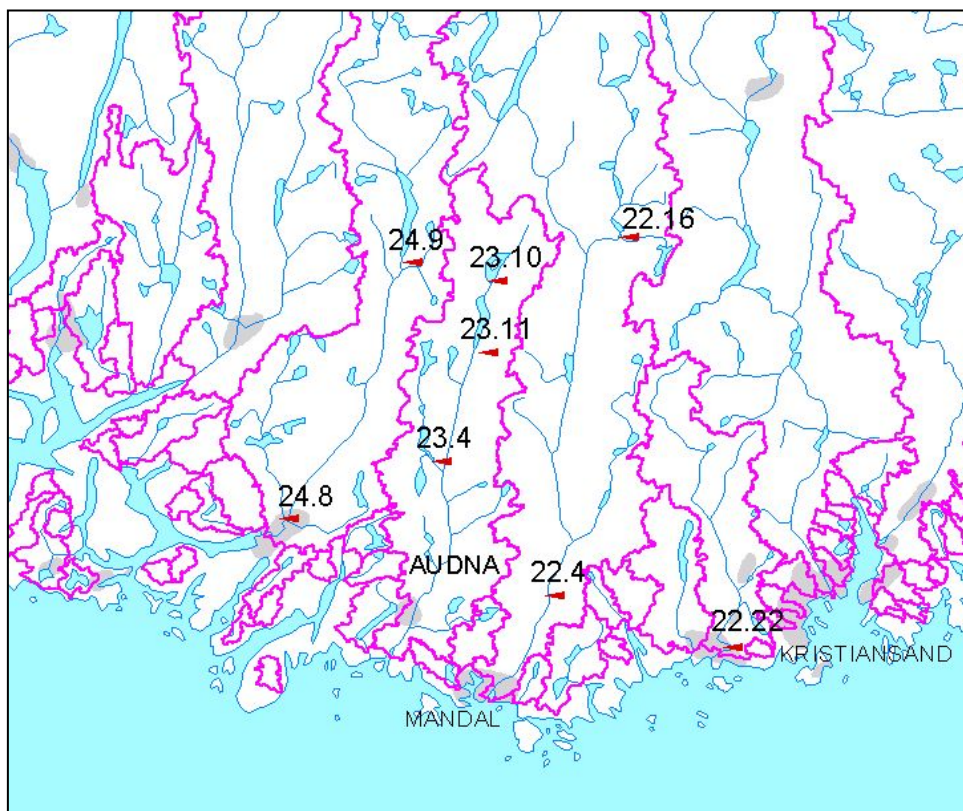
Figur 4.
Vannføring i m³/s i Audna ved utløp av Ytre Øydnavatn. Det er minimum, middel og maksimum for årene 1988-89 og 1990-93 som er vist.



Figur 5.
Flommer i Audna ved målestasjonen Ytre Øydnavatn fra 1988 til 1993. Sirkelen representerer året med januar rett opp.

3. Hydrometriske stasjoner

I kartet nedenfor (figur 6) er beliggenheten til avløpsstasjoner i og i nærheten av Audna vist. Noen sentrale feltparametere for stasjonene er gitt i tabell 3. Stasjonene er kort kommentert på neste side.



Figur 6.
Målestasjoner i nærheten av Audna.

Tabell 3.
Feltparametere for undersøkte stasjoner.

Stasjon	Periode	Areal (km ²)	Normalavløp (l/s km ²)	Sjøprosent (%)	Effektiv sjøprosent (%)
22.4 Kjølemo	1896-2003	1757	47	5,5	0,57
22.16 Myglevatn ndf.	1951-04	182	45	3,4	1,9
22.22 Søgne	1974-04	206	30	4,7	0,07
23.4 Brådlandsvatn	1922-2003	58,9	49	12,3	3,0
23.10 Øvre Øydnavatn	1985-93	90	46	5,9	3,4
23.11 Ytre Øydnavatn	1985-93	135	46	6,8	4,0
24.8 Møska	1978-04	121	50	7,8	1,4
24.9 Tingvatn	1922-04	272	61	6,8	3,3

22.4 Kjølemo ligger i Mandalselva 12-13 km før utløpet i havet. Stasjonen har vært i drift siden 1896, og har vært påvirket av reguleringer siden 1930-tallet. Nedbørfeltet er 1757 km² og dekker dermed 97 % av Mandalsvassdraget.

