



Flomsonekartprosjektet

Flomberegning for Trysilvassdraget, Nybergsund

Erik Holmqvist

5
2000

D
O
K
U
M
E
N
T



Flomberegning for Trysilvassdraget, Nybergsund (311. Z)

Norges vassdrags- og energidirektorat

2000

Dokument nr 5

Flomsonekartprosjektet

Flomberegning for Trysilvassdraget - Nybergsund (311)

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat – 2000

Forfatter: Erik Holmqvist

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 50

Forsidefoto: NVE – arkiv, 1995–flommen ved Nybergsund.

ISSN: 1501-2840

Sammendrag: Det er utført flomberegning for Trysilvassdraget ved Nybergsund som grunnlag for vannlinjeberegninger og flomsonekartlegging.

Emneord: Trysilvassdraget – flomvannføring

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

Februar 2000

INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD.....	4
SAMMENDRAG	5
1. BESKRIVELSE AV OPPGAVEN	6
2. BESKRIVELSE AV VASSDRAGET	6
3. HYDROMETRISKE STASJONER	9
4. FLOMFREKVENSPANALYSER.....	11
5. OBSERVERTE FLOMMER	13
6. FLOMFORLØP	14

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 i Trysilvassdraget. Rapporten gir også en oversikt over de største observerte flommene i vassdraget. Rapporten er utarbeidet av Erik Holmqvist og kvalitetskontrollert av Lars-Evan Pettersson.

Oslo, februar 2000

Kjell Repp
avdelingsdirektør

Sverre Husebye
seksjonssjef

SAMMENDRAG

Flomanalyser viser at for Trysilvassdraget ved Nybergsund er vårflommer dominerende. I begynnelsen av juni 1995 var det en flom med gjentaksintervall på ca. 200 år i vassdraget. Under denne flommen ble det gjennomført vannføringsmålinger ved en vannføring som tilsvarer 100-års flom. Det betyr at grunnlaget her er svært godt for beregning av ekstreme flommer.

Det er relativt liten forskjell mellom døgnmidler og kulminasjonsverdier ved Nybergsund. Dette skyldes både størrelsen på nedbørfeltet (4421 km²) og det faktum at det er en rekke større innsjøer i nedbørfeltet som virker flomdempende.

Basert på 88 år med data fra Nybergsund er følgende flomverdier beregnet. Vannstandene referer seg til lokal høyde beregnet ut fra gjeldende vannføringskurver for målestasjonene ved Nybergsund.

Flomverdier Nybergsund	m ³ /s	311.6 Vannstand ved skala/ trykksensor	311.9 Vannstand ved limnigraf
Q _M	328	4.28	4,40
Q ₁₀	470	5.09	5,14
Q ₂₀	530	5.40	5,42
Q ₅₀	610	5.77	5,76
Q ₁₀₀	670	6.04	6,00
Q ₂₀₀	740	6.33	6,27
Q ₅₀₀	820	6.65	6,55

1. BESKRIVELSE AV OPPGAVEN

Flomsonekart skal konstrueres for Trysilvassdraget fra Innbygda til Nybergsund. Som grunnlag for denne konstruksjon skal midlere flom og flommer med gjentaksintervall 10, 20, 50, 100, 200 og 500 år beregnes.

2. BESKRIVELSE AV VASSDRAGET

Trysilvassdraget har sitt utspring i Femunden (662 moh). Ved utløp av Femunden er nedbørfeltet 1791 km². Hovedelva renner videre gjennom Isteren og Galten (643 moh) hvor nedbørfeltet har økt til 2487 km². Rett nedstrøms Galten renner Sølensjøen inn i Trysilvassdraget. Vest for Sølensjøen finner en vassdragets høyeste punkt, 1755 moh.

