RAPPORT

Nr 75/2018

Flomberegning for Surna (112.Z)

Ann-Live Øye Leine

Rapport nr 75-2018

Flomberegning for Surna (112.Z)

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat
Forfatter: Ann-Live Øye Leine

Trykk: NVEs hustrykkeri
Forsidefoto: Målestasjon 112.8 Rinna, Foto: Bjørg Lirhus Ree
ISBN: 978-82-410-1734-6

Sammendrag: I forbindelse med at flomsonekartet for Surna skal revideres, er det behov for oppdaterte flomberegninger som danner grunnlag for vannlinjeberegningene. Kulminasjonsvannføringer for flommer med forskjellige gjentaksintervall er beregnet for 13 steder i vassdraget, mellom Rindal meieri og utløpet i Surnadalsfjorden.

Emneord: Flomberegning, Surna

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Epost: nve@nve.no
Internett: www.nve.no

10.09.18

Innhold

Innhold 1
Forord 2
Sammendrag 3
1. Beskrivelse av oppgaven 5
2. Beskrivelse av vassdraget 6
2.2 Reguleringer i vassdraget 8
2.3 Karakteristiske vannføringer 10
3. Vannføringsstasjoner 13
4. Beregning av flomverdier 17
4.1. Forbedring av grunnlagsdata i Surna 17
4.2. Flomfrekvensanalyser – valg av vekstkurve 19
4.3. Beregning av døgnmiddelvannføring 23
4.4. Beregning av kulminasjonsvannføring 27
4.5 Justering av flomverdier i forhold til ventede klimaendringer 30
5. Observerte flommer 32
6. Sammenligning med andre flomberegninger og erfaringstall 33
7. Usikkerhet 35
Referanser 37
Vedlegg 38

Forord

Flomsonekartlegging er et viktig hjelpemiddel for arealdisponering langs vassdrag og for beredskapsplanlegging. NVE arbeider med å lage flomsonekart for flomutsatte elvestrekninger i Norge. Beregning av flomvannføringer på flomutsatte elvestrekninger er en del av dette arbeidet. Grunnlaget for flomberegninger er NVEs omfattende database over observerte vannstander og vannføringer, og NVEs hydrologiske analyseprogrammer som blant annet benyttes for flomfrekvensanalyser.

Denne rapporten gir resultatene av en flomberegning som er utført i forbindelse med at det er behov for oppdaterte flomsonekart for Surnavassdraget i Møre og Romsdal. Rapporten er utarbeidet av Ann-Live Øye Leine og kvalitetskontrollert av Erik Holmqvist.

Oslo, september 2018.

Morten Johnsrud
avdelingsdirektør

Sverre Husebye
seksjonssjef

Sammendrag

Det ble gjort en flomberegning for Surna i 2004 (Drageset, 2004) med tilhørende flomsonekart i 2007 (Bævre og Øydvin, 2007). Disse skal nå revideres. Flomberegningen for Surna omfatter 13 beregningspunkt i elva Surna og berører både Surnadal og Rindal kommune i Møre og Romsdal. Beregningen danner grunnlaget for oppdatering av flomsonekartet for Surna. Flomverdier i denne rapporten er vesentlig høyere enn flomvannføringene fra 2004, for detaljer se kap.6.

I Surna kan store flommer forekommer hele året, men de største flommene er som regel regnflommer gjennom høsten og vinteren, hvor de aller største flommene gjerne er en kombinasjon av snøsmelting og regn.

Store deler av Surnavassdraget er sterkt regulert. Reguleringene påvirker flomregimet i Surna på den måten at høstflommene, som er forårsaket av kraftig høstnedbør i kombinasjon med liten magasinkapasitet, er mer dominant enn tidligere for nedre del av vassdraget. Vårflommene har derimot blitt redusert på grunn av stor magasinkapasitet om våren.

Flomberegningen er basert på frekvensanalyser av observerte flommer ved målestasjoner i vassdraget, representative målestasjoner fra nabovassdragene, regionale flomformler og flomberegninger gjort ifb. med dimensjonering av damsikkerhet.

Det er beregnet kulminasjonsvannføring for ulike gjentaksintervall opp til Q_{1000}. Resultatene av beregningene ble:

Tabell 1. Flomverdier i Surnavassdraget for aktuelle beregningspunkt, kulminasjonsvannføringer.

Punkt i vassdraget	Q_{kulm}/ Q_{mid}	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_{1000} m^3/s
Rindal meieri	1,50	124	149	174	199	236	261	286	311	335
Oppstrøms Rinna	1,50	125	150	175	200	238	263	288	313	338
Nedstrøms Rinna	1,45	203	249	294	339	428	473	519	564	609
Oppstrøms Bulu	1,45	207	252	298	344	434	480	526	572	617
NedstrømsBulu	1,40	232	285	337	390	501	554	607	660	712
Oppstrøms Folla	1,40	234	288	341	394	506	559	613	666	719
Nedstrøms Folla	1,40	302	369	436	503	635	804	970	1104	1244
112.27 Skjermo	1,40	308	376	444	512	646	817	984	1118	1260
Oppstrøms Vindøla	1,40	310	379	447	516	650	821	988	1123	1265
Nedstrøms Vindøla	1,40	392	482	572	663	858	1050	1240	1396	1560
112.7 Honstad	1,40	395	486	577	668	864	1057	1247	1404	1569
Skei	1,40	403	496	588	681	879	1074	1266	1424	1591
Utløp i fjorden	1,40	411	505	599	693	893	1089	1283	1443	1611

Tabell 2. Flomverdier inkl. anbefalt klimapåslag (20 %) for Surnavassdraget, kulminasjonsvannføringer.

Punkt i vassdraget	Areal 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_{1000} m^3/s
Rindal meieri	230	149	179	209	238	283	313	343	373	402
Oppstrøms Rinna	235	150	180	210	240	286	316	346	376	406
Nedstrøms Rinna	435	249	303	357	433	514	568	622	676	730
Oppstrøms Bulu	449	252	307	362	439	521	576	631	686	741
Nedstrøm sBulu	518	285	348	411	506	601	665	728	791	855
Oppstrøms Folla	530	288	351	415	511	607	671	735	799	863
Nedstrøms Folla	895	369	450	530	642	962	1112	1272	1383	1493
112.27 Skjermo	925	376	458	539	653	975	1127	1288	1400	1512
Oppstrøms Vindøla	935	379	461	543	657	980	1132	1294	1406	1518
Nedstrøms Vindøla	1105	482	591	699	867	1229	1407	1595	1734	1872
112.7 Honstad	1121	486	595	704	873	1236	1415	1603	1743	1882
Skei	1163	496	607	718	888	1255	1436	1626	1767	1909
Utløp i fjorden	1200	505	618	730	903	1272	1454	1647	1790	1933

Det finnes ikke observasjoner av uregulert vannføring i hovedelva, men for noen av sideelvene. Det finnes derimot observasjoner av regulert vannføring i hovedelva. Kvaliteten på observasjonene varierer. Å kvantifisere den totale usikkerheten i hydrologiske data er vanskelig, og særlig det å anslå usikkerhet i ekstreme vannføringsdata. Man mangler vannføringsmålinger for ekstreme flommer, og man har ikke lange nok dataserier for å gi sikre estimat på flommer med gjentaksintervall over 50 år. Det er også knyttet usikkerhet til valg av frekvensfordelinger.

Reguleringene i vassdraget bidrar til stor usikkerhet i flomestimatene. Flommene vil være påvirket av måten magasinene er manøvrert i forkant av en flom og magasinfyllingen ved flommens start. Det har vært utfordrende å finne et realistisk bidrag fra de regulerte delene og kombinere dette med vannføringen fra de uregulerte delene av feltet. Beregningene er svært sensitive for hvilken flomdemping man legger til grunn i det regulerte delen av vassdraget.

Det at det finnes målestasjoner i vassdraget og driftsdata fra kraftverkene gjør at det hydrologiske grunnlaget for flomberegningen er brukbart og dermed settes til klasse 2, på en skala fra 1 til 3, hvor 1 tilsvarer beste klasse. Det at det hydrologiske grunnlaget tilhører klasse 2, er *ikke* ensbetydende med at det er liten usikkerhet i flomstørrelser med høye gjentaksintervall.

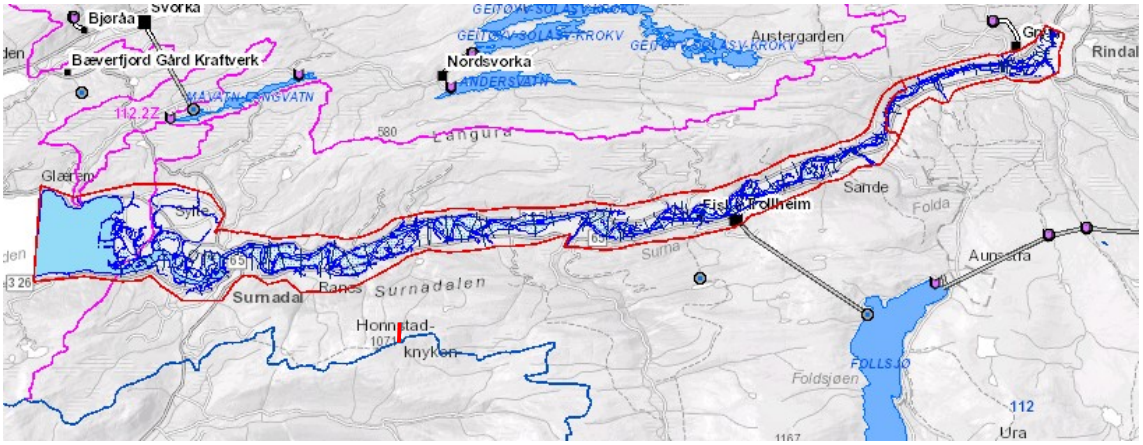
Det anbefales derfor at det gjøres en sensitivitetsanalyse på +/- 20 % i flomvannføringene som inngår i flomsonekartet.