Selv om vannføringen om våren er betydelig redusert som følge av reguleringene i vassdraget, er ikke midlere flom vesentlig endret. Det skyldes at det ofte er flom om høsten når magasinene har god fylling (NVE-dok. 19-2003).

Det er utført vannføringsmålinger for vannføringer opp mot 490 m³/s. Det er mellom midlere og 5-års flom. Vannføringskurven for stasjonen antas derfor å være rimelig godt bestemt for flomvannføringer.

22.16 Myglevatn ndf ligger i Kosåna, en uregulert sidegren til Mandalselva omkring 45 km inn i landet. Stasjonen har vært i drift siden 1951. Det er utført vannføringsmålinger for vannføringer opp mot 25 m³/s, mens midlere flom er nærmere 70 m³/s. Flomverdiene ved stasjonen er derfor relativt usikre.

22.22 Søgne ligger i Søgneelva et par kilometer før utløpet i fjorden. Stasjonen ble opprettet i 1973 i forbindelse med vannkvalitetsundersøkelser. På tross av mange år (1985-2000) med foreløpige data ved stasjonen, antas flomverdiene å være pålitelige. Stasjonen er nærmere omtalt i forbindelse med flomberegninger for Søgneelva (NVE dokument 16-2002).

23.4 Brådlandsvatn ligger i Trylandselva, en sidegren til Audna. Stasjonen har vært i drift siden 1922. Stasjonen ble opprettet i forbindelse med byggingen av Tryland kraftverk. Stasjonen gir totalvannføringen i Trylandselva. Vannføringen ved stasjonen er påvirket av reguleringene oppstrøms. Det er foretatt vannføringsmålinger ved stasjonen på opp mot 13 m³/s eller drøyt 60 % av midlere flom.

23.10 Øvre Øydnavatn ligger i Audnavassdraget. Stasjonen var i drift fra 1985-1993. Det er foretatt vannføringsmålinger ved stasjonen for vannføringer opp til 6 m³/s, som tilsvarer snaut 30 % av midlere flom. Flomverdiene ved stasjonen må derfor antas å være nokså usikre.

23.11 Ytre Øydnavatn ligger i Audnavassdraget rett oppstrøms for området som skal flomsonekartlegges. Stasjonen var i drift fra 1985 til 1993. Observasjonene er ikke komplette disse årene. En sammenligning mot observasjoner i nabovassdrag viser at med unntak av i 1992, er sannsynligvis høyeste vannføring hvert år registrert. Forholdene i 1992, da det var en stor flom i vassdraget, er nærmere omtalt i kapittel 4.

Det er foretatt vannføringsmålinger ved stasjonen for vannføringer opp til 11 m³/s, som tilsvarer snaut 25 % av midlere flom. Flomverdiene ved stasjonen må derfor antas å være nokså usikre.

24.8 Møska ligger i Møska som løper sammen med Lygna rett før denne renner ut i Lyngdalsfjorden. Stasjonen ble opprettet i 1978. Vannføringsmålinger er gjennomført for vannføringer opp mot 100 m³/s, mens midlere flom ikke er større enn 55 m³/s. Det

er relativt godt samsvar mellom vannføringsmålinger og vannføringskurve. Flomverdiene ved stasjonen antas derfor å være pålitelige.

24.9 Tingvatn ligger i Lygna omkring 45 km inn i landet. Stasjonen har data fra 1922. Vannføringskurven for stasjonen gir drøyt 10 % større vannføring enn de største vannføringsmålingene skulle tilsi. Det kan bety at flomverdiene ved stasjonen er noe overestimert. Største vannføringsmåling er ved ca. 85 m³/s, mens midlere flom er beregnet til 120 m³/s.

4. Flomanalyser

4.1 Observerte flommer

I tabell 4 er det gitt en oversikt over de største observerte flommene ved målestasjonen 23.11 Ytre Øydnavatn. I Audna er det flommen i desember 1992 som er den største i observasjonsperioden. Som en ser av figur 7 fungerte ikke registreringene ved verken denne eller nabostasjonene under hele flomforløpet.

På NVEs database er høyeste døgnmiddel for Ytre Øydnavatn under denne flommen registrert 5. desember med 50 m³/s. Kommunen registrerte imidlertid 3. desember en maksimal vannstand i Ytre Øydnavatn på 96,19 m, tilsvarende en vannføring på 110 m³/s. Selv om denne vannføringen er svært usikker, harmonerer dette rimelig godt med andre observasjoner (figur 7). Ut fra en grov visuell sammenligning med observasjoner i nabovassdrag, antas 90 m³/s som et rimelig døgnmiddel for Ytre Øydnavatn 3. desember 1992. Denne verdien er benyttet i de videre analysene.