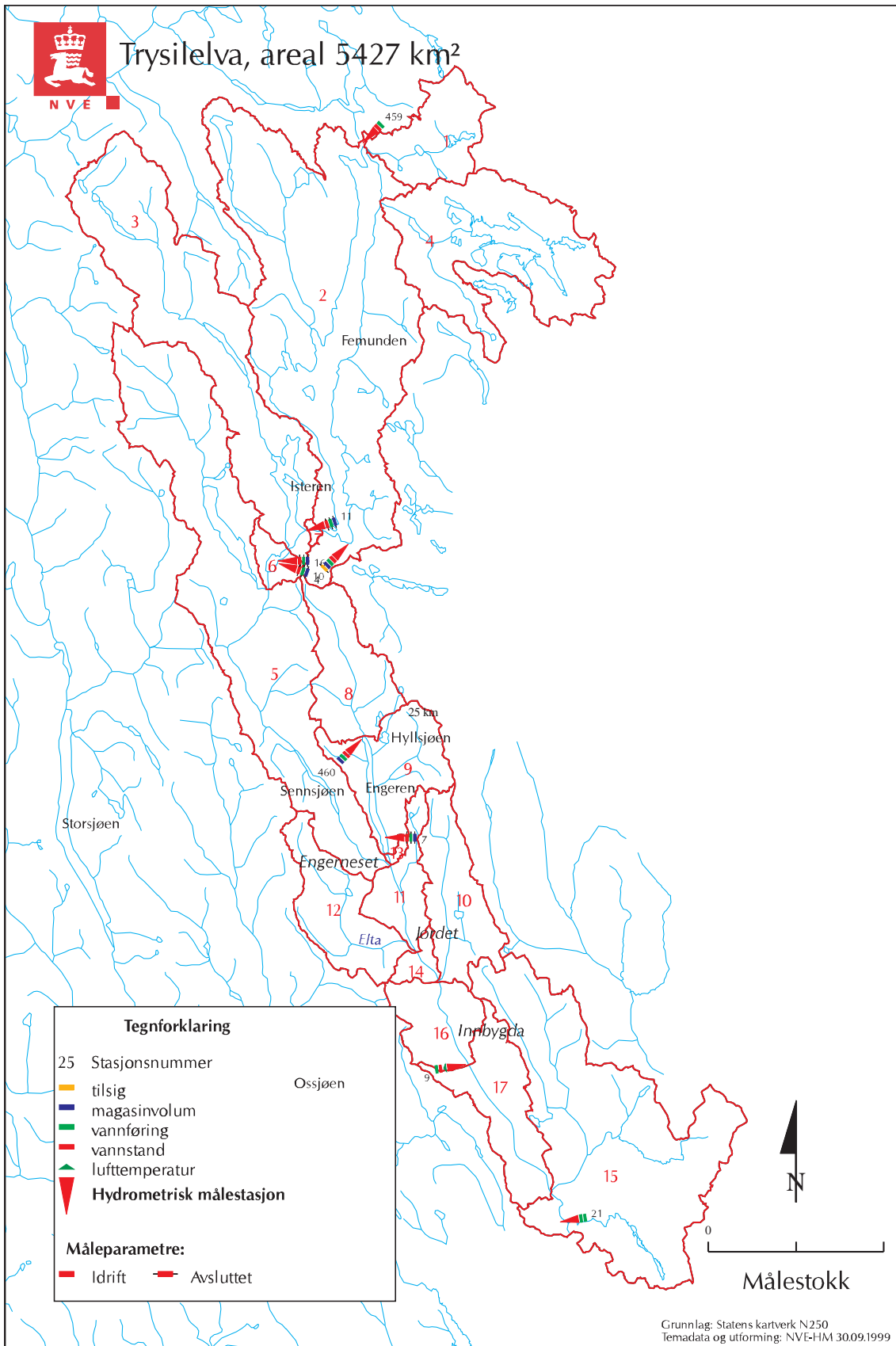
Ved Engerneset kommer en sideelv fra Engeren ut i hovedelva. I nedbørfeltet til Engeren finner en Hylla kraftverk, som er vassdragets eneste kraftverk oppstrøms Nybergsund. Kraftverket er lite og påvirker ikke flomforholdene i vassdraget i nevneverdig grad. Nedbørfeltet til Engeren er 395 km².

Ved Jordet, en drøy mil nedstrøms Engerneset renner Elta inn i hovedelva fra vest. I området fra Jordet til Innbygda er det tidvis problemer med isgang. På denne strekningen renner Flena ut i Trysilelva fra øst. Hovedelva fra Jorda til Strandbygda er omfattet av et flomsonekartprosjekt med prioritet 3.

Fra Innbygda til Nybergsund kommer det ingen større sidebekker inn i vassdraget. Ved Nybergsund er nedbørfeltet 4421 km². Det øker til 5427 km² ved svenskegrensen. På svensk side går Trysilelva over til å bli Klarälven som renner ned til Väneren og videre ut i havet ved Göteborg som Göta älv.

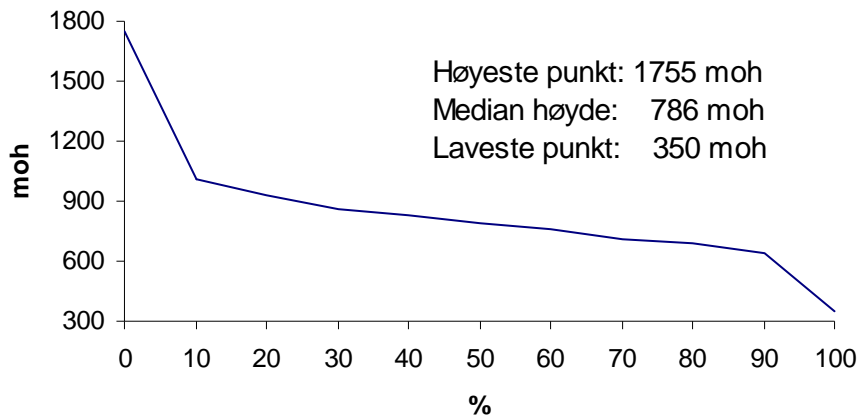
Tabell 1 Arealer i Trysilvassdraget i henhold til data fra NVE-HM 30.09.99.

