



Flomsonekartprosjektet

Flomberegning for Leira

Lars-Evan Pettersson

16
2005



D
O
K
U
M
E
N
T

Flomberegning for Leira (002.CAZ)

Dokument nr 16 - 2005

Flomberegning for Leira (002.CAZ)

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Forfatter: Lars-Evan Pettersson

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 30

Forsidefoto: Leira nedenfor Leirsund (Foto: Lars-Evan Pettersson, NVE-HV)

ISSN: 1501-2840

Sammendrag: I forbindelse med Flomsonekartprosjektet i NVE er det som grunnlag for vannlinjeberegning og flomsonekartlegging utført flomberegning for et delprosjekt i Leira i Akershus. Flomvannføringer med forskjellige gjentaksintervall er beregnet for to punkter i Leira, ved Leirsund og ved utløpet i Nitelva.

Emneord: Flomberegning, flomvannføring, Leira

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

Oktober 2005

Innhold

Forord.....	4
Sammendrag.....	5
1. Beskrivelse av oppgaven	6
2. Beskrivelse av vassdraget	7
3. Hydrometriske stasjoner	8
4. Flomdata	10
5. Flomfrekvensanalyser	11
6. Beregning av flomverdier.....	11
7. Usikkerhet.....	14
Referanser.....	15

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 av en elvestrekning i Leira i Akershus. Rapporten er utarbeidet av Lars-Evan Pettersson og kvalitetskontrollert av Thomas Væringstad.

Oslo, oktober 2005



Morten Johnsrud
avdelingsdirektør



Sverre Husebye
seksjonssjef

Sammendrag

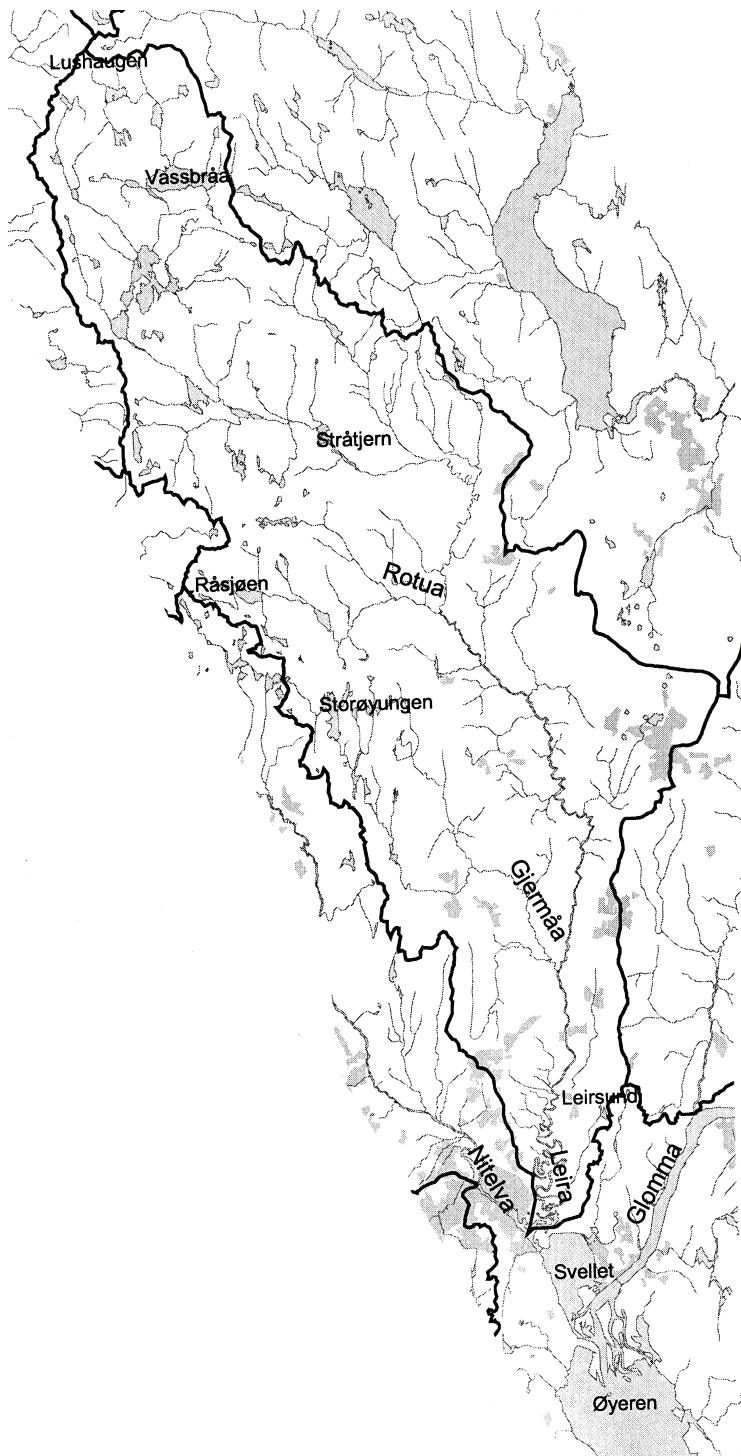
Flomberegningen for Leira gjelder et delprosjekt i NVEs Flomsonekartprosjekt: fs 002_20 Leirsund. Kulminasjonsvannføringer ved forskjellige gjentaksintervall er beregnet for to steder i Leira. Beregningen er basert på data fra målestasjoner i og nært vassdraget. Resultatet av flomberegningen ble:

	Areal km²	Q_M m³/s	Q₅ m³/s	Q₁₀ m³/s	Q₂₀ m³/s	Q₅₀ m³/s	Q₁₀₀ m³/s	Q₂₀₀ m³/s	Q₅₀₀ m³/s
Leira ved Leirsund	615	119	142	171	203	252	296	345	425
Leira ved utløpet i Nitelva	661	126	151	181	215	266	313	366	450

På grunn av godt datagrunnlag klassifiseres flomberegningen i klasse 1, i en skala fra 1 til 3 hvor 1 tilsvarer beste klasse.

1. Beskrivelse av oppgaven

Flomsonekart skal konstrueres for nedre delen av Leira i Akershus, delprosjekt fs 002_20 Leirsund i NVEs Flomsonekartprosjekt. Som grunnlag for flomsonekartkonstruksjonen skal midlere flom og flommer med gjentaksintervall 5, 10, 20, 50, 100, 200 og 500 år beregnes for Leira ved Leirsund og ved utløpet i Nitelva.

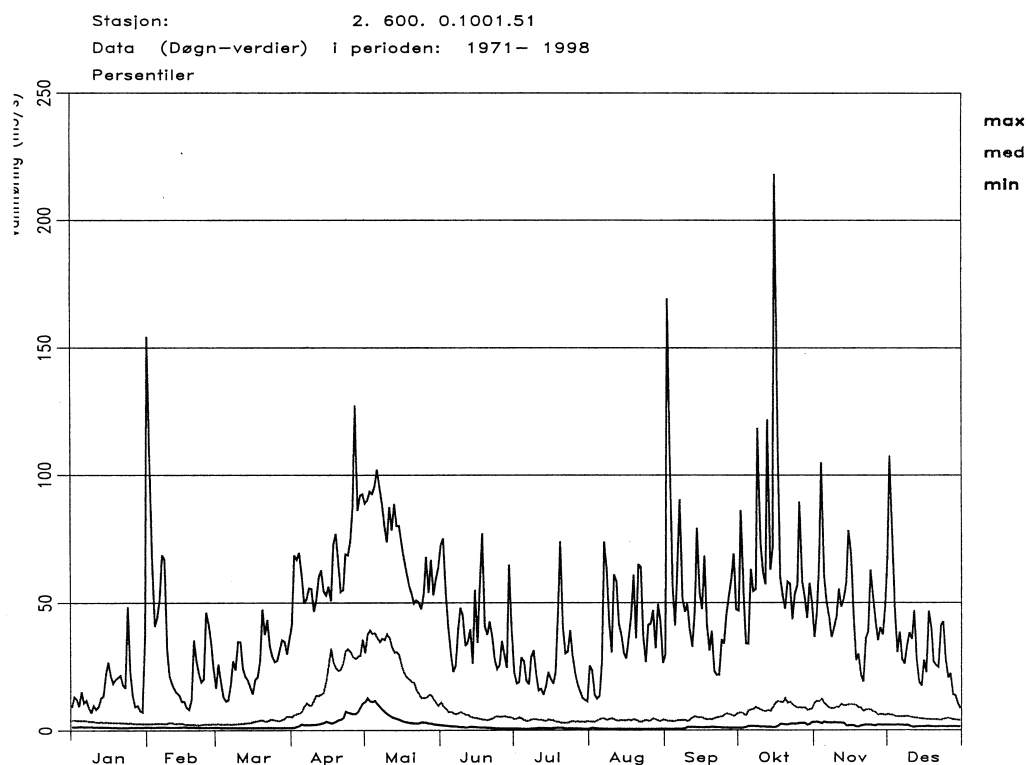


Figur 1. Kart over Leiravassdraget.