1. Beskrivelse av oppgaven

I 2004 gjorde NVE en flomberegning (Drageset, 2004) som la grunnlag for flomsonekartlegging av Surna (Bævre og Øydvin, 2007). Fordi man har tilgang på lengre måleserier og det er gjort revisjoner av vannøringskurvene på flere av de sentrale målestasjonene er det bestemt at flomberegningen skal revideres.

Figur 1 viser den 35 km lange strekningen som er aktuell i forbindelse med revisjon av flomsonekartet. Beregningspunktene fra 2004 skal også benyttes for den nye beregningen. Alle de 13 punktene ligger i hovedelva; fra Rindal meieri til utløpet i Surnadalsfjorden. Det skal ikke beregnes flomverdier i sideelver som tilløper Surna på denne strekningen. Flomutsatt område på strekningen inkl. bl.a. spredt bebyggelse, riksveg, kommunal veg, campingplasser og dyrket mark.

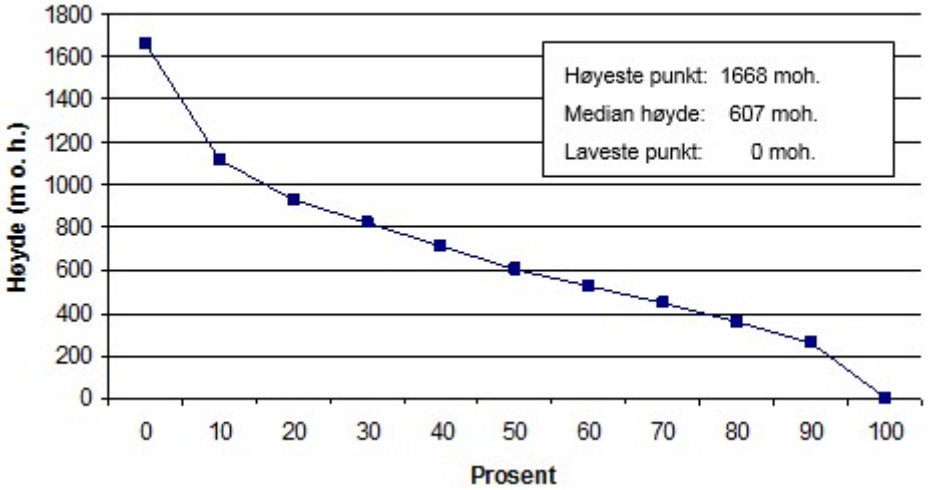
Som grunnlag for vannlinjeberegningen i Surna skal normalvannføring (Se Tabell 3), middelflom og flommer med gjentaksintervall 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500 og 1000 år beregnes.



Figur 1. Kart over strekning som er flomsonekartlagt er rammet inn med rød strek.

2. Beskrivelse av vassdraget

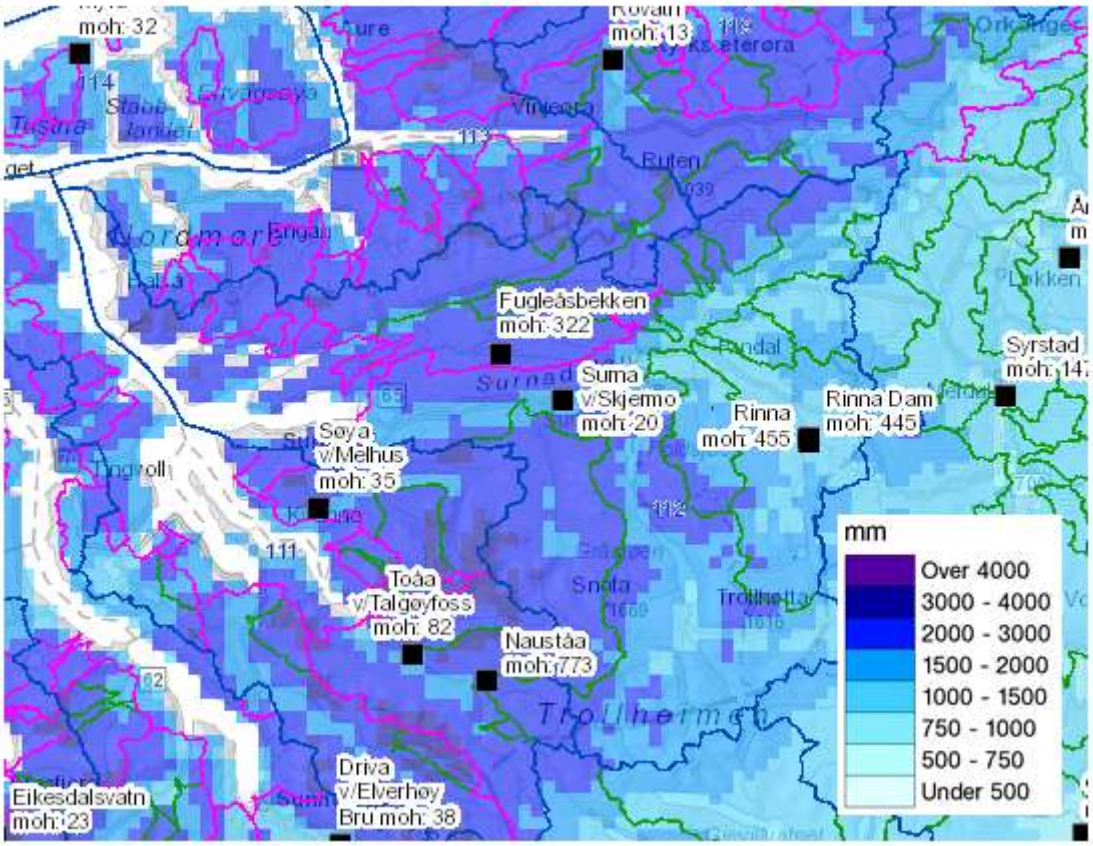
Surna renner i sørvestlig retning gjennom Surnadal i fire-fem mil fra Lomunddalen i nordøst til utløpet i Surnadalsfjorden ved Surnadalsøra. Elva har i hovedsak sitt utspring i fjellområder i Trollheimen nordøst i Møre og Romsdal. Hoveddelen av tilløpet til Surna kommer fra fire sidevassdrag med utspring i Trollheimen: Rinna, Bulu, Folla og Vindøla. Vassdraget ligger i hovedsak i Surnadal og Rindal kommune, og grenser mot vassdragene Søya og Todalselva i vest, Driva i sør, Orkla i øst og Svorka og Bøvra i nord. Det samlede nedbørfeltet ved utløpet i fjorden er ca.1200 km^2. Det er store høydeforskjeller i vassdraget (figur 2), og det strekker seg fra havnivå til 1668 moh. Høyeste punkt er Snota i Trollheimen. Feltets midlere høyde er ca. 610 moh.



Figur 2 Hypsografisk kurve for Surnas nedbørfelt. Kurven viser hvor stor andel av det totalt arealet (1200km^2) som ligger over en gitt høyde.

Aktuelle feltparametere for beregningspunktene er oppsummert i Tabell 3.

Trollheimen ligger i klimaskillet mellom oseanisk Vestlands klima og det mer kontinentale klima i indre Trøndelag. Forskjellen kommer til uttrykk gjennom den avtagende nedbørmengden fra vest til øst. I Surnavassdraget varierer gjennomsnittlig nedbørmengde fra under 1000 mm/år nede i hoveddalføret til over 3000 mm/år i de høyeste områdene i Trollheimen, se Figur 3.



Figur 3 Kartet viser en tydelig gradient i (vest/øst) normal årsnedbør (i mm) for normalperioden 1971-2000.

Beregninger basert på NVEs avrenningskart for Norge (2002) gir en naturlig spesifikk årlig avrenning på 48 l/s·km^2 for perioden 1961-1990 for Surnas nedbørfelt. Avrenningen varierer mye innenfor nedbørfeltet, og det er en stor gradient i avrenningen fra vest til øst, eksempelvis 100 l/s·km^2 i de høyereliggende områdene i Trollheimen i sørvestlige deler av vassdraget og ca. 30 l/s·km^2 i lavereliggende områder ved Surnadal, områdene sør for Gråsjø og i de østligste delene av vassdraget. Basert på observasjoner av vannføring ser avrenningskartet ut til å underestimere avrenningen for deler av Surnavassdraget. Mer om dette i kap. 3.

Avrenningskartet har en usikkerhet på ± 20 % og øker normalt for små arealer.

Tabell 3. Feltparametere for utvalgte punkter i Surnavassdraget inkl. normalavrenningen.