Frekvensanalysene (kapittel 4.3) gir et gjentaksintervall på ca. 100 år for denne flommen i Audna. For målestasjonene 24.8 Møska, 24.9 Tingvatn og 22.16 Myglevatn, som alle ligger i relativt små nabovassdrag, var denne flommen den største registrerte. Ved Tingvatn, som har den lengste måleserien, er dette dermed den største flommen i løpet av 82 år.

Også i oktober 1987 var det relativt stor flom i mange vassdrag på denne kanten av landet. I Audna, har denne flommen et beregnet gjentaksintervall på 10 år.

I Mandalselva, hvor en har observasjoner tilbake til 1896, var flommen i 1992 den åttende største, mens 1987-flommen var den nest største. Den største flommen i Mandalselva ble registrert i oktober 1929 (NVE-dokument 19-2003).

Tabell 4.

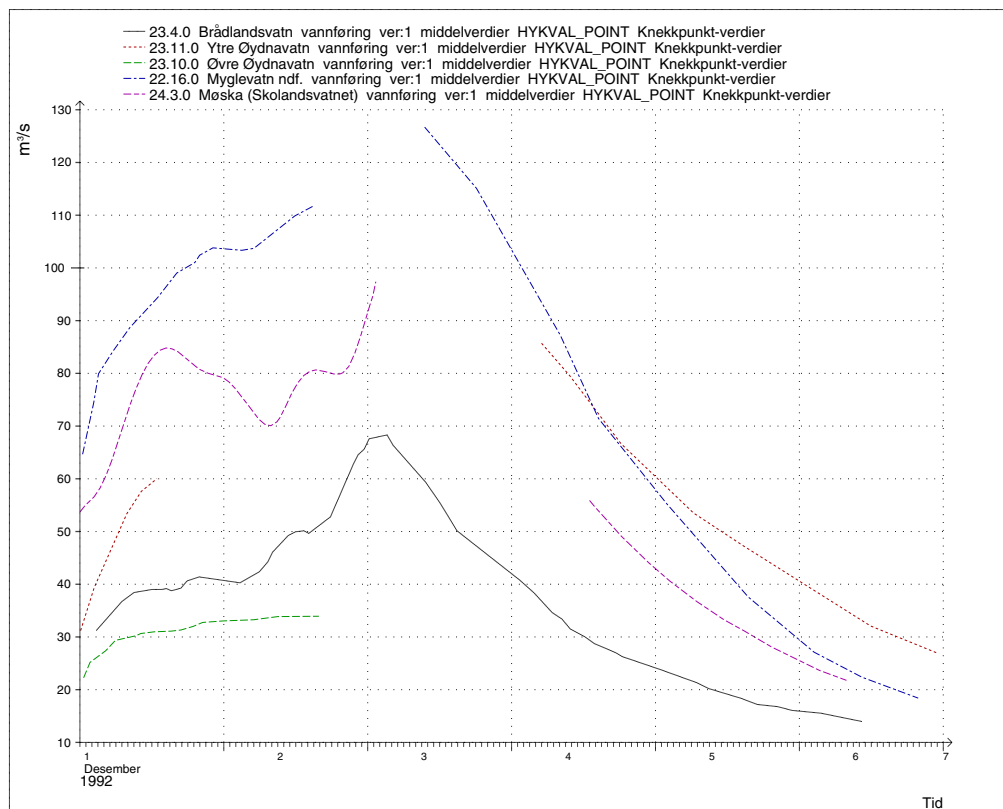
Flommer i Audna ved målestasjonen 23.11 Ytre Øydnavatn fra 1985- 1993.

* verdi estimert ut fra sammenligning med nabostasjoner.

Dato	Døgnmiddel m ³ /s	Dato	Døgnmiddel m ³ /s
8.okt. 1985	23	31. okt. 1990	38
26. nov. 1986	37	4. nov. 1991	36
10. okt. 1987	64	3. des. 1992	Ca. 90*
22. jan. 1988	33	18. jan. 1993	33
11. nov. 1989	58	Gjennomsnitt 1985-93	45

Figur 7.