2. Beskrivelse av vassdraget

Leira drenerer store deler av Romeriksåsene og renner sørover gjennom de flate bygdene øst for åsene. Fra lengst nord renner Leira gjennom flere innsjøer; Fjellsjøen, Malsjøen, Ognilla, Vassbråa, Våja, Skjerva, Avalsjøen, Leirsjøen og Stråtjern, før den renner ut på den flate Romeriksbygden. Disse nordlige deler av vassdraget ligger i Oppland fylke, og her er det høyeste punktet i vassdraget, Lushaugen 812 moh. Leira har to sideelver av betydning. Rotua, med et nedbørfelt på 67 km², kommer fra Råsjøen og Bjertnessjøen i de midtre delene av Romeriksåsene, mens Gjermåa, 114 km², kommer fra Storøyungen og drenerer de sørlige delene av Romeriksåsene.

Oppstrøms samløpet med Gjermåa er Leiras nedbørfelt 490 km², og nedstrøms altså 604 km². På noen få kilometer ned til Leirsund øker nedbørfeltet bare til 615 km². I de nedre delene renner Leira med meget lite fall og har bare tilløp ved noen få korte sidebekker. Like sørøst for Lillestrøm renner Leira ut i Nitelva, som straks etterpå renner ut i Svullet, den nordlige delen av Øyeren som er avskjermet fra resten av innsjøen av Glommas store delta. Leiras nedbørfelt ved utløpet i Nitelva er 661 km². Nivået her er litt over 100 moh. Selv om det er dammer ved noen av vannene oppe i Romeriksåsene kan Leira betraktes som uregulert.



Figur 2. Karakteristiske vannføringer i Leira ved utløpet i Nitelva, m³/s.

Den naturlige middelvannføringen ved Leiras utløp i Nitelva er 13.3 m³/s i følge Beldring m.fl., 2002 og NVE, 2002. Dette tilsvarer en årlig avrenning på 20.1 l/s·km². Figur 2 viser

karakteristiske vannføringsverdier for hver dag i løpet av året i Leira. I kapittel 3 er det nærmere beskrevet hvordan vannføringsverdiene er beregnet. Den øverste kurven (max) i grafen viser største observerte vannføring og den nederste kurven (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.

Vi ser at vannføringen vanligvis er størst i forbindelse med snøsmeltingen i april-mai (mediankurven) og minst om vinteren. Figuren viser imidlertid også at flommer kan finne sted hele året, men at de største sannsynligvis vil opptre om høsten.

3. Hydrometriske stasjoner

Flere hydrometriske stasjoner i og nært Leira er vurdert i flomberegningen. Figur 3 viser stasjonenes beliggenhet.