Feltnr	Felt	Areal km ²
1	Muggsjøen	168
4	Rogen m.fl	471
2	Femunden lokal	1152
Sum 1,2,4	311.4 Femundsenden	1791
7	Femunden - Isteren	4.8
3	Isteren lokal	652
Sum 1-4,7	311.11 Isteren	2448
6	Galtsjøen lokal	39
Sum 1-4,6,7	311.10/16 Galten	2487
8	Innløp Engeren	192
9	Engeren lokal	203
Sum 8,9	311.7/460 Engeren	395
5	Galtsjøen Engerneset	878
13	Engeren - Engerneset	6.3
11	Engerneset - Jordet	104
Sum 1-9,11-13	Trysilelva ved Jordet	3870
12	Elta	194
10	Flena	193
14	Jordet - samløp Flena	31
Sum 1-14	Trysilelva nedstrøms Flena	4288
16	Samløp Flena - Nybergsund	133
Sum 1-14,16	311.6/9 Nybergsund	4421
15+17	Nybergsund - riksgrense	1006
Sum 1-17	Trysilelva ved riksgrense	5427



Figur 1 Kart over Trysilelva

Feltarealene er fastlagt ved en ny beregning av Seksjonen for Geoinformasjon (HG), og avviker noe fra de arealer som er oppgitt i Hydrologisk avdelings database. For eksempel gir nye beregninger for Nybergsund et areal på 4421 km², mens de i henhold til H's database er 4410 km². Økningen er på 11 km² eller 0,3 %.



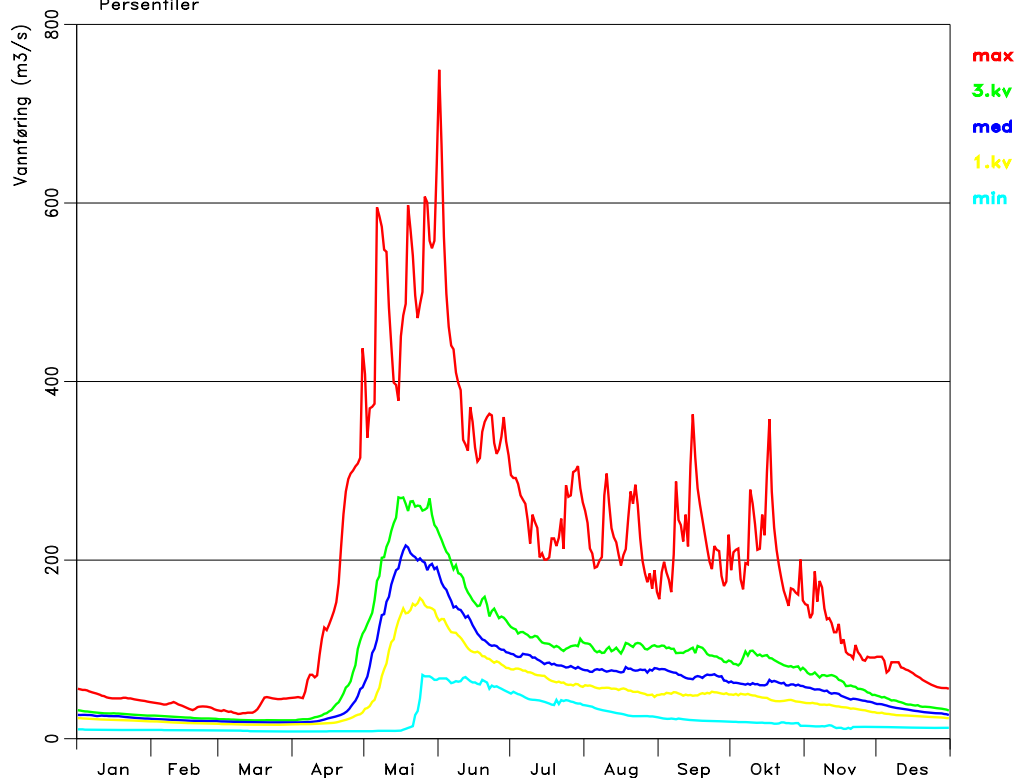
Figur 2 Hypsografisk kurve for Nybergsund

Årsmiddelvannføringen (1961-90) ved Nybergsund er ca 68 m³/s eller drøyt 15 l/s*km². Vinterstid varierer vannføringen i hovedelva normalt mellom 15 og 30 m³/s. Lavest vannføring er vanligvis i overgangen mars/ april før snøsmeltingen starter. Vannføringer ned mot 8 m³/s er registrert på denne tiden av året (figur3).