Flommen i desember 1992 på Sørlandet. Observert vannføring i m³/s for stasjonene Brådlandsvatn (svart), Øvre (grønn) og Ytre Øydnavatn (rød), Myglevatn (blå) og Møska (lilla). Det er data med timesoppløsning som er vist.



4.2 Midlere flom

Midlere spesifikk flom beregnet ut fra observasjonene ved Øvre og Ytre Øydnavatn er 234 og 337 l/s km². Stasjonene har imidlertid få år med observasjoner, og vannføringskurvene er usikre ved høye vannstander/ flomvannføringer. Det er derfor gjennomført flomanalyser også for stasjoner i nabovassdrag, i tillegg er regionale flomformler benyttet.

For nabostasjonene med nedbørfelt opp mot 300 km² varierer midlere flom fra omkring 380 til 460 l/s km². Legges den kortere perioden (1985-93), hvor en har observasjoner i Øydnavatna, er variasjonen fra omkring 380 til 520 l/s km². For Kjølemo, som har et betydelig større nedbørfelt enn de øvrige, er midlere flom ca. 240 l/s km².

Det er rimelig at midlere spesifikk flom i Audna ved utløp at Ytre Øydnavatn er noe mindre enn for målestasjonene Søgne, Møska og Myglevatn. Den viktigste årsaken til dette er en større flomdemping i oppstrøms sjøer i Audna enn i de øvrige feltene. Også for Tingvatn, som har en effektiv sjøprosent på samme nivå som Ytre Øydnavatn, er det rimelig å anta at flomvannføringene er noe mer intense enn i Audna. Dette fordi Tingvatn ligger noe lenger vest i et område med mer nedbør.

Tabell 5.

Midlere flom, det er årsflommer som er analysert.

*** For Øvre og Ytre Øydnavatn er ikke observasjonene komplette.**

Stasjon	Periode	Antall år	Areal (km ²)	Midlere flom (m ³ /s)	Midlere flom (l/s.km ²)
22.4 Kjølemo	1896-03	107	1757	428	244
	1985-93	9		464	264
22.16 Myglevatn ndf.	1952-04	53	182	68,5	376
	1985-93	9		73,3	402
22.22 Søgne	1974-04	26	206	79,7	387
	1985-93	9		79	383
23.4 Brådlandsvatn, regulert	1923-02	80	58,9	20,2	343
	1985-93	9		28,2	479
23.11 Ytre Øydnav.	1985-93	9*	135	45	333
23.10 Øvre Øydnav.	1985-93	9*	90	21	233
24.8 Møska	1978-04	24	121	55,5	459
	1985-93	9		61,9	512
24.9 Tingvatn	1922-04	82	272	119	438
	1985-93	9		141	518

For Ytre og Øvre Øydnavatn er midlere flom også beregnet ved hjelp av regionale flomformler. Formlene er gitt i NVE-1978 og NVE-1997. I tabell 6 er parametrene som inngår i beregningene gitt, og resultatene er gitt i tabell 7.

Formlene gir noe høyere spesifikk flom for Øvre enn for Ytre Øydnavatn, eller motsatt av hva observasjonene gir. Det illustrerer noe av den usikkerhet en må påregne i slike beregningene.

For Øvre Øydnavatn gir flomformlene høyere flomverdier enn observasjonene skulle tilsi (tabell 7). Også sammenlignet med andre observasjoner i regionen, gir observasjonene ved Øvre Øydnavatn lave flomverdier. Observasjonene her antas derfor å underestimere flomvannføringene.

Flomformelen for region K2 gir for Ytre Øydnavatn et resultat som harmonerer godt med observasjonene i vassdraget. De to andre formlene gir noe lavere verdier. Selv om det har vært flere store flommer i området i perioden 1985-93, gir ikke denne perioden entydig "for stor" middelflom ved nabostasjonene. Ut fra en totalvurdering anslås midlere spesifikk flom for Audna ved utløp av Ytre Øydnavatn til 330 l/s km².

Det antas at dette også vil være en representativ verdi for lokalfeltet til Audna mellom utløpet av Ytre Øydnavatn og samløpet med bekken fra Rendlevatnet. Også her er det noen innsjøer som demper og forsinker flommene i vassdraget. Resulterende vannføringer er gitt i tabell 8.