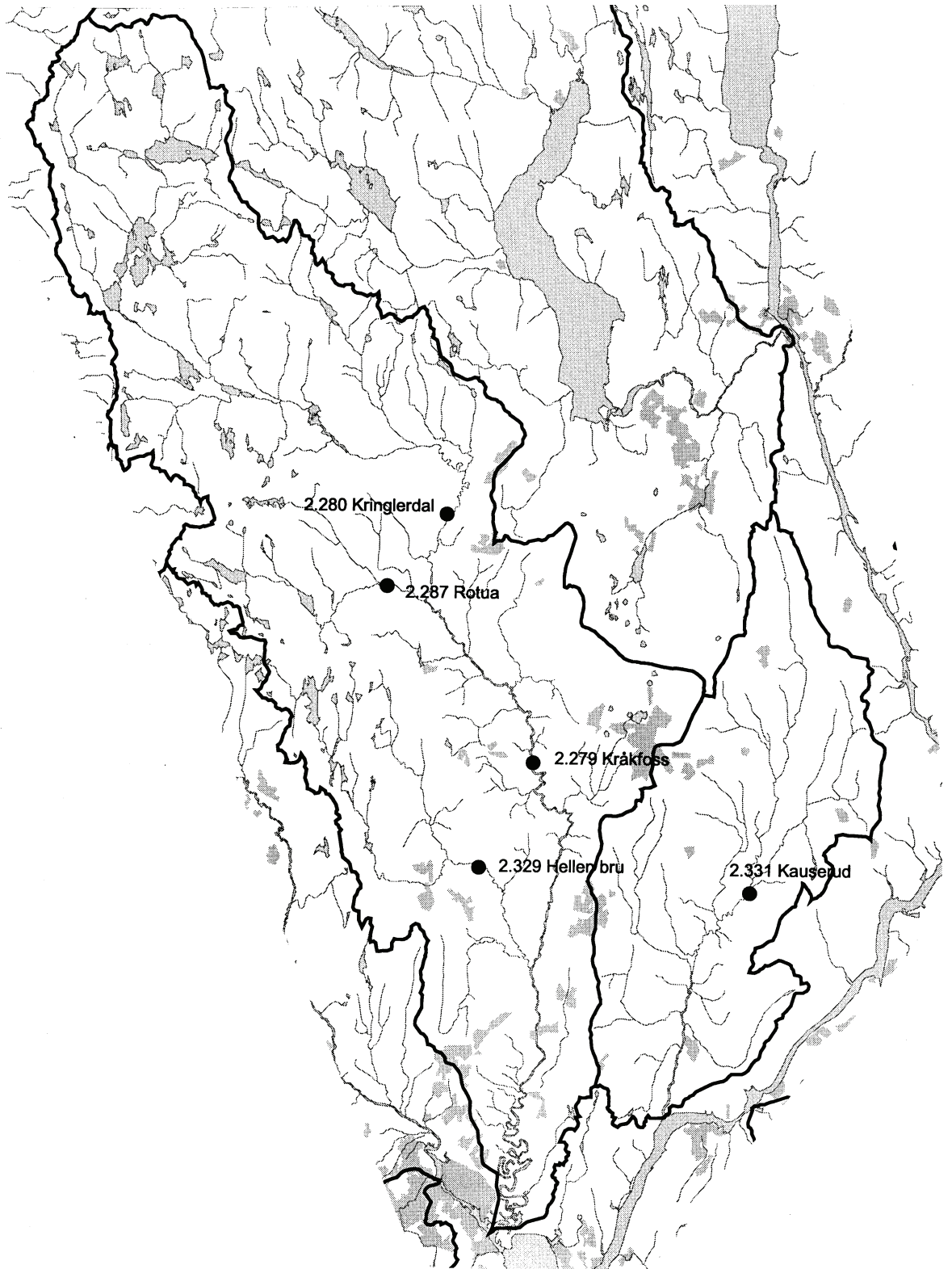
Målestasjonene 2.280 Kringlerdal og 2.279 Kråkfoss ligger i øvre delen av Leira, hhv. oppstrøms og nedstrøms samløpet med Rotua. De ble etablert i 1966 og er fortsatt i drift. Samme år ble målestasjonen 2.287 Rotua etablert i sideelven. Flomdata fra denne stasjonen i de første årene virker imidlertid mistenkelig store og benyttes ikke i flomanalysene. Flomdata fra senere år er sannsynligvis påvirket av vannuttak og benyttes heller ikke. I sideelven Gjermåa ble målestasjonen 2.329 Hellen bru etablert i 1970 og er fortsatt i drift.

I Rømua, en elv som ligger like øst for Leira og har utløp direkte i Glomma oppstrøms Øyeren, ligger målestasjonen 2.331 Kauserud som har data siden 1971.

Det er konstruert to dataserier som antas å være representative for hhv. Leira ved Leirsund og Leira ved utløpet i Nitelva.

Dataserien for Leira ved Leirsund er beregnet som summen av de daglige vannføringene ved 2.279 Kråkfoss og 2.329 Hellen bru samt vannføringen ved 2.331 Kauserud skalert med 1.140. Summen av vannføringene ved Kråkfoss og Hellen bru representerer 514.3 km² av Leira (433 + 81.3). Vannføringen i lokalfeltet mellom disse målestasjoner og Leirsund, ca. 100 km² antas å beskrives av den samtidige avrenningen fra det nærliggende feltet til Kauserud. Skaleringsfaktoren 1.140 er fremkommet som den relative forskjellen mellom feltarealer, 100.7 km² for lokalfeltet til Leirsund og 88.3 km² for Kauseruds felt.