Beregningspunkter	Feltareal (km^2)	Eff. sjø (%)	Q_N* (l/s·km^2)	Q_N (m^3/s)	H_{50} (moh.)	Snaufjell (%)
Rindal meieri	230	0,1	39,3	9	407	17
Oppstrøms Rinna	235	0,1	39,1	9	402	16
Nedstrøms Rinna	435	0,1	39,2	17	501	24
Oppstrøms Bulu	449	0,1	39,2	18	496	24
Nedstrøms Bulu	518	0,1	40,7	21	510	26
Oppstrøms Folla	530	0,1	40,6	22	504	26
Nedstrøms Folla	895	0,7	44,6	40	627	42

112.27 Skjermo	925	0,7	44,7	41	619	41
Oppstrøms Vindøla	935	0,6	44,7	42	613	41
Nedstrøms Vindøla	1105	0,5	48,3	53	643	43
Honstad	1121	0,5	48,2	54	636	42
Skei	1163	0,4	48,0	56	621	48
Utløp i fjorden	1200	0,4	47,9	57	606	48

** Avrenning beregnet fra NVEs avrenningskart for perioden 1961-1990.

2.2 Reguleringer i vassdraget

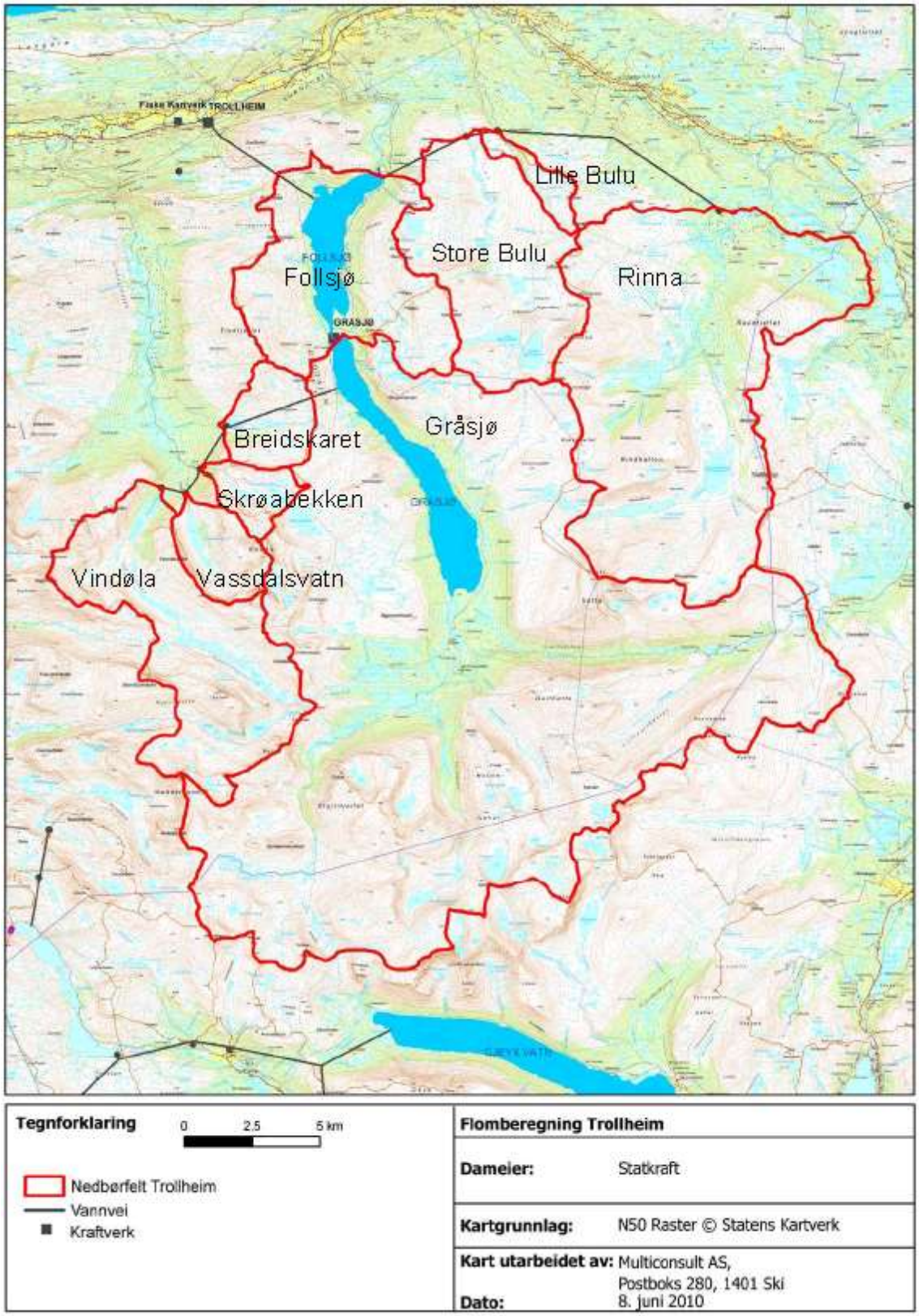
Vannmengdene i Surnas fire større sørlige tilløpselver, som har utspring i Trollheimen, er utnyttet til kraftproduksjon. Reguleringene har innvirkning på avrenningen i Surna nedstrøms samløpet med Rinna. Oppstrøms samløpet med Rinna har Surna naturlig avrenning. Reguleringsmagasinene i Surnas nedbørfelt har en total lagringskapasitet på 384 mill m^3. Dette tilsvarer i overkant av 40 % av midlere årlig tilsig. Regulant er Statkraft.

Kraftverkssystemet ble satt i drift i 1968, og er vist i Figur 4. Produksjonen foregår i to kraftverk, Trollheimen kraftverk ved Harang ca. 25 km fra Surnas utløp i fjorden og Gråsjø kraftverk nedstrøms Gråsjø i sidevassdraget Folla. Utbyggingen førte til at deler av Folldalen ble omgjort til kraftverksmagasin. Det er dette vi ser som Gråsjø og Follsjø i dag. Omkring 15 km ble satt under vann, og det er svært store reguleringshøyder i begge sjøene (Gråsjøen;53 m mellom kote 483 og 430 moh og Follsjøen; 45 m mellom kote 420 og 375 moh). Magasinene får overført vann fra elvene Vindøla, Bulu og Rinna. De øvre 74 km^2 av Vindøla (delfelt Vindøla, Vassdalsvatn, Skrøabekken og Breidskaret) føres inn i Gråsjømagasinet, mens øvre deler av Rinna (111 km^2) og Bulu (delfelt St. Bulu og L. Bulu, til sammen 46 km^2) føres inn i Follsjømagasinet. Maksimal driftsvannføring i Trollheimen kraftverk er 38,5 m^3/s, og pålagt minstevannføring i Folla er 15 m^3/s. Follas naturlige nedbørfelt er 345 km^2. Totalt er 576 km^2 av Surnas nedbørfelt regulert. Total overføringskapasitet fra Rinna og Bulu er 32 m^3/s og total overføringskapasitet fra Vindøla er 27,5 m^3/s (Multiconsult, 2010).

Statkraft reviderte flomberegningene for dammene Gråsjø, Follsjø og Rinna i 2010.

Tabell 4 Delfelt som overføres og tas inn i kraftverkene. Tallene er hentet fra flomberegningen i 2004 (Drageset, 2004). Tallene avviker noe ift. tall fra damsikkerhet rapport (Multiconsult, 2010).

Delfeltnavn	Vannkrv.navn	Areal (km^2)	Årtilsig (mill m^3 pr. år)
ST. BULU	TROLLHEIM	42.0	78.8
L. BULU	TROLLHEIM	3.9	6.7
FOLLSJØ	TROLLHEIM	37.3	68.5
RINNA	TROLLHEIM	111.2	142.8
GRÅSJØ	GRÅSJØ	307.9	482.8
BREIDSKARET	GRÅSJØ	10.3	22.9
SKRØABEKKEN	GRÅSJØ	6.2	16.9
VINDØLA	GRÅSJØ	48.2	114.2
VASSDALSVATN	GRÅSJØ	9.4	25.4



Figur 4. Oversikt over reguleringer i Surnavassdraget (Multiconsult, 2010).