Valgt middelflom harmonerer og rimelig godt med observasjonene i Trylandselva, hvor midlere flom er beregnet til drøyt 340 l/s km². Observasjonene er imidlertid påvirket av reguleringene i denne delen av Audnavassdraget. Disse flomverdiene er derfor beheftet med ekstra usikkerhet.

Tabell 6.

Parametere for beregning av midlere flom basert på regionale flomformler

	Areal (km ²)	Effektiv sjøpr. (%)	Feltakse (km)	Normal nedbør (mm)	Normal avrenning (l/s km ²)	Sjøpros. (%)
Øvre Øydnavatn	90	3,42	12,7	2000	46	5,9
Ytre Øydnavatn	135	4,0	19,2	2000	46	6,8

Tabell 7.

Midlere spesifikk flom for Øvre og Ytre Øydnavatn basert på observasjoner og regionale flomformler.

	Obs. 1985-93 l/s km ²	K1 l/s km ²	K2 l/s km ²	Å1 l/s km ²
Øvre Øydnavatn	233	259	338	302
Ytre Øydnavatn	333	236	329	277

K1, K2 og Å1 referer seg til områder med årsflom gitt i NVE-1978 og NVE-1997.

Tabell 8.

Midlere flom i Audna, døgnmidler.

	Areal (km ²)	Midlere flom (l/s km ²)	Midlere flom (m ³ /s)
Audna ved utløp Ytre Øydnavatn	135,0	330	45
Audna nedstrøms samløp med Hellevassbekken	167,3	330	55
Audna nedstrøms samløp med bekk fra Rendlevatnet	192,4	330	63

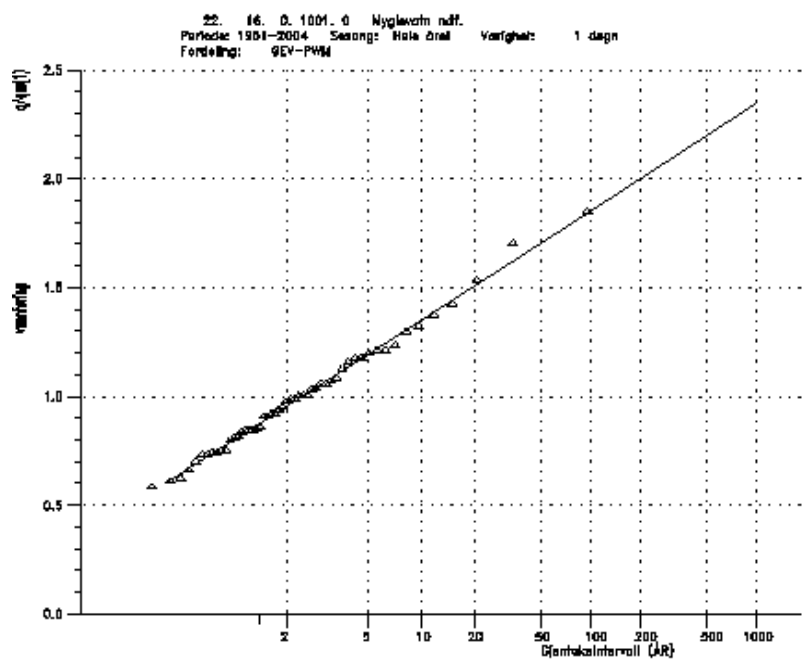
4.3 5- 500 års flom

For bestemmelse av flommer med gjentaksintervall opp til 500 år er det utført frekvensanalyser av flomdata fra nabovassdrag. I tillegg er regionale flomfrekvenskurver benyttet (tabell 9).