På tilsvarende måte er dataserien for Leira ved utløpet i Nitelva konstruert, her med skaleringsfaktoren 1.661 (146.7/88.3 hvor 146.7 er arealet mellom målestasjonen Kråkfoss/Hellen bru og utløpet i Nitelva).



Figur 3. Hydrometriske stasjoner.

4. Flomdata

De største flommene ved hver av målestasjonene i området er vist i tabell 1 og ved de konstruerte seriene i tabell 2.

Tabell 1. Observerte flommer ved målestasjoner i Leira og Rømua (døgnmiddel).

2.280 Kringlerdal 1966-2003		2.279 Kråkfoss 1966-2004		2.287 Rotua 1974-2003		2.329 Hellen bru 1970-2001		2.331 Kauserud 1971-2001	
Dato	m ³ /s	dato	m ³ /s	dato	m ³ /s	dato	m ³ /s	dato	m ³ /s
16.10.1987	74.6	16.10.1987	171.6	16.10.1987	19.1	16.10.1987	21.4	01.02.1990	54.4
10.10.2000	65.2	11.10.2000	110.9	11.10.2000	14.0	10.10.2000	21.2	03.09.1988	38.0
21.11.2000	62.1	22.11.2000	109.7	03.09.1988	13.6	31.10.2000	20.5	22.08.1988	23.7
31.10.2000	61.9	03.09.1988	104.0	21.11.2000	13.2	20.11.2000	20.0	20.01.1999	23.5
23.05.1966	59.9	13.11.2000	99.4	17.10.1983	12.9	03.12.1992	19.2	31.10.2000	21.4

Tabell 2. Beregnede flommer i nedre del av Leira (døgnmiddel).

Ved Leirsund 1971-2001		Ved utløpet i Nitelva 1971-2001	
Dato	m ³ /s	dato	m ³ /s
16.10.1987	210.3	16.10.1987	218.2
03.09.1988	149.6	03.09.1988	169.4
11.10.2000	148.1	11.10.2000	155.9
31.10.2000	144.0	31.10.2000	155.1
20.11.2000	141.1	20.11.2000	150.6

Høstflommen i 1987 er den klart største flommen i området i observasjonsperioden, som begynte i midten av 1960-årene. Unntaket er ved Kauserud, hvor den bare er rangert som den syvende største. Også høstflommen 1988 var meget stor, men spesielt må nevnes flommene høsten 2000. Da var det en meget nedbørrik periode, som resulterte i mange flomtopper med relativt liten vannføring i dagene mellom.

5. Flomfrekvensanalyser

Det er utført frekvensanalyser på årsflommer for de målestasjoner i Leira som har tilstrekkelig lang dataserie og for de konstruerte dataseriene. Resultatene er vist i tabell 3, hvor midlere flom, Q_M , og forholdstallene Q_T/Q_M presenteres. Midlere flom er også beregnet for de stasjoner som har for kort serie for flomfrekvensanalyse. I tillegg vises de forholdstallene Q_T/Q_M for høstflommer i regionen som er hentet fra prosjekthåndboken for flomsonkartprosjektet (NVE, 2000), og som igjen er utledet i en regional flomfrekvensanalyse fra 1997 (Sælthun m.fl., 1997). I figur 4 er flomfrekvensanalysene med Q_T/Q_M for Kråkfoss og for Leira ved Leirsund og ved Nitelva vist grafisk.

Tabell 3. Flomfrekvensanalyser, døgnmiddel av årsflommer.