2.3 Karakteristiske vannføringer

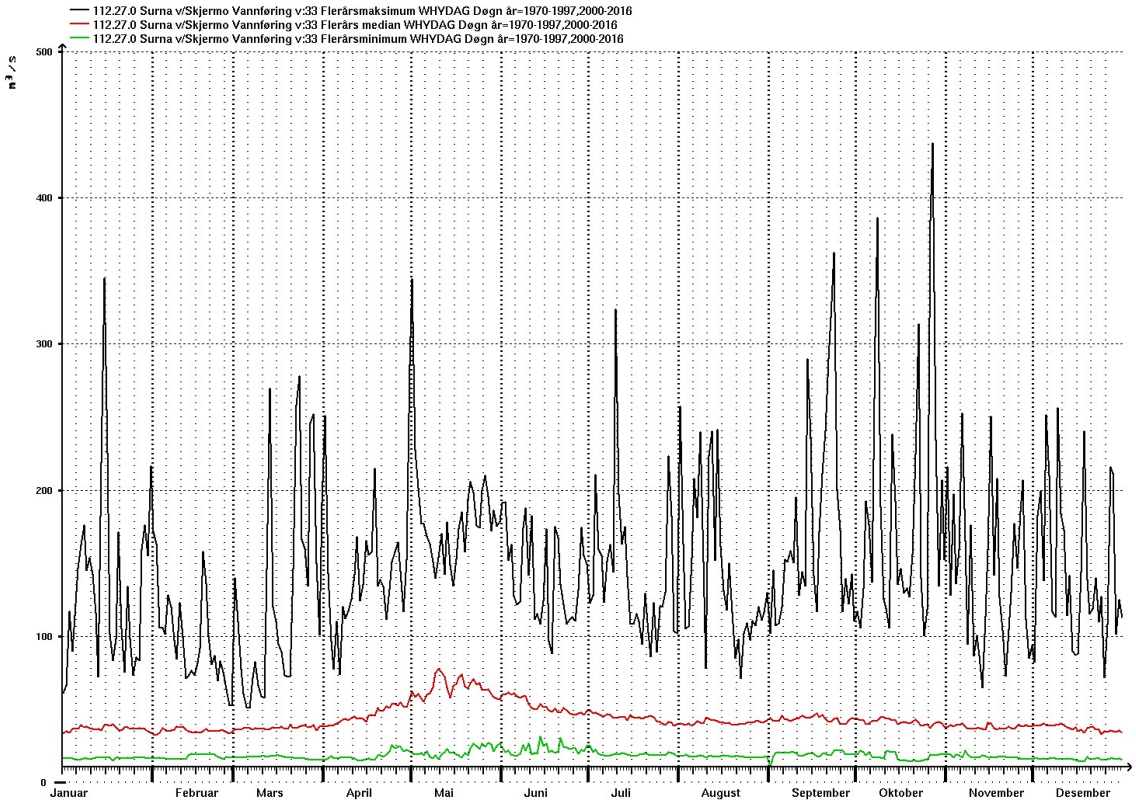
De karakteristiske vannføringene varierer stort internt i vassdraget på grunn av ulik eksponering for vestaværet, høyde i feltet og graden av regulering.

Surnadalsvassdraget ligger så nært kysten at det er utsatt for nedbør og flom så å si hele året, men områdene helt nordøst ligger noe mer i regnskyggen. De høytliggende områdene i øst sørger for en årviss vårflom. Observasjoner fra 112.8 Rinna (nordøst i nedbørfeltet) viser at 4 av de 10 største kulminasjonsflommene er vårflommer, resten er spredt ut over året.

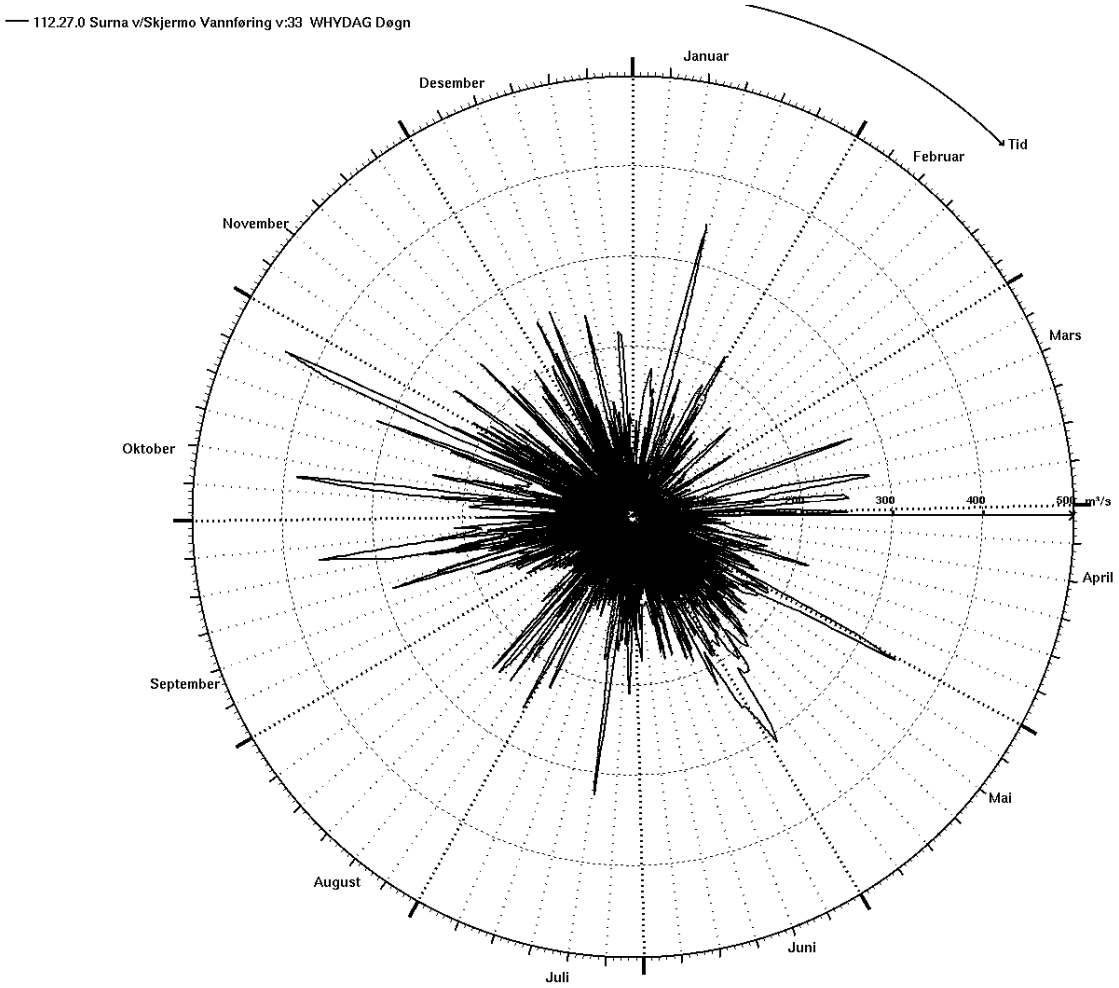
For nedre del av Surna er også vårflommen årssikker, men dempes i stor grad av reguleringsmagasinene. De aller største flommene får man fra regnflommer på høsten, gjerne kombinert med noe snøsmelting. Regnflommene kan være meget raske og intense på grunn av liten selvregulering i den uregulerte delen av vassdraget. De to magasinene demper ofte flombidraget fra den østlige delen av vassdraget, inklusive overføringene, men dersom magasinet er fullt (høsten), er dempningseffekten begrenset.

Det finnes kun to år med observert vannføringsdata fra før regulering som kan gi et bilde på uregulert hydrologisk regime i nedre del av Surna. I figurene 5-6 illustreres de hydrologiske forholdene for den regulerte delen av vassdraget via 112.27 Skjermo. Figur 5 viser karakteristiske vannføringsverdier for hver dag i løpet av året for perioden 1965-2016[1]. Øverste kurve (maksimum) i diagrammene viser største observerte vannføring og nederste kurve (minimum) viser minste observerte vannføring i løpet av måleperioden. Den midterste kurven er mediankurven, dvs. at det er like mange observasjoner i løpet av referanseperioden som er større eller mindre enn denne. Figurene bekrefter at flommer forekommer til alle årstider, hvor de aller største inntreffer på høsten.

[1] Serien er forlenget vha regresjon mot 112.7 Honstad. Mer om dette i kap.3 og 4.