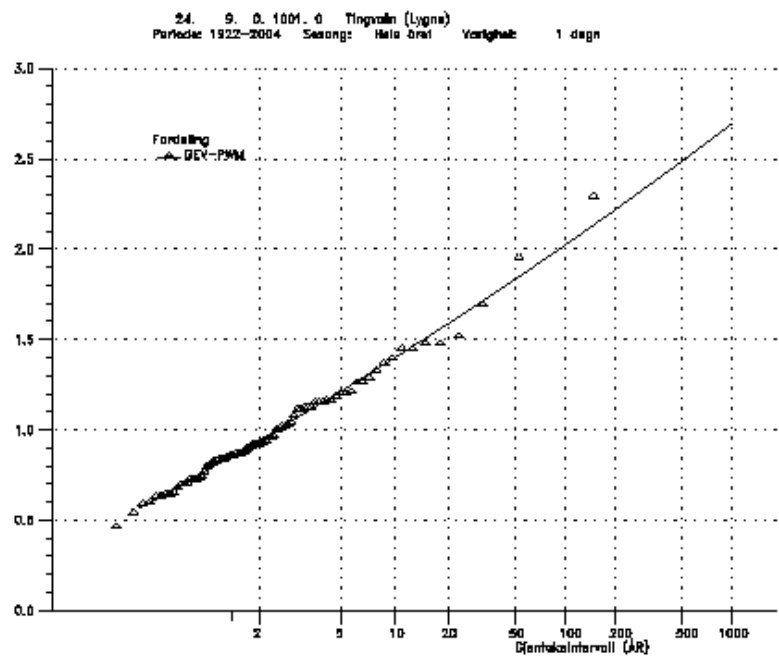
Frekvensanalysene for de to nærliggende stasjonene Myglevatn og Tingvatn er vist i figur 8 og 9. Disse seriene har henholdsvis 53 og 82 år med data. Frekvensfaktorene avviker noe fra de som tidligere er beregnet for eksempel i forbindelse med flomanalysene for Mandalsvassdraget (NVE-dokument 19-2003). Det skyldes at en nå har noen flere år med data. Også de to litt kortere seriene, Søgne og Møska, har frekvensfaktorer som varierer innenfor samme intervaller som Myglevatn og Tingvatn.

For Kjølemo, som har den lengste serien, er frekvensfaktorene noe lavere for gjentaksintervall fra 50 år og oppover. Dette skyldes sannsynligvis hovedsaklig at nedbørfeltet til Kjølemo er langt større enn de øvrige. I noen grad har også reguleringene i Mandalsvassdraget påvirket flomforholdene ved Kjølemo. Men også tilsigsserien for Kjølemo, hvor reguleringspåvirkningen er fjernet, viser samme tendens, noe lavere frekvensfaktorer for de sjeldne flommene enn de som er funnet for de mindre nedbørfeltene i området.

Den regionale kurven K2, som representerer årsflomområdet litt innafor den ytterste kyststripa, gir faktorer som er svært like de som er funnet for Tingvatn. Tingvatn er den av de analyserte stasjonene som har brattest frekvenskurve, men er samtidig en stasjon med en lang observasjonsserie. I de videre analysene er det valgt å benytte faktorene fra denne regionale kurven. De resulterende flomverdiene (døgnmidler) er gitt i tabell 10.



Figur 8.
 Flomfrekvensanalyse for målestasjonen 22.16 Myglevatn for årene 1952-2004.



Figur 9.
 Flomfrekvensanalyse for målestasjonen 24.9 Tingvatn for årene 1922-2004.

Tabell 9.
Flomfrekvensfaktorer.

	Ant. år	Q5/QM	Q10/QM	Q20/QM	Q50/QM	Q100/QM	Q200/QM	Q500/QM	Fordelings- funksjon
22.4 Kjølemo	107	1,22	1,36	1,49	1,63	1,73	1,82	1,92	GEV
22.4 Kjølemo tilsig	102	1,20	1,35	1,48	1,65	1,76	1,87	2,01	GEV
22.16 Myglevatn ndf.	53	1,19	1,35	1,51	1,71	1,86	2,00	2,20	GEV
22.22 Søgne	26	1,22	1,40	1,57	1,79	1,96	2,12	2,34	EV1
24.8 Møska	24	1,19	1,35	1,50	1,70	1,84	1,99	2,18	EV1
24.9 Tingvatn	82	1,21	1,40	1,59	1,83	2,03	2,22	2,49	GEV
Regionale verdier:									
Å1-1978						2,15	2,45	2,82	
K1-1997		1,24	1,45	1,62	1,93	2,16	2,42	2,72	
K2-1997		1,24	1,44	1,59	1,87	2,05	2,27	2,49	

Tabell 10.
Beregnete flomvannføringer for Audna (døgnmidler).

	Areal	QM	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500
	km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Audna ved utløp Ytre Øydnvatn	135,0	45	55	64	71	83	91	101	111
Audna nedstrøms samløp med Hellevassbekken	167,3	55	68	80	88	103	113	125	137
Audna nedstrøms samløp med bekk fra Rendlevatnet	192,4	63	79	91	101	119	130	144	158

4.4 Kulminasjonsverdier

Både Øvre og Ytre Øydnavatn virker dempende på flommene i øvre del av Audna. Det forventes derfor at det er relativt liten forskjell mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring.