Vannføringsstasjon	Areal km ²	Antall år	Q_M m ³ /s	Q_M l/s·km ²	Q_5/Q_M	Q_{10}/Q_M	Q_{20}/Q_M	Q_{50}/Q_M	Q_{100}/Q_M	Q_{200}/Q_M	Q_{500}/Q_M
2.280 Kringlerdal	265	37	40.9	154	1.20	1.37	1.53	1.75	1.92	2.09	2.32
2.279 Kråkfoss	433	38	63.9	148	1.20	1.44	1.71	2.12	2.49	2.91	3.58
2.287 Rotua	56.1	22	9.01	161							
2.329 Hellen bru	81.3	31	14.4	177							
2.331 Kauserud	88.3	31	14.3	162							
Leira ved Leirsund	615	31	87.3	142	1.22	1.48	1.76	2.18	2.53	2.94	3.55
Leira ved Nitelva	661	31	92.4	140	1.23	1.50	1.80	2.24	2.63	3.08	3.76
Høstflomregion 3					1.33	1.73	2.04	2.57	3.05	3.45	4.20

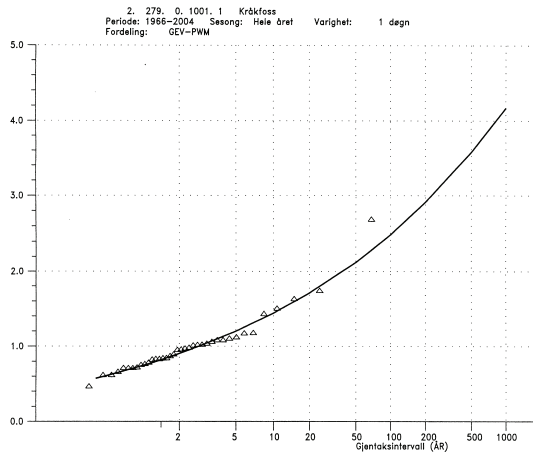
6. Beregning av flomverdier

Det skal beregnes flomverdier for Leira ved Leirsund, 615 km², og ved utløpet i Nitelva, 661 km².

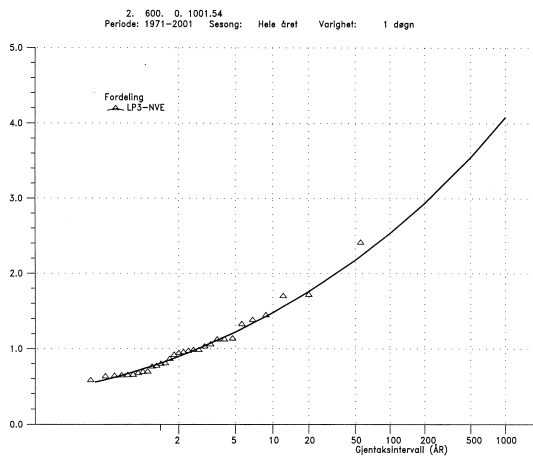
Det antas at de beregnede verdiene for de konstruerte dataseriene gir gode estimat for midlere flom i nedre del av Leira. Det er rimelig at spesifikk midlere flom minker nedover vassdraget fordi bidragene fra de forskjellige delfeltene kommer til forskjellig tidspunkt, noe som virker utjevnende på flomtoppene. Spesifikk midlere flom kan derfor antas å minke i Leira fra 148 l/s·km² ved Kråkfoss til 142 l/s·km² ved Leirsund og til 140 l/s·km² ved utløpet i Nitelva, som de konstruerte seriene tilsier.

Som representativ frekvensfordeling for hele Leira antas den flomfrekvensfordeling som gjelder for Kråkfoss å være, selv om observasjonsperioden er noe kort, 38 år. Frekvensfordelingen ved de konstruerte dataseriene er rimelig lik den ved Kråkfoss. Den regionale frekvenskurven for høstflommer gir en del høyere verdier for Q_T/Q_M enn flomfrekvensanalysen for Kråkfoss.

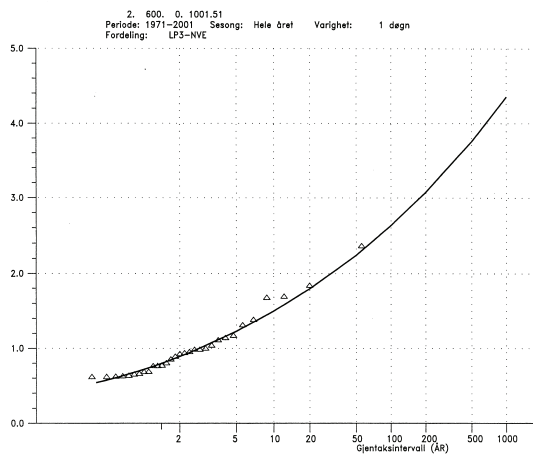
a)



b)



c)



Figur 4. Flomfrekvensanalyse for 2.279 Kråkfoss (a), Leira ved Leirsund (b) og Leira ved Nitelva (c).