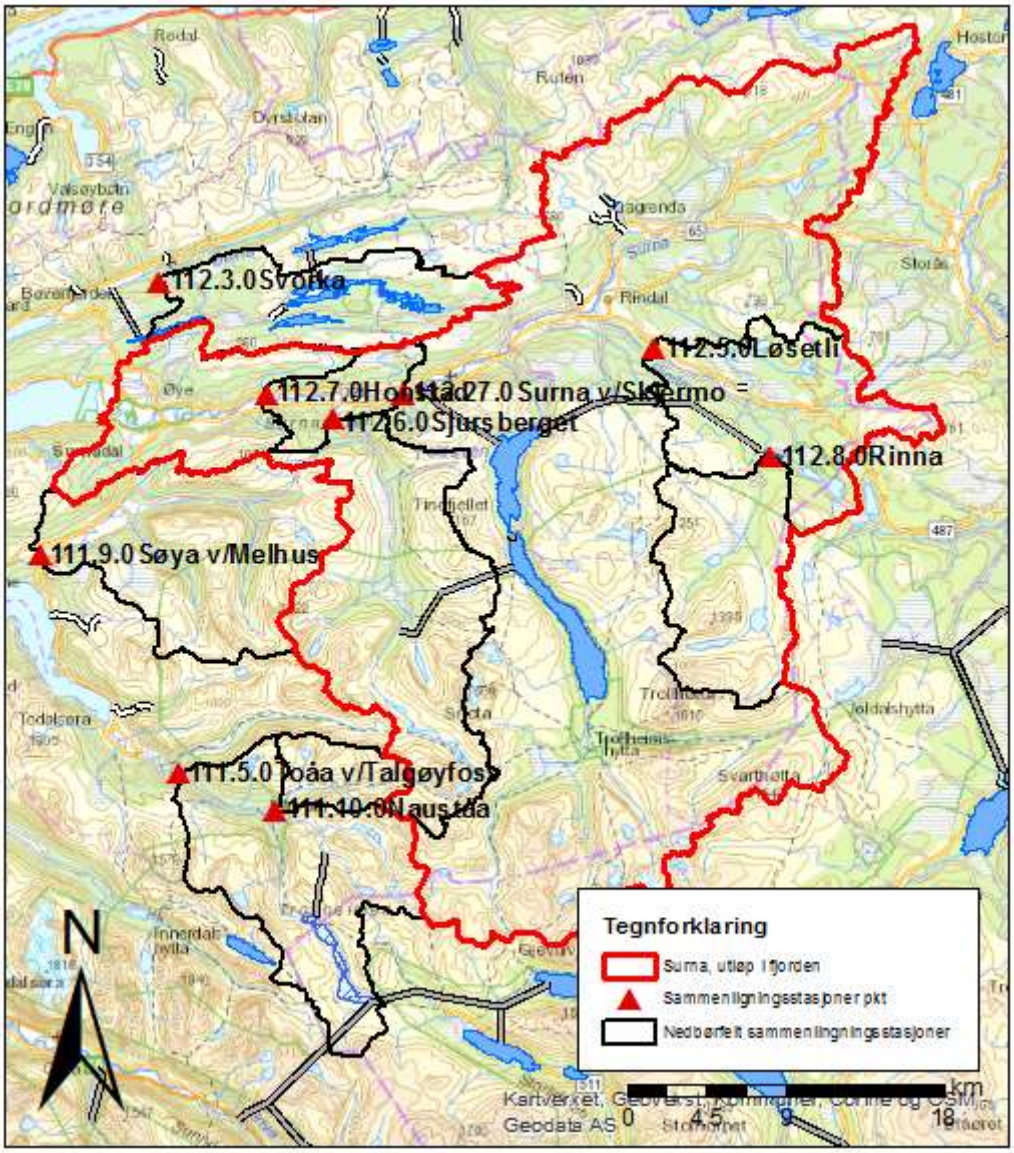
Figur 5. Flerårsstatistikk for 112.27 Skjermo. Figuren viser observerte min, median og maksvannføring over et døgn for hver enkelt dag i året for perioden 1970 – 2016. Årene 1965-1969,1998,1999 er ikke med fordi de ikke er komplette eller er uregulerte.



Figur 6. Årsplott for 112.27 Skjermo, 1965-2016.

3. Vannføringsstasjoner

Det er bare en aktiv uregulert vannføringsstasjon i Surnavassdraget, men der er flere uregulerte målestasjoner i nabovassdragene. Figur 7 viser beliggenhet og nedbørfelt til aktuelle sammenligningsstasjoner. Feltparameterne er oppsummert i Tabell 5.



Figur 7. Oversikt over målestasjoner som er vurdert/benyttet i beregningene for Surnavassdraget.

Tabell 5. Feltparametere for målestasjoner vurdert/benyttet i analysene for Surnavassdraget.

Stasjon	Feltareal (km^2)*	Eff. sjø (%)	Normalavløp, Q_N ($l/s \cdot km^2$)**	Normalavløp, Q_N Obs.($l/s \cdot km^2$)***	Medianh. (moh.)	Regulert
Surnavassdraget:						
112.5 Løsletli	193	0,23	39,3	43,9[2]	619	Uregulert
112.6 Sjursberget	168	0,15	68,0	56,4[3]	775	Uregulert
112.7 Honstad	1122	0,46	48,2	-	636	Regulert
112.8 Rinna	88	0,57	41,2	47,2	810	Uregulert
112.27 Skjermo	925	0,67	44,7	*(50,4)*	619	Regulert
Nabovassdrag:						
111.5 Toåa v/ Tagløyfoss	150	0,51	60,8	57,7/55,0[4]	917	Regulert
111.9 Søya	137	0,02	61,2	66,2	577	Uregulert
111.10 Nauståa	25	0,32	70,9	60,1	943	Uregulert
112.3 Svorka	82	2,00	44,0	60,4	369	Uregulert

*Naturlig areal.
** Normalavløp funnet fra avrenningskartet for perioden 1961 – 1990.
*** Avrenning fra hele observasjonsperiode hvor man har hele år med data og uregulert vannføring.

De viktigste målestasjonene i tilknytning til strekningen som skal flomberegnes er 112.7 Honstad og 112.27 Skjermo, som begge er lokalisert i Surnas hovedløp med 8-9 km avstand. Observasjonsseriene fra disse stasjonene er viktige da de til sammen gir over 50 år med data fra over 70 % av Surnas totale nedbørfelt.

112.7 Honstad var lokalisert i Surnas hovedløp ved Honstad ca. 8 km nedstrøms 112.27 Skjermo, og ca. 10 km fra Surnas utløp i fjorden. Stasjonen ble opprettet i juni 1965, i forkant av at kraftverkssystemet ble satt i drift i 1968. Denne serien måler totalavløpet i Surna og inkluderer all regulering i vassdraget. Omtrent 50 % av stasjonens nedbørfelt er regulert. Stasjonen var plassert i et noe ustabilt elveprofil, og datakvaliteten er derfor noe usikker. Den var dessuten plassert så langt nedstrøms magasinene og kraftverket at det var vanskelig å kontrollere minstevannføringskravet på 15 m^3/s på grunn av et betydelig lokaltilsig. Stasjonen ble derfor nedlagt i 1989, og ble erstattet med 112.27 Skjermo med et par års tidsoverlapp. Honstad har vannføringskurve med tre kurveperioder (1965-1978, 1978-1983, 1983-1989). Datakvalitet på vannføringskurven antas som ok (Drageset, 2004). Dataserien har et mulig homogenitetsbrudd i 1981. Dataserien har observasjonsbrudd i deler av årene 1965, 1968, 1969, 1989 og 1990.

112.27 Surna v/Skjermo ligger i Surna, omtrent 8 km oppstrøms 112.7 Honstad, mellom tilløpselvene Vindøla og Folla, og ca. 5 km nedstrøms Folla. Stasjonen måler totalavløpet i Surna nedstrøms Trollheimen kraftverk. Stasjonen ble opprettet i 1986, som erstatning for stasjonen ved Honstad. Nedbørfeltet er 925 km^2, og inkluderer størsteparten av reguleringssystemet i Surnavassdraget. Øvre del av Vindølas nedbørfelt

[2] Kun 5år med uregulerte data er med.1957,1960,1964, 1965,1967 er ekskl. på grunn av svært usikre data.
[3] Bare uregulerte år med, 1958-1969.
[4] Uregulert periode 1937-1972 / og 1958-1969 pga. muligheter for sammenligning mot 112.6 Sjursberget.

(74 km^2) overføres inn i 112.27 Skjermo sitt nedbørfelt. Reguleringsgrad-areal[5] er 0,54 og reguleringsgrad-magasin er 0,29. Stasjonen er plassert i et godt egnet elveprofil. Vannføringskurven er godt oppmålt på flom (to flommålinger under stor flom i 2016), men totalkvalitet til kurva er vurdert av felthydrolog til å ligge litt under middels. Kurva ble endret 11.05.17 på grunn av flommålingene i 2016, og gir nå vesentlig mer vann enn tidligere kurve[6]. Ny måleteknologi (ADCP) gir mer vann enn vannføringsmålinger gjort med f.eks flygel. Det er spredning i målegrunnlaget for vannføringskurva og felthydrolog tror at gjeldende vannføringskurve fortsatt kan gi for lite vann på stor flom (Felthydrolog, Bjørg Lirhus Ree). Dataserien har observasjonsbrudd i deler av årene 1986, 1998 og 1999.

Målestasjon **112.8 Rinna** ligger i sideelva Rinna, som tilløper Surna fra sørøst ved Rindal, omtrent 30 km fra fjorden. De øverste 111 km^2 av Rinna er regulert fra 01.01.1968 ved en liten dam og overføring av vann til Follsjømagasinet. Stasjonen 112.8 Rinna ligger ovenfor dammen på 464 moh., med et areal på 88 km^2. Denne målestasjonen er den eneste i Surnas nedbørfelt som ikke er påvirket av reguleringer. Feltet er relativt høytliggende. Stasjonen ble satt i drift i 1969, og målinger pågår fremdeles. Vannføringskurven antas å ha god tilpasning, men mangler vannføringsmålinger på flom. Største vannføringsmåling er under 80% av middelflom. Det er dårlig forhold for vannføringsmålinger på stor vannføring pga. skråstrømmer og fordi elva ved stor vannføring deler seg i flere løp. Ny alternativ måleplass lenger oppstrøms er anbefalt vurdert av felthydrolog. Flomvannføringene er dermed usikre. Vannføringskurven ble sist revidert 24.06.2004. Hele tidsserien ble isredusert med ny metode i 2014. Det er etablert en HBV-modell for feltet.

112.5 Løsetli lå langt nede i Rinna, et godt stykke nedstrøms reguleringen og har et naturlig felt på 196 km^2. Det overføres vann ut av nedbørfeltet (ca.111km^2) til Follsjø, men på grunn av begrenset kapasitet i overføringstunnelen forekommer det til tider overløp ved Rinna dam. Stasjonen har målinger i perioden 1957-1984, og er påvirket av reguleringer fra 1968. Kvaliteten på vannføringskurven er satt til dårlig/meget dårlig. Flere år kan ikke benyttes pga. tydelige feilregistreringer og problemer med isoppstuvning.