For Ytre Øydnavatn er det gitt noen slike verdier i tabell 11. Med unntak av 1992-flommen, hvor dataene er svært usikre, har forholdstallet mellom kulminasjons- og døgnmiddelvannføring variert fra 1,02 til 1,05. For flommen i 1987, som også var relativt stor, er det ikke funnet data med fin tidsoppløsning.

Tabell 11.
Flommer i perioden 1988 til 1993 ved Ytre Øydnavatn.
* grovt beregnet, brudd i observasjonene

Dato	Døgnmiddel	Kulminasjon	Forholdstall
	m ³ /s	m ³ /s	
22. jan. 1988	32,6	33,1	1,02
11. nov. 1989	57,8	60,0	1,04
31. okt. 1990	38,4	40,2	1,05
4. nov. 1991	35,6	37,0	1,04
3. des. 1992	Ca. 90*	Ca. 110*	1,22*
18. jan. 1993	33,4	35,2	1,05

Slike forholdstall kan også beregnes ved hjelp av empiriske ligninger basert på feltparametere. Følgende formler er gitt (NVE 2000):

$$\text{Vårflom: } Q_{\text{momentan}}/Q_{\text{døgn}} = 1.72 - 0.17 \log A - 0.125 A_{SE}^{0.5}$$

$$\text{Høstflom: } Q_{\text{momentan}}/Q_{\text{døgn}} = 2.29 - 0.29 \log A - 0.270 A_{SE}^{0.5}$$

hvor A er feltareal og A_{SE} er effektiv sjøprosent.

For Audna ved utløp av Ytre Øydnavatn gir disse formlene et forholdstall på 1,11 for vårflommer og 1,13 for høstflommer.

Som representativ verdi velges 1,1 eller en verdi som ligger mellom de som er funnet fra formlene og de som er beregnet ut fra observasjonene i vassdraget.

Det gir følgende kulminasjonsverdier i Audna (tabell 12).

Tabell 12.
Kulminasjonsvannføringer i Audna.

	Areal	QM	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500
	km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Audna ved utløp Ytre Øydnvatn	135,0	49	61	71	78	92	100	111	122
Audna nedstrøms samløp med Hellevassbekken	167,3	61	75	87	97	114	124	138	151
Audna nedstrøms samløp med bekk fra Rendlevatnet	192,4	70	87	101	111	131	143	159	174

5. Forholdet til tidligere flomberegninger

I 1999 ble det gjennomført flomberegninger for dammene i Trylandselva (Bommen 1999). Dammene ligger i en sidegren til Audna nedstrøms området som skal flomsonekartlegges. For disse er 1000-års flom beregnet med utgangspunkt i ekstrem nedbør og snøsmelting. To av dammene, Sundsvatn og Lelandsvatn, får kun tilsig fra eget lokalfelt (figur 2). For Sundsvatn er 1000-års tilløps- og avløpsflom beregnet til omkring 1800 og 640 l/s km². Mens for Lelandsvatn er tilsvarende verdier omkring 1400 og 1100 l/s km² (alle verdier er døgnmidler). For begge magasiner er det kun regnet med avløp i faste overløp (ikke bruk av luker eller lignende).

For Audna nedstrøms Ytre Øydnvatn er i denne rapporten 500-års flom (døgnmiddel) beregnet til ca. 800 l/s km². Resultatene virker rimelige også sett i forhold til beregningene utført for damsikkerhet.

En detaljert sammenligning av de ulike beregningene er imidlertid vanskelig, da både Sundsvatn, Lelandsvatn og Øvre og Ytre Øydnvatn virker dempende på flommer, men i ulik grad avhengig av blant annet utløpsprofiler og sjøarealer.

6. Usikkerhet

Usikkerheten i de beregnede flomverdiene skyldes flere forhold. For det første er det usikkerhet knyttet til ”observert vannføring”. Vannstander observeres, deretter omregnes disse ut fra en vannføringskurve til vannføring. Vannføringskurven er basert på et antall samtidige observasjoner av vannstand og fysiske målinger av vannføring ute i elven.

De største flomvannføringer er beregnet ut fra et ekstrapolert samband mellom vannstander og vannføringer. For eksempel er største ”observerte” vannføring ved målestasjonen 23.11 Ytre Øydnavatn over $100 \text{ m}^3/\text{s}$, mens største vannføringsmåling er på $11 \text{ m}^3/\text{s}$.