Resulterende flomverdier med forskjellige gjentaksintervall for Leira er vist i tabell 4.

Tabell 4. Flomverdier i Leira, døgnmiddelvannføringer.

	Q_M l/s·km ²	Q_M m ³ /s	Q_5 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
Q_T/Q_M			1.20	1.44	1.71	2.12	2.49	2.91	3.58
Leira ved Leirsund	142	87.3	105	126	149	185	217	254	313
Leira ved utløpet i Nitelva	140	92.4	111	133	158	196	230	269	331

De presenterte flomverdiene så langt representerer døgnmiddelverdier. Kulminasjonsvannføringen kan være atskillig større enn døgnmiddelvannføringen ved store flommer. Det er utarbeidet ligninger basert på feltparametere som kan benyttes for å beregne forholdstallet mellom kulminasjonsvannføring (momentanvannføring) og døgnmiddelvannføring (Sælthun m.fl., 1997). Formelen for høstflommer, som sannsynligvis er de største i Leira, er:

$$Q_{\text{momentan}}/Q_{\text{middel}} = 2.29 - 0.29 \cdot \log A - 0.270 \cdot A_{SE}^{0.5},$$

hvor A er feltareal og A_{SE} er effektiv sjøprosent. For Leira ved Leirsund og ved Nitelva er effektiv sjøprosent hhv. 0.21 og 0.18 %. Formelverket gir da et forholdstall mellom kulminasjons- og døgnmiddelvannføring på 1.36 for begge steder i nedre Leira.

I tabell 5 er kulminasjons- og døgnmiddelvannføring for noen store flommer vist. Fra Kråkfoss er det direkte observerte data, mens fra nedre del av Leira er vannføringene fremkommet på tilsvarende måte som tidligere beskrevet, dvs. nå beregnet ut fra data med fin tidsoppløsning fra flere stasjoner. For flommen i 1988 mangler det data med fin tidsoppløsning ved Hellen bru.

Tabell 5. Kulminasjons- og døgnmiddelvannføring ved noen store flommer, m³/s.

Sted/dato	Kulminasjon	Døgnmiddel	Kulm./døgnm.
2.279 Kråkfoss, observert			
16.10.1987	232.8	171.6	1.36
03.09.1988	121.6	104.0	1.17
11.10.2000	120.8	110.9	1.09
31.10.2000	119.2	99.1	1.20
Leira ved Leirsund, estimert			
16.10.1987	282.2	210.3	1.34
31.10.2000	172.0	144.0	1.19
Leira ved Nitelva, estimert			
16.10.1987	292.6	218.2	1.34
31.10.2000	185.9	155.1	1.20

Under storflommen i 1987 var forholdstallet mellom kulminasjons- og døgnmiddel-vannføring i Leira likt eller nesten likt det som formelverket gir. Senere flommer har ikke gitt like stort forholdstall. For videre beregning i Leira benyttes forholdstallet 1.36. Resulterende kulminasjonsvannføringer er vist i tabell 6.

Tabell 6. Flomverdier i Leira, kulminasjonsvannføringer.

	Q_M m^3/s	Q_5 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
Leira ved Leirsund	119	142	171	203	252	296	345	425
Leira ved utløpet i Nitelva	126	151	181	215	266	313	366	450

7. Usikkerhet

Datagrunnlaget for flomberegning i Leira er godt, selv om det ikke finnes lange dataserier i området.

Selv der det finnes data er det en del usikkerhet knyttet til frekvensanalyser av flomvannføringer. De observasjoner som foreligger er av vannstander. Disse omregnes ut fra en vannføringskurve til vannføringsverdier. Vannføringskurven er basert på et antall samtidige observasjoner av vannstand og måling av vannføring i elven. Men disse direkte målinger er ikke alltid utført på ekstreme flommer. De største flomvannføringene er altså beregnet ut fra et ekstrapolert samband mellom vannstander og vannføringer, dvs. også ”observerte” flomvannføringer kan derfor inneholde en grad av usikkerhet.