Hovedtyngden av vassdraget (ca. 80 %) ligger mellom 650 og 1000 moh. Dette fører til nokså parallell snøsmelting i de ulike delene av vassdraget. Vårflommen kulminerer som regel i siste halvdel av mai eller i begynnelsen av juni. Midlere vårflom ved Nybergsund er 323 m³/s.

Stor selvregulering medfører relativt høy vannføring utover sommeren og høsten. I perioden juli til september varierer vannføringen vanligvis mellom 50 og 130 m³/s. Høstflommer blir sjelden særlig store i vassdraget. Midlere høstflom er i underkant av 150 m³/s, og de største registrerte høstflommene er kun litt større enn midlere vårflom.

Stasjon: 311. 6. 0.1001. 0 Nybergsund
Data (Døgn-verdier) i perioden: 1908– 1998
Persentiler



Figur 3 Karakteristiske hydrologiske data for 311.6 Nybergsund.

Figur 3 viser karakteristiske vannføringsverdier for hver dag i løpet av året. Øverste kurve (max) viser største observerte vannføring og nederste kurve (min) viser minste observerte vannføring. Den midterste kurven (med) er mediankurven, dvs. det er like mange observasjoner i løpet av referanseperioden som er større og mindre enn denne. De øvrige kurvene (1.kv og 3.kv) viser henholdsvis 25- og 75-persentilen for observasjonene. Med 25-persentilen forstås at 25 % av observasjonene ligger under den vannføringen, og tilsvarende med 75-persentilen, 75 % av observasjonene ligger under.

3. HYDROMETRISKE STASJONER

Den viktigste hydrometriske stasjonen for dette prosjektet er Nybergsund (311.6 og 9). Nybergsund ligger i nedre del av området som er omfattet av dette flomsonekartprosjektet og har et nedbørfelt på 4421 km². Ellers i vassdraget har en relativt mange år med data ved stasjonene 311.460 Engeren, 311.16 Galten, 311.11 Isteren og 311.4 Femundsenden.

Det er to målestasjoner i drift ved Nybergsund, 311.6 og 311.9. Den eldste stasjonen (311.6) ligger like nedstrøms brua og har vært i drift siden 1908. Fram til 1972 ble vannstanden avlest manuelt en gang pr døgn.

Fra 1972 har det og vært i drift en limningraf ved Nybergsund (311.9). Limningrafen er plassert rett oppstrøms for brua. Ved stor vannføring virker brua oppstuvende.

I 1997 ble det også montert en trykksensor ved Nybergsund. Denne ble gitt det gamle stasjonsnummeret, 311.6. Data fra denne stasjonen overføres blant annet til flomvarslingen. I alle fall de siste to årene (1998-99) har det vært problemer med nøyaktigheten ved disse registreringene. Gunnar Haugen (NVE, Hamar) har foreslått at denne stasjonen opprustes med kum og flottørmåler (pers.med. jan. 2000).

Etter at 311.6 er opprustet og viser seg å fungere godt, vil det være naturlig å avvikle limnigrafen (Gunnar Haugen). Limnigrafen antas foreløpig å være den mest pålitelige. Ved frekvensanalysen nedenfor er derfor data fra limnigrafen benyttet etter at denne ble satt i drift.

Under brua er det montert en vannstandsskala, den benyttes i hovedsak som referanse for trykksensoren (311.6). Limnigrafen (311.9) blir innstilt på følgende måte (Gunnar Haugen): Like ved instrumentet er det et punkt i gulvet med oppgitt høyde. Observatøren måler vannstanden fra punktet og ned til vannflata og trekker tallet fra den oppgitte høyden. Det tallet han da får er vannstanden som limnigrafen går etter.

De to instrumentene har separate vannføringskurver. Dette skyldes sannsynligvis både forholdene nevnt over, men også at de dekker noe ulike perioder. De er gyldige fra henholdsvis 1951 og 1972, og er dermed basert på et ulikt utvalg av vannføringsmålinger. Kurvene og komplette tabeller som viser samhørende verdier for vannstand og vannføring finner en som vedlegg bak i rapporten. I rapporten er det gitt vannstander både referert vannstandsskalaen/ trykksensoren og limnigrafen.

Vannstanden på de to stasjonene skal være lik på lave og midlere vannstander, men over et visst nivå vil brua virke oppstuvende og gi høyere vannstand ved limnigrafen enn ved trykksensoren. For eksempel vil vannstanden ved 400 m³/s være 4,71 m ved trykksensoren og 4,80 m ved limnigrafen. Likevel gir de to vannføringskurvene noen centimeter høyere vannstand ved trykksensor enn limnigraf for vannføringer over ca 600 m³/s, altså motsatt av det forventede. Dette illustrerer at selv om en har gode vannføringsmålinger, vil det likevel være knyttet usikkerhet til konstruksjonen av vannføringskurver.