Hydrologisk avdelings database er basert på døgnmiddelverdier knyttet til kalenderdøgn. I prinsippet er derfor alle flomvannføringer noe underestimert, fordi største 24-timersmiddel alltid vil være mer eller mindre større enn største kalenderdøgnmiddel.

En annen faktor som fører til usikkerhet i data, er at de eldste dataene i databasen er basert på en daglig observasjon av vannstand inntil registrerende utstyr ble tatt i bruk. Disse daglige vannstandsavlesningene betraktes å representere et døgnmiddel, men kan avvike i større eller mindre grad fra det reelle døgnmidlet.

I tillegg er dataene med fin tidsoppløsning ikke kontrollert på samme måte som døgndataene, og de er ikke komplettert i tilfelle observasjonsbrudd. Slike data egner seg derfor ikke uten videre til beregning av flomstørrelser. Ved omregning fra døgnmidler til kulminasjonsvannføringer er det derfor også usikkerhet.

Å kvantifisere usikkerhet i hydrologiske data er vanskelig. Det er mange faktorer som spiller inn. Hvis disse flomberegningene skal klassifiseres i en skala fra 1 til 3, hvor 1 tilsvarer beste klasse, vil disse gis klasse 2.

Referanser

Bommen H. 1999: Trylandsvassdraget. Beregning av dimensjonerende og påregnelig maksimal flom. Grøner 1999.

Holmqvist, E. 2002: Flomberegning for Søgneelva. Flomsonekartprosjektet. Dokument 16-2002, NVE.

Holmqvist, E. 2003: Flomberegning for Mandalselva. Flomsonekartprosjektet. Dokument 19-2003.

NVE 2000: Prosjekthåndbok – flomsonekartprosjektet. 5 B: Retningslinjer for flomberegninger.

Sælthun, N.R. 1997: Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag. Rapport 14-97, NVE.

Wingård B. 1978: Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag. Rapport 2-78, NVE.

Vedlegg: Vannføringsstabel for 23.11 Ytre Øydnavatn

Segment nr. 1: $Q = 11.39440 (h + -93.7000) **$ 2.48830 Gjelder for 93.700 \leq høyde $<$ 103.700
 Vannføring m³/s

Vannstand(m)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
93,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
93,8	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
93,9	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5
94	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1
94,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9
94,2	2,0	2,1	2,2	2,3	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1
94,3	3,2	3,3	3,5	3,6	3,8	3,9	4,1	4,2	4,4	4,5
94,4	4,7	4,9	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8	5,9	6,1	6,3
94,5	6,5	6,7	7,0	7,2	7,4	7,6	7,8	8,1	8,3	8,5
94,6	9	9	9	10	10	10	10	11	11	11
94,7	11	12	12	12	13	13	13	13	14	14
94,8	14	15	15	15	16	16	16	17	17	18
94,9	18	18	19	19	19	20	20	21	21	21
95	22	22	23	23	24	24	24	25	25	26
95,1	26	27	27	28	28	29	29	30	30	31
95,2	31	32	32	33	33	34	34	35	36	36
95,3	37	37	38	38	39	40	40	41	41	42
95,4	43	43	44	45	45	46	47	47	48	49
95,5	49	50	51	51	52	53	53	54	55	56
95,6	56	57	58	59	59	60	61	62	62	63
95,7	64	65	66	66	67	68	69	70	70	71
95,8	72	73	74	75	76	77	77	78	79	80
95,9	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
96	91	92	93	93	95	96	97	98	99	100
96,1	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
96,2	111	113	114	115	116	117	118	119	121	122
96,3	123	124	125	126	128	129	130	131	132	134
96,4	135	136	137	139	140	141	143	144	145	146
96,5	148	149	150	152	153	154	156	157	158	160
96,6	161	163	164	165	167	168	170	171	173	174
96,7	175	177	178	180	181	183	184	186	187	189
96,8	190	192	193	195	196	198	200	201	203	204
96,9	206	208	209	211	212	214	216	217	219	221

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Utgitt i Dokumentserien i 2006

Nr. 1 Inger Sætrang: Statistikk over nettleie i regional- og distribusjonsnettet 2006 (53 s.)

Nr.2 Erik Holmqvist: Flomberegning for Audna ved Konsmo (24 s.)