En faktor som fører til usikkerhet i flomdata er at NVEs hydrologiske database er basert på døgnmiddelverdier knyttet til kalenderdøgn. I prinsippet er alle flomvannføringer derfor noe underestimerte, fordi største 24-timersmiddel alltid vil være mer eller mindre større enn største kalenderdøgnmiddel.

I tillegg er de eldste dataene i databasen basert på én daglig observasjon av vannstand inntil registrerende utstyr ble tatt i bruk. Disse daglige vannstandsavlesninger betraktes å representere et døgnmiddel, men kan selvfølgelig avvike i større eller mindre grad fra det virkelige døgnmidlet.

Dataene med fin tidsopløsning er ikke kontrollerte på samme måte som døgndataene og er ikke kompletterte i tilfelle observasjonsbrudd. Det foreligger heller ikke data med fin tidsopløsning på databasen lenger enn ca. 20 år tilbake. Det er derfor ikke mulig å utføre flomfrekvensanalyser direkte på kulminasjonsvannføringer.

Å kvantifisere usikkerhet i hydrologiske data er meget vanskelig. Det er mange faktorer som spiller inn, særlig for å anslå usikkerhet i ekstreme vannføringsdata. Konklusjonen for denne beregningen er at datagrunnlaget er godt, og beregningen klassifiseres derfor i klasse 1, i en skala fra 1 til 3 hvor 1 tilsvarer beste klasse.

Referanser

Beldring, S., Roald, L.A., Voksø, A., 2002: Avrenningskart for Norge. Årsmiddelverdier for avrenning 1961-1990. NVE-Dokument nr. 2-2002.

NVE, 2000: Prosjekthåndbok – Flomsonekartprosjektet. 5.B: Retningslinjer for flomberegninger.

NVE, 2002: Avrenningskart for Norge 1961-1990.

Sælthun, N. R., Tveito, O. E., Bønsnes, T. E., Roald, L. A., 1997: Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag. NVE-rapport nr. 14-1997.

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

Utgitt i Dokumentserien i 2005

- Nr. 1 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Eidfjordvassdraget. Flomsonekartprosjektet (20 s.)
- Nr. 2 Eirik Traae: Program for økt sikkerhet mot leirskred. Risiko for kvikkleireskred Bragernes, Drammen
Forslag til tiltak (21 s.)
- Nr. 3 Inger Sætrang: Statistikk over tariffer i regional- og distribusjonsnettet 2005 (55 s.)
- Nr. 4 Turid-Anne Drageset, Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Fjellhammarelva/Sagelva.
Flomsonekartprosjektet (26 s.)
- Nr. 5 Thomas Væringstad: Flomberegning for Valldøla. Flomsonekartprosjektet (19 s.)
- Nr. 6 Inger Sætrang: Oversikt over vedtak og utvalgte saker. Tariffer og vilkår for overføring av kraft i
2004 (s.)
- Nr. 7 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Vikja og Hopra i Sogn og Fjordane.
Flomsonekartprosjektet (16 s.)
- Nr. 8 Frode Trengereid (red.): Forslag til endring av forskrift om leveringskvalitet i kraftsystemet (33 s.)
- Nr. 9 Den økonomiske reguleringen av nettvirksomheten. Forslag til endring av forskrift om økonomisk
og teknisk rapportering, m.v. Høringsdokument 1. juli 2005 (82 s.)
- Nr. 10 Den økonomiske reguleringen av nettvirksomheten. Høringsdokument 1. juli 2005 (45 s.)
- Nr. 11 Paul Martin Gystad (red.)Tariffer. Forslag til endring i forskrift av 11. mars 1999 nr 302 om
økonomisk og teknisk rapportering, inntektsramme for nettvirksomheten og tariffer del V (35 s.)
- Nr. 12 Erik Holmqvist: Flomberegning for Oltedalselva. Flomsonekartprosjektet (19 s.)
- Nr. 13 Thomas Væringstad: Flomberegning for Mosby. Flomsonekartprosjektet (22 s.)
- Nr. 14 Stian Solvang Johansen, Erik Holmqvist: Flomberegning for Strynevassdraget
Flomsonekartprosjektet (26 s.)
- Nr. 15 Erik Holmqvist: Flomberegning for Oгнаelva. Flomsonekartprosjektet (22 s.)
- Nr. 16 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Leira. Flomsonekartprosjektet (15 s.)