112.6 Sjursberget lå langt nede i sideelva Vindøla. Stasjonens naturlig nedbørfelt er 168 km^2. Den øvre delen av Vindøla og dens sidetilløp (Vassdalsvatn, Skrøabekken og Breidskarbekken), til sammen 74 km^2, blir overført til Gråsjømagasinet. Små inntaksdammer og begrenset kapasitet i overføringstunnelen gir til tider flomtap. Overføringene ut av Vindølas nedbørfelt ble satt i drift 30.09.1970. Stasjonen har

[5] Reguleringsgraden regnes som forholdet mellom totalt reguleringsareal og målestasjonens naturlige feltareal. Forholdet mellom summen av volumene mellom høyeste regulerte vannstand (HRV) og laveste regulerte vannstand (LRV) i alle reguleringsmagasin i målestasjonens naturlige nedbørfelt, og normalavløpet i feltet i perioden 1961-1990 (Pettersson, 2014).

[6] Endring i middelflom (Q_m) pga.revidert vannføringskurve og endring av måleutstyr (1986-2003): ny kurve Q_m = 233 m^3/s, gammel kurve Q_m = 198 m^3/s. Dette gir en økning på ca.18 % for middelflom (for denne perioden, 1986-2003).

målinger i perioden 1957-1984. Datakvaliteten er ikke kjent. Vannføringskurven er vurdert som dårlig på flom.

111.9 Søya ligger i det uregulerte nabovassdraget Søya i sørvest, som også har utspring i Trollheimen. Feltet er 137 km^2, og har liten selvregulering. Søya er vesentlig mer eksponert for vestaværet enn store deler av Surna. Stasjonen ble satt i drift i desember 1974, og målinger pågår fremdeles. Det har blitt gjort flere inngrep i elva som har påvirket avrenningsforholdene; utretting av meandrering på 70-80 tallet, bygging av flomvoller oppstrøms stasjonen på 90-tallet og utsprenging av Hauafossen i 1986-1987. Målestasjonen ligger i en høl oppstrøms Todalsveibru. Hølen er stabilisert av fjellterskel. Profilet er ansett som relativt stabilt, men erosjonen er med å endre strømningshastigheten gjennom hølen. Datakvaliteten er i dag vurdert som bra på flom da utløpsprofilet er trangt noe som gir god vannstandsoppløsning og lave hastigheter ved flom (Felthydrolog, Bjørg Lirhus Ree). Flomdata fra før 01.06.1987 bør ikke brukes pga. endring i profilet. Vannføringskurven ble sist endret 12.12.17.

111.10 Nauståa er uregulert og ligger øverst i nabovassdraget Todalselv i sør, også med utspring i Trollheimen. Feltet er meget raskt pga. lite feltareal og liten selvregulering. Stasjonen ble satt i drift i desember 1978, og målinger pågår fremdeles. Ny terskel anlagt i 2008. Kurven er derfor midlertidig da den mangler både lavvann og-flommålinger. Vannføringskurven ble sist endret 16.09.11.

111.5 Toåa v/Talgøyfoss ligger i nabovassdraget Todalselv i sør, og har inkl. 111.10 Nauståa i sitt nedbørsfelt. Målestasjonen har data fra 1937. Feltet er påvirka av regulering fra 1973. Reguleringsgrad-areal er 0,29. Flomdata er vurdert som dårlige da det er stor sannsynlighet for overkritisk stømning ved flom, og i tillegg er det store sprik mellom de største vannføringsmålingene.

112.3 Svorka er en nedlagt målestasjon i nabovassdraget i vest. Målestasjonen har data fra 1920-1961, med lengre perioder med brudd i observasjonene. Vannføringsdata på flom er vurdert som dårlige.

112.17 Harang bru lå i Surna ved utløpet fra Trollheimen kraftverk, og målte totalavløpet i Surna nedstrøms kraftverket i perioden 1972-1994. Stasjonen lå ca. 1 km oppstrøms Skjermo, men datakvaliteten anses ikke for å være like god som ved Skjermo. Data fra Harang bru benyttes derfor ikke i flomberegningen.

112.15 Trollheim kraftverk viser driftsvannføring i kraftverket og **112.13 Follsjø** registrerer overløp ved Follsjø. Disse to dataseriene gir til sammen totalt regulert avløp fra Follsjømagasinet. Begge seriene har data fra 1968. Magasinet har et naturlig nedbørfelt på 345 km^2, men får overført vann fra Rinna (111 km^2), Bulu (46 km^2) og Vindøla (74 km^2). Erfaringer viser at estimert vannføring med utgangspunkt i kraftverksdata ofte er usikre. Det er også usikkerhet knyttet til registreringene av overløpsdata fra magasinene (Multiconsult, 2010). Dataene er derfor kun brukt for å vurdere størrelsen på evt. bidrag til Surna fra de regulerte områdene under flom.

4. Beregning av flomverdier

Grunnlaget for flomsonekartleggingen er flomvannføringer for gitte gjentaksintervall som beskrevet i kapitel 1. Det har vært utfordrende å finne en fornuftig måte å inkludere reguleringens effekt på flomvannføringene.

Det er tatt utgangspunkt i vannføringer forutsatt at vassdraget var uregulert, for deretter å korrigere for reguleringene via overføringer inn til Follsjø, flomdemping i magasinene og observert vannføring ved to ulike steder i hovedelva 112.27 Skjermo og 112.7 Honstad (til sammen 46 år med data etter regulering).

Beregningspunktene oppstrøms tilløpet med Folla er påvirket av reguleringer i form av overføringer ut av feltet. Beregningene for disse punktene baseres på flomfrekvensanalyser for sammenlignbare referansestasjoner, regionale flomfrekvenskurver og formler (Sælthun *m.fl.,* 1997) og observasjoner fra 112.8 Rinna. Vannføringen er redusert med antatt maks overføringskapasitet til Follsjø for alle gjentaksintervall opp til $Q_{50.}$ For gjentaksintervall f.o.m Q_{50} antas overløpene stengt.

Observasjoner ved Follsjø viser at man har de største overløpene på sensommeren og høsten. Størrelsen på bidragene varierer stort og følger ikke nødvendigvis størrelsen på flommene. Selv om der ofte ikke er overløp under store flommer på grunn av ledig kapasitet i magasinene og bevist manøvrering fra regulantens side, må det tas høyde for at man ved store flommer, særlig på høsten, samtidig kan ha begrenset magasinkapasitet, og at man dermed må forvente at man kan få overløp fra magasinene.

For beregningspunkt som er sterkt regulert (nedstrøms Folla), danner observasjoner ved 112.27 Skjermo grunnlag for å vurdere flomdempingen fra Folla for de laveste gjentaksintervallene. For gjentaksintervall Q_M - Q_{50} er det antatt at ca. 65 % av uregulert tilløp lagres/dempes i magasinene, og at flomdempingen avtar med stigende gjentaksintervall og går mot uregulerte forhold ved en 1000-års flom, mer info om dette i kap.4.3.

Resultatene for gjentaksintervall opp mot ca. Q_{50} kan verifiseres opp mot flomfrekvensanalysen fra 112.27 Skjermo. Bidraget fra Folla-grenen er vurdert mot opp beregnet avløp fra Follsjø gjort i forbindelse med damsikkerhetsvurderinger av Multiconsult i 2010 (reviderte tall for avløpsflom fra Follsjø av Sweco i 2017).

Beregningene er svært sensitive for hvilken flomdemping man legger til grunn i det regulerte delen av vassdraget.

4.1. Forbedring av grunnlagsdata i Surna

For å få et bedre datagrunnlag er dataserien ved 112.7 Honstad, som har observerte data i perioden 1965-1990, og ved 112.27 Skjermo, observasjonsperiode 1986-2016, forlenget med hverandre ved å foreta en regresjonsanalyse. Regresjonsanalysen er utført med utgangspunkt i de to årene med felles observasjonsperiode, 1987-1988. Ved hjelp av regresjonsligningenes resultat, der døgnmiddelvannføringen ved den ene stasjonen

kan beregnes på bakgrunn av døgnmiddelvannføringen ved den andre stasjonen, er de to seriene forlenget. Den forlengede dataserien ved Honstad er sammensatt av observerte data ved Honstad i perioden 1965-1989 og beregnede data vha. regresjonsligningen $Q_{Honstad} = -8{,}77 + Q_{Skjermo} \cdot 1{,}22$ i perioden 1990-2016. Den forlengede dataserien ved Skjermo er sammensatt av observerte data ved Skjermo i perioden 1986-2016 og beregnede data vha. regresjonsligningen $Q_{Skjermo} = 13{,}58 + Q_{Honstad} \cdot 0{,}69$ i perioden 1965-1985. Regresjonsanalysene er relativt gode r^2 på 0,85, som betyr at 85 % av variasjonen i døgnmiddelvannføringen beskrives ved regresjonsligningen.