Største vannføringsmåling ved Nybergsund er hele 668 m³/s. En slik vannføring har et gjentakintervall på ca. 100 år. Ved denne flommålingen var det mindre enn 1 % avvik mellom målt og beregnet vannføring utfra eksisterende kurve for limnigrafen. Det er svært bra. Målingen ble utført med flygel av P.A. Fladhagen, NVE-HH den 3. juni 1995.

311.460 Engeren ligger i et sidevassdrag som går i samløp med hovedelva ved Engerneset. Nedbørfeltet er 395 km². Stasjonen har observasjoner siden 1912. Vannføringskurven regnes å være brukbar. Største vannføringsmåling er 50 m³/s (i 1968). Dette tilsvarer nesten 90 % av midlere flom.

311.16 Galten lå i hovedelva noen kilometer nedstrøms Femunden. Nedbørfeltet er 2487 km². Stasjonen har observasjoner fra 1950 til 1988. Vannføringskurven regnes å være brukbar.

311.11 Isteren lå også i hovedvassdraget, mellom Galten og Femunden. Nedbørfeltet er 2448 km². Stasjonen har observasjoner fra 1950 til 1984. Vannføringskurven regnes å være brukbar.

311.4 Femundsanden ligger ved utløpet av Femunden. Nedbørfeltet er 1791 km². Stasjonen har vært i drift siden 1896. Imidlertid gir homogenitetskontroll (double-mass analyse) av denne stasjonen flere sannsynlige homogenitetsbrudd. Første brudd er registrert i 1924, deretter i periodene 1968-72 og 1981-84. Det har vært få vannføringsmålinger ved denne stasjonen de senere årene. Det er en gammel tømmerdam i utløpet av Femunden. Mindre endringer i denne kan ha ført til profilendringer og være årsak til bruddene. Forholdene vil bli undersøkt av HH. Tilsvarende kvalitetskontroll er også gjennomført for de øvrige stasjonene, men det har ikke gitt mistanke om homogenitetsbrudd i de seriene.

4. FLOMFREKVENSANALYSER

De største flommene i vassdraget opptrer i mai- juni og er primært forårsaket av snøsmelting. Reguleringen i vassdraget har liten betydning for flomvannføringene i hovedelva. Det er utført flomfrekvensanalyse på vårflommer/ årsflommer i vassdraget. Resultatet er vist i tabell 2. Midlere flom, Q_M , og flommer med forskjellig gjentaksintervall, Q_T , for varighet ett og tre døgn er presentert.

Bortsett fra for middelflommen, er flomverdiene for Nybergsund rundet av til nærmeste $10 \text{ m}^3/\text{s}$ og for Engeren til nærmeste $5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tabell 2 Flomfrekvensanalyse for Trysilelva, årsflommer

Stasjon	Antall år	Varighet Døgn	Q_M m^3/s	Q_{10} m^3/s	Q_{20} m^3/s	Q_{50} m^3/s	Q_{100} m^3/s	Q_{200} m^3/s	Q_{500} m^3/s
311.6 Nybergsund	88	1	328	470	530	610	670	740	820
311.6 Nybergsund	88	3	313	440	500	570	630	690	760
311.460 Engeren	85	1	56	85	100	120	135	150	175
311.460 Engeren	85	3	54	80	95	110	125	140	160

Ved flomfrekvensanalysene er tilpasningen av de observerte flommene til flere statistiske fordelingsfunksjoner vurdert. For både Engeren og Nybergsund synes Log-normal-3 (LN-3) og General Extreme Value (GEV) å gi de beste tilpasningene. Resultatene fra de to tilpasningene er svært like, og flomverdiene er beregnet som middelet av disse.

I tabell 3 er vist resultatet, med midlere flom i spesifikke verdier og flommer med forskjellig gjentaksintervall beregnet som en faktor i forhold til midlere flom. For Nybergsund er frekvensanalysen ved bruk av LN-3 også vist i figur 4.

Fra tabell 3 ser en at pr arealenhet er midlere flom ut av Engeren omkring det dobbelte av hva en har for Nybergsund. For mer sjeldne flommer er den relative forskjellen enda større. Dette skyldes i hovedsak at nedbørfeltet til Engeren kun er 1/10 av feltet til Nybergsund.