Seriens 10 største døgnmiddelflommer er gjengitt i Tabell 6. Tabellen viser at Trollheimen kraftverk har vært i drift ved alle de største flommene. Stort overløp ved Follsjø sammenfaller i stor grad med store flommer i Surna, men dette er ikke konsekvent. I noen tilfeller er det overløp selv om vannføringen i Surna ikke er spesielt stor. Tabellen under viser at alle flommer som har skjedd på seinsommer/høsten har fått bidrag fra Follsjø. Maksimalt overløp ved Follsjø på 208 m^3/s ble registrert 27.10.1983, og sammenfaller med største observerte flom i Surna ved Honstad. Overløp skjer hyppigst i månedene juli, august, september og oktober. Overløpsregistreringene ved Follsjø er av usikker kvalitet.

Tabell 6. 10 største årsflommer basert på Arbeidsserie 112.27.0.1001.33 for perioden 1970- 2016 etter regulering (døgnmiddelvannføring), sammen med driftsvannføring i Trollheimen kraftverk og overløp fra Follsjødammen. Strek betyr at informasjon ikke finne i Hydra II.

Stasjon		Observasjons-periode	År	Dato	Døgnmiddel vannføring, m^3/s	Drifts-vannføring m^3/s	Overløp m^3/s	Totalt bidrag m^3/s
112.27	Skjermo forlenget	1970-2016	1983	27.10	437	38	208	246
			1971	08.10	386	32	166	198
			1997	23.09	362	38	112	150
			1992	15.01	345	29	Nei	29
			1990	01.05	344	35	Nei	35
			1998	19.02	298	-	Nei	-
			2012	23.03	278	36	Nei	36
			1989	01.08	257	37	112	149
			2016	09.12	256	-	-	-
			1978	06.11	252	38	72	110

4.2. Flomfrekvensanalyser – valg av vekstkurve

En skiller gjerne mellom vårflommer og høstflommer. Store vårflommer er ofte en kombinasjon av snøsmelting og regn. Høstflommer kommer som regel fra en ren regnhendelse. De underliggende mekanismene er forskjellige og kan ha ulike fordelinger. Vårflommene er årvisse, har ofte stort volum og lang varighet og øker moderat mot høye gjentaksintervall. Høstflommer kan være små eller mangle helt enkelte år, men stiger ofte raskere for sjeldne hendelser. I vassdrag med hyppighet av både høst- og vårflommer er det vanlig å utføre separate analyser av vår- og høstflommene, og ekstrapolere frekvenskurvene hver for seg (Sælthun *m.fl.,* 1997).

I flomsonekartprosjektet er det bestemt at frekvensanalyse av årsflommer skal legges til grunn for beregningene (NVE, 2000 (rev. 2013)). Det vil si at frekvensanalysen er basert på en serie som består av den største observerte døgnmiddelvannføringen for hvert år. Bakgrunnen for dette er at en flomepisode, enten den inntreffer vår eller høst, ofte er en kombinasjon av både snøsmelting og regn, og tilhører derfor nødvendigvis ikke en av to forskjellige populasjoner. Dette er også tilfellet for mange flommer i Surnavassdraget.

Med bakgrunn i dette er det utført flomfrekvensanalyser av årsflommer ved målestasjonene beskrevet i kapitel 3. For hver stasjon tilpasses ulike fordelingsfunksjoner. Frekvensfordeling for de forskjellige stasjonene er sammenfattet i Tabell 7 sammen med regionale vekstkurver, et utdrag av grafer ses i Vedlegg 1. Det er stort sprik mellom de ulike frekvensfordelingene, samt at de fleste valgte fordelingene har dårlig tilpasning til de observerte flommene. Middelflom (Q_M) er oppgitt i absolutte og spesifikke verdier og flommer for ulike gjentaksintervall (Q_T) som forholdstallet (flomfrekvensfaktor) til middelflom (Q_T/Q_M). Normalvannføringen finnes i Tabell 3. Frekvensfordelingen som er benyttet direkte videre i beregningene er uthevet.

NB. Analysene ble gjort i 2017, og inkluderer derfor bare data opp t.o.m 2016. Ingen større flommer i 2017 som vil kunne påvirke resultatene. Det er derfor ikke gjort nye flomfrekvensanalyser som inkl. data fra 2017, for unntatt for 111.9 Søya som i løpet av 2017 fikk sin vannføringskurve revidert.

Tabell 7. Flomfrekvensanalyser av årsflommer for aktuelle målestasjoner, sammen med regionale frekvenskurver for årsflommer (Sælthun *m.fl,* 1997).

Stasjon	Periode	Ant. år	Areal km²*	Q_M		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	Q_{1000}/Q_M	Fordeling
				l/s·km²	m³/s									
112.3 Svorka	1936-1963	25	82	432	35	1,16	1,31	1,47	1,69	1,87	2,07	2,35	2,58	GEV-l-moment
112.6 Sjursberget	1957-1984	10	169	495	84	-	-	-	-	-	-	-	-	-
112.7 Honstad	1970-1990	19	1122	246	276	1,32	1,58	1,83	2,15	2,39	2,63	2,95	3,19	Gumbel - l-moment
112.7.36 Honstad forl.	1970-2016	46	1122	236	265	1,27	1,50	1,73	2,04	2,28	2,52	2,86	3,12	GEV-l-moment
112.8 Rinna	1970-2017	47	88	403	35	1,21	1,35	1,48	1,68	1,86	2,07	2,42	2,78	GEV-bayes
112.8 Kulm.	*1985-2017*	*32*	*88*	*524*	*52*	*1,22*	*1,39*	*1,54*	*1,74*	*1,92*	*2,12*	*2,46*	*2,79*	GEV-bayes
112.27 Skjermo	1986-2016	29	925	234	216	1,24	1,43	1,61	1,85	2,03	2,21	2,45	2,62	Gumbel-l-moment
112.27 Kulm.	*1986-2016*	*29*	*925*	*322*	*298*	*1,23*	*1,45*	*1,67*	*1,99*	*2,24*	*2,51*	*2,89*	*3,20*	*GEV -l-moment*
112.27.33 Skjermo forl.	1970-2016	46	925	229	212	1,26	1,48	1,69	1,96	2,16	2,36	2,63	2,84	GEV -l-moment
111.5 Toåa v/ Taglfoss	1937-1972	36	150	524	79	1,29	1,52	1,75	2,04	2,25	2,47	2,76	2,97	Gumbel - l-moment
111.9 Søya v/Melhus	1974-2017	29	137	676	93	1,17	1,31	1,44	1,61	1,75	1,87	2,04	2,17	Gumbel - l-moment
111.10 Nauståa	1978-2016	30	25	638	16	1,30	1,54	1,78	2,08	2,31	2,53	2,83	3,06	Gumbel - l-moment
H1 – regionale				-		1,3	1,6	1,8	2,2	2,5	2,8	3,2	3,5	
V1 – regionale						1,2	1,4	1,6	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	
K2 – regionale				-		**1,2**	**1,4**	**1,6**	**1,9**	**2,1**	**2,3**	**2,5**	**2,7**	

*Naturlig areal.

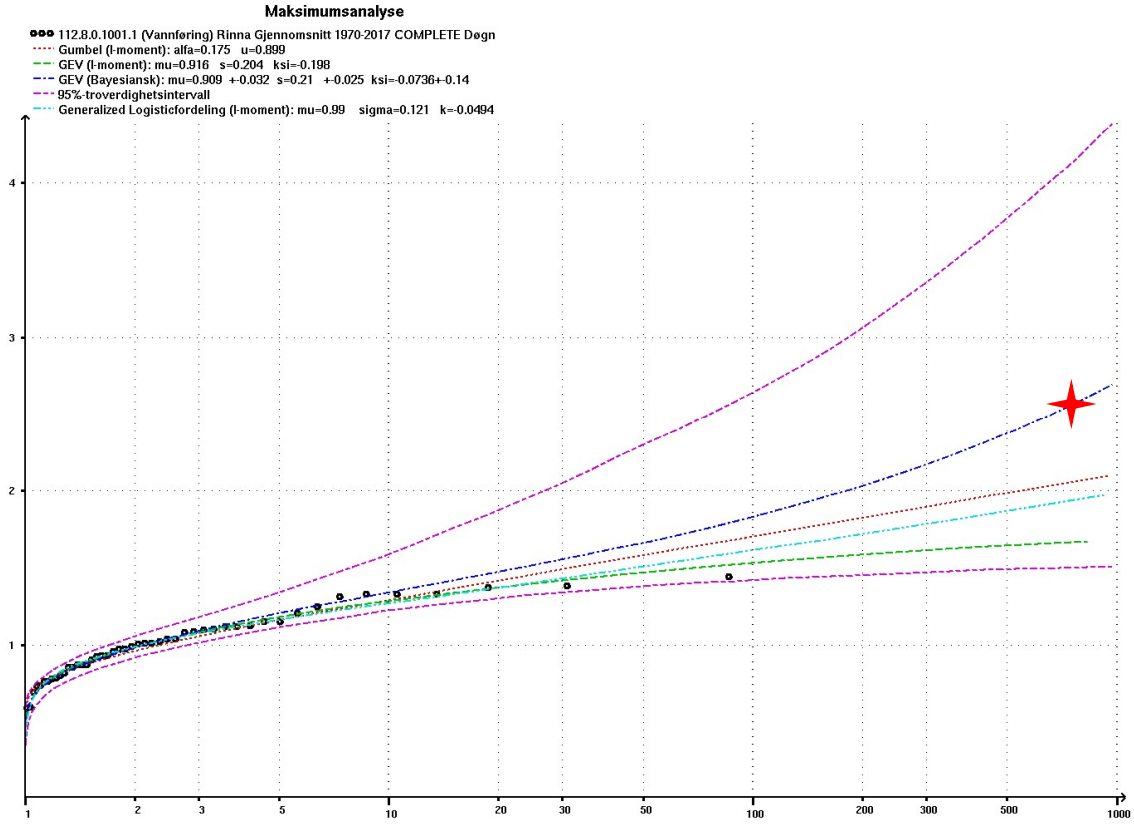
Flomforholdene i et nedbørfelt påvirkes både av klimatiske og fysiografiske forhold. Ved valg av representativ frekvensfordeling for umålte felt, er det antatt at klimatiske forhold har større betydning enn de fysiografiske. Ideelt sett bør man ha tilgang på lange dataserier som representerer dagens vannføringsforhold for å få et riktig bilde av vassdraget i fremtiden.

Vekstkurve – for øvre del av Surna som er noe regulert

Vannføringene for dette strekket er påvirket av reguleringer nedstrøms Rinna fordi deler av vannføringen er overført ut. Overføringene har begrenset kapasitet, og for større gjentaksintervall (> Q_{20}) vil vannføringen på dette strekket nærme seg uregulerte forhold, og en uregulert vektskurve kan benyttes. 112.8 Rinna burde ha en representativ vekstkurve med sin geografiske plassering, men vekstkurven som passer de observerte flommene best vurderes som vel flat. Dette kan ha sin forklaring i dårlig oppmålt kurve på flom i tillegg til utfordringer med vannføringsmålinger ved stor vannføring (elva deler seg bla. i flere løp) og/eller fravær av større flommer i tilgjengelig datasettet. Valgt frekvensfordeling er GEV- bayesiansk, se Figur 8. Frekvensanalyser gjort på findata ved Rinna har en bedre tilpasning for den samme fordelingen (GEV-bayesiansk). Denne sammenfaller også med de regionale frekvenskurvene.

Til sammenligning har noen av feltene lenger sørvest høyere frekvensfaktorer, men også her har de valgte vekskurvene en forholdsvis dårlig tilpasning: Q_{200}/Q_M mellom 1,9 og 2,5, mens for Q_{1000}/Q_M er spriket større, 2,2-3,1.

I fravær av tilgang på frekvensanalyser på lange uregulerte serier i området, velges de regionale frekvensfaktorene (K2) for videre beregninger; Q_{200}/Q_M = 2,3 og Q_{1000}/Q_M =2,7. Denne vekstkurven legger seg da ca. i midtre sjikt av frekvensanalysene for sammenligningsstasjonene og sammenfaller med 112.8 Rinna sin bayesianske vekstkurve (GEV). Svorka i sør har også en noe flatere kurve, men denne ligger ikke så langt unna de regionale kurvene (K2).

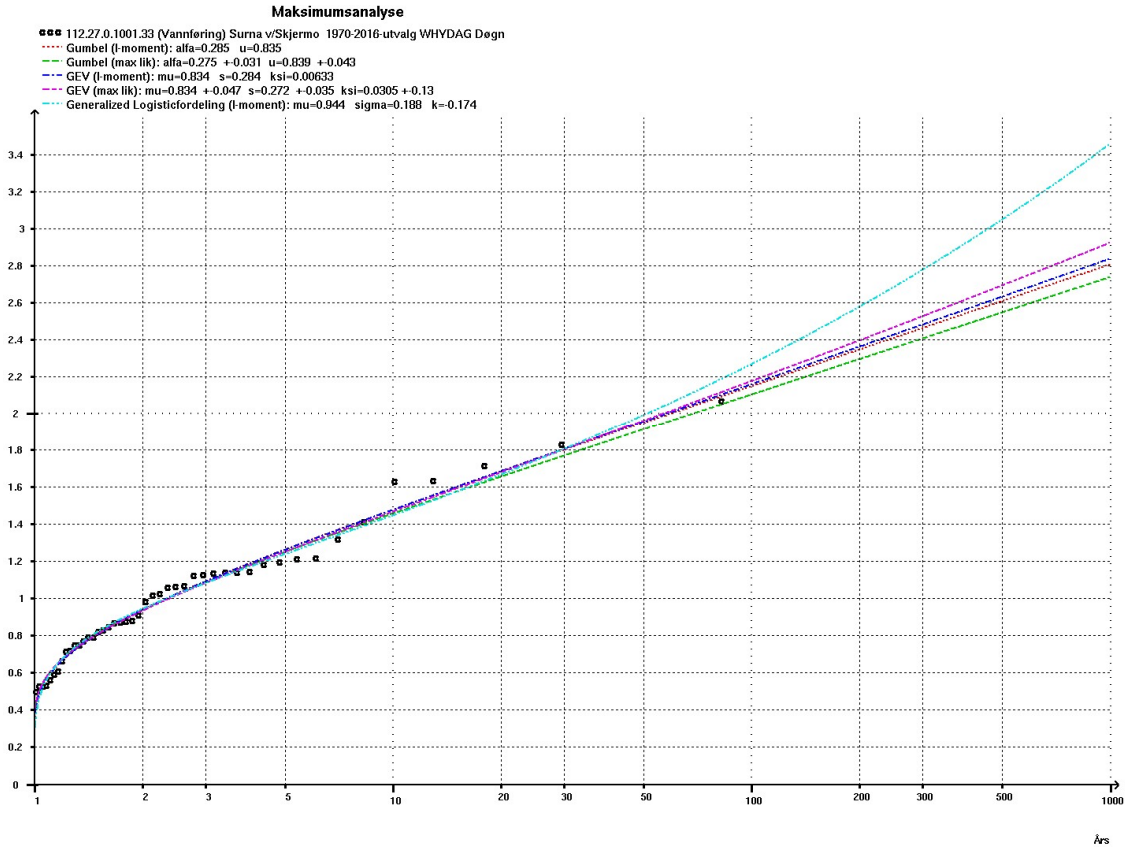


Figur 8 Frekvensfordelinger for 112.8 Rinna, 1970- 2017. Døgnmiddelvannføringer. Valgt vekstkurve, GEV-bayesiansk (blå, og markert med rød stjerne). Regulerte data.

Vekstkurve – for nedre del av Surna som er sterkt regulert

Siden flomfrekvensanalysen tar utgangspunkt i uregulerte forhold, benytter man også for dette strekket den regionale frekvensfordelingen K2. Denne er ikke så ulik frekvensfordelingen ved 112.27 Skjermo, se Figur 9.

For de sterkt regulerte strekkene i Surna er data som gjenspeiler dagens vannføringsforhold i midlertid viktige, da resultatene i den endelige flomfrekvensanalysen (opp mot ca. 50 års-flom) kan verifiseres opp mot 112.27 Skjermo sin frekvensanalyse. En vekstkurve i et regulert vassdrag med få år med data vil ofte kunne få en noe kunstig bratt signing for de største gjentaksintervallene, da datagrunnlaget inneholder mange små flommer (på grunn av mulighet for god demping på små og middels store flommer) og noen store flommer, som er tilnærmet uregulert når magasinkapasiteten er minimal. Den forlenga serien ved 112.27 Skjermo bør vektlegges mer enn forlenga serie ved 112.7 Honstad på grunn av bedre datakvalitet og flere år med reelle observerte data.



Figur 9. Frekvensfordelinger for 112.27.33 Skjermo (forlenget serie, 46 år med data). Valgt fordeling; GEV-l-moment i mørk blå.

4.3. Beregning av døgnmiddelvannføring

Ved beregning av absolutte flomstørrelser bør feltkarakteristika som effektiv sjøprosent og feltareal i større grad inngå i vurderingen av representative nedbørfelt enn i frekvensanalysen. Spesifikk middelflom antas å avta med økt størrelse på nedbørfeltet, ved at flomtoppene fra de ulike delfeltene vil nå hovedvassdraget til litt forskjellig tid. Spesifikk middelflom vil også avta med økt effektiv sjøprosent, ved at sjøer har en flomdempende effekt. For Surna sin del, så vil spesifikk avrenning også kunne øke til tross for at feltet blir større, og dette har sin forklaring i at vestlige sider av Surna har høyere spesifikk avrenning en østlige deler, og Surna munner ut i fjorden i vest.

Man trenger altså beregne middelflom basert måleserier eller formelverk, da man bruker denne middelflommen sammen med valgt frekvensfaktor for å estimere flomvannføring; eks. Q_{100} ($Q_{100} = Q_M * (Q_T/Q_M)$)

Middelflom

I Sælthun *m.fl.,* (1997) er det utarbeidet regionale flomformler for beregning av spesifikk middelflom i uregulerte felt som bygger på regresjon mot feltparametere. Surnavassdraget ligger så nært kysten at det er utsatt for regnvær og flom så å si hele året, men med flest flommer på høsten/vinteren. En har derfor valg å se på formelverket som gir årsflommer (K2);

K2: $\ln Q_M = 1.1524 \ln Q_N - 0.0463 A_{SE} + 1.57$,

Hvor Q