Tabell 3 Flomfrekvensanalyse for Trysilelva, årsflommer

Stasjon	Antall år	Varighet døgn	Q_M l/s km^2	Q_{10} $/Q_M$	Q_{20} $/Q_M$	Q_{50}/Q_M	Q_{100}/Q_M	Q_{200}/Q_M	Q_{500}/Q_M
311.6 Nybergsund	88	1	74	1,43	1,62	1,86	2,05	2,24	2,50
311.6 Nybergsund	88	3	71	1,42	1,60	1,83	2,01	2,19	2,43
311.460 Engeren	85	1	142	1,51	1,76	2,11	2,39	2,68	3,08
311.460 Engeren	85	3	137	1,49	1,73	2,06	2,31	2,58	2,95

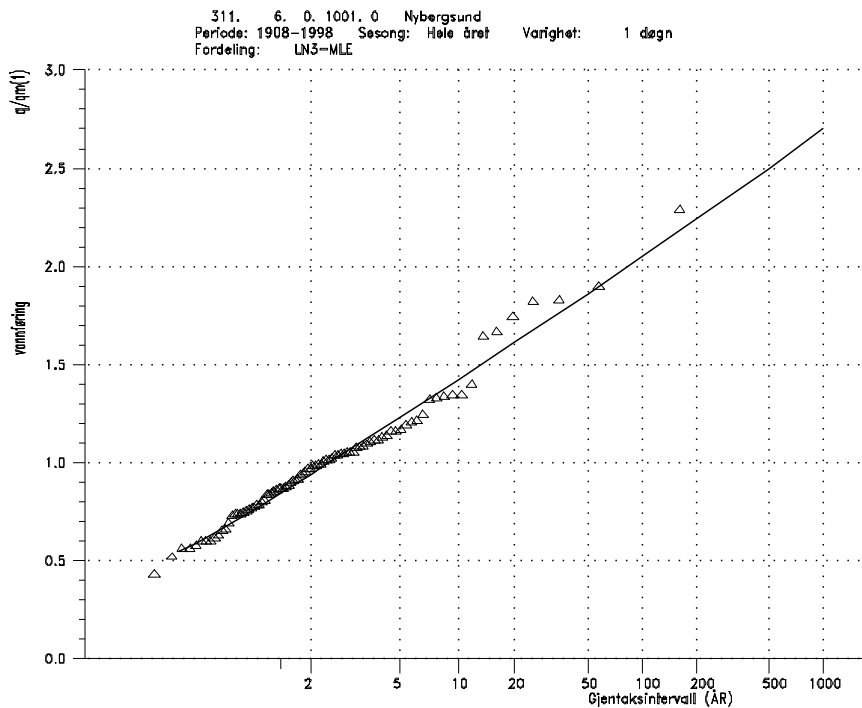
Forholdet mellom midlere årsflom og årsflommer med ulike gjentaksintervall som er beregnet for Nybergsund stemmer svært godt overens med regionale kurver for vårflommer (ref. NVE 14-97). Slike kurver gir forholdstall på litt under 2,1 for 100-års vårflom og ca. 2,5 for en 200-års vårflom. En årsak til så god overensstemmelse, er som før nevnt at for Nybergsund dominerer vårflommer også

ved analyse av årsflommer. I tillegg er Nybergsund en av stasjonene som ligger til grunn for de regionale kurvene.

De beregnede flomvannføringerne ved Nybergsund er i tabell 4 vist med tilhørende vannstander på den lokale skalaen etter gjeldende vannføringskurve for limnigrafen (311.9).

Tabell 4 Beregnede flomverdier med tilhørende vannstander ved Nybergsund.

Flomverdier Nybergsund	m ³ /s	311.6 Vannstand ved skala/ trykksensor	311.9 Vannstand ved limnigraf
Q _M	328	4.28	4,40
Q ₁₀	470	5.09	5,14
Q ₂₀	530	5.40	5,42
Q ₅₀	610	5.77	5,76
Q ₁₀₀	670	6.04	6,00
Q ₂₀₀	740	6.33	6,27
Q ₅₀₀	820	6.65	6,55



Figur 4 Tilpasning av observerte flommer ved Nybergsund fra 1908 til 1988 til LN-3 fordelingen. Den største observerte flommen (1995) har et gjentakelsesintervall på ca. 200 år.

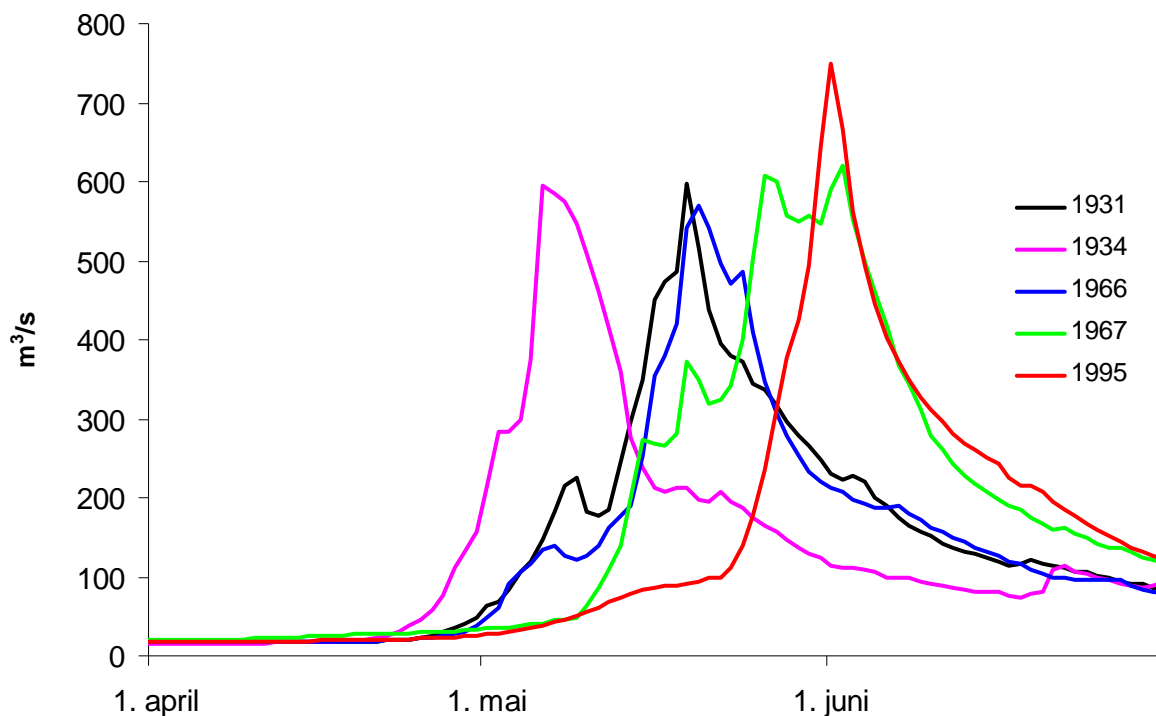
5. OBSERVERTE FLOMMER

I figur 5 er de fem største flommene ved Nybergsund i årene 1908 til 1998 vist. Alle disse har forekommet i mai eller i begynnelsen av juni.

Flommen i 1995 er den største. Vannføringen ble da registrert ved hjelp av limnigrafen (311.9), inntil den sluttet å virke ved ca. $550 \text{ m}^3/\text{s}$ den 30. mai. Ved hjelp av observatøren på stedet har en likevel kunnet rekonstruere flomforløpet. Flommen kulminerte 2. juni, beregnet døgnmiddel er $749 \text{ m}^3/\text{s}$. Ut fra observatørens notater på limnigramskjemaet kulminerte flommen med en vannføring på $760 \text{ m}^3/\text{s}$. Det gir en forskjell i vannstand ved Nybergsund på 4 cm mellom døgnmiddel og kulminasjonsverdi. I 1995 er det ikke tilgjengelige data fra trykksensoren (311.6) før 8. august.

Ved de tidligere flommene i vassdraget var det ingen limnigraf i drift. Vannstanden ble da registrert hver dag kl. 12. For flommene i 1966 og 1967 er det ikke notert andre vannstander enn disse. Maksimal vannføring har dermed sannsynligvis vært større enn henholdsvis 570 og $621 \text{ m}^3/\text{s}$ i de to årene. For hele smeltesesongen sett under ett hadde 1967-flommen det største volumet.

Men i 1931 og 1934 noterte observatøren vannstander som var noe høyere enn den som ble registrert klokken 12 de aktuelle dagene. I 1931 er vannføringen kl. 12 den 19. mai beregnet til $598 \text{ m}^3/\text{s}$, mens den noen timer tidligere var drøyt $600 \text{ m}^3/\text{s}$. Forskjellen er marginal. I 1934 er vannføringen kl. 12 den 6. mai beregnet til $595 \text{ m}^3/\text{s}$, mens den klokken kl. 07.30 var drøyt $620 \text{ m}^3/\text{s}$.



Figur 5 De fem største observerte flommene i Trysilelva ved Nybergsund fra 1908 til 1998.

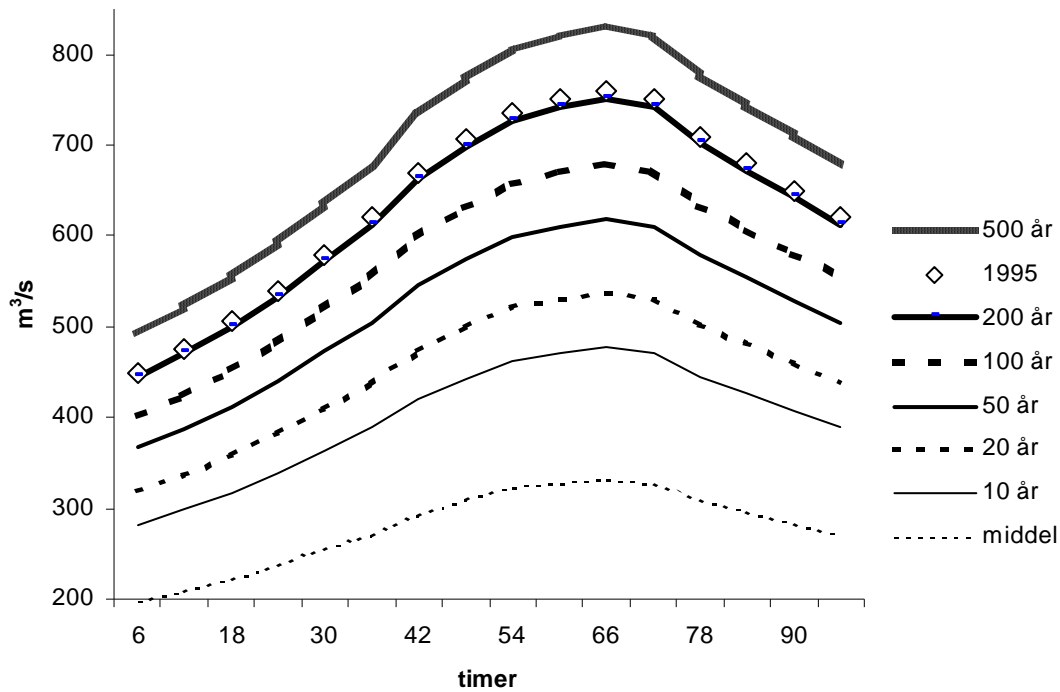
6. FLOMFØRLØP

Data fra flomhendelsene som er gitt i forrige kapittel viser at feilen en gjør ved beregning av flomvannstander ved å bruke døgnmidler/ ”klokken-12-verdier” i stedet for kulminasjonsverdier er liten. Det er og en naturlig følge av størrelsen på nedbørfeltet (over 4000 km²) og det faktum at en har mange store innsjøer i feltet som demper flomtoppene.

Ut fra de opplysningene vi har om 1995-flommen er det etter beste skjønn konstruert 6-timers verdier for denne hendelsen. Dette flomforløpet er så skalert til også å gjelde flommer med andre gjentaksintervall. En ser av tabellen under at for en 500-års flom blir det en forskjell på 12 m³/s mellom høyeste døgnmiddel og kulminasjonsverdi.

Tabell 5 Flomforløp for flommer med ulike gjentaksintervall beregnet ved skalering av 1995-flommen.

1995-flommen		middel	10 år	20 år	50 år	100 år	200 år	500 år
Døgnverdi	749 m ³ /s	328 m ³ /s	470 m ³ /s	530 m ³ /s	610 m ³ /s	670 m ³ /s	740 m ³ /s	820 m ³ /s
Timer								
6	450	197	282	318	366	403	445	493
12	476	208	299	337	388	426	470	521
18	506	222	318	358	412	453	500	554
24	540	236	339	382	440	483	534	591
30	580	254	364	410	472	519	573	635
36	620	272	389	439	505	555	613	679
42	670	293	420	474	546	599	662	734
48	706	309	443	500	575	632	698	773
54	736	322	462	521	599	658	727	806
60	750	328	471	531	611	671	741	821
66	760	333	477	538	619	680	751	832
72	750	328	471	531	611	671	741	821
78	710	311	446	502	578	635	701	777
84	680	298	427	481	554	608	672	744
90	650	285	408	460	529	581	642	712
96	620	272	389	439	505	555	613	679



Figur 6 Flomforløp for 1995-flommen og for flommer med ulike gjentakintervall.

VEDLEGG

- 1) Vannføringstabeller for Nybergsund.

8.3	1409	1413	1417	1421	1425	1429	1433	1437	1440	1444
8.4	1448	1452	1456	1460	1464	1468	1472	1476	1480	1484
8.5	1488	1492	1496	1500	1504	1508	1512	1516	1520	1524
8.6	1528	1532	1537	1541	1545	1549	1553	1557	1561	1565
8.7	1569	1573	1578	1582	1586	1590	1594	1598	1603	1607
8.8	1611	1615	1619	1623	1628	1632	1636	1640	1645	1649

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

Utgitt i Dokumentserien i 2000

- Nr. 1 Rune V. Engeset (red.): NOSIT - utvikling av NVEs operasjonelle snøinformasjonstjeneste (77 s)
- Nr. 2 Inger Sætrang (red):Statistikk over overføringstariffer (nettleie) i Regional- og distribusjonsnettet 2000 (55 s.)
- Nr. 3 Bjarne Kjøllmoen, Hans Christian Olsen og Roger Sværd: Langfjordjøkelen i Vest-Finnmark
Glasiohydrologiske undersøkelser (56 s.)
- Nr. 4 Turid-Anne Drageset: Flomberegning for Otta og Gudbrandsdalslågen
-Flomsonekartprosjektet (40 s.)
- Nr. 5 Erik Holmqvist: Flomberegning for Trysilvassdraget, Nybergsund (311.Z)
- Flomsonekartprosjektet (20 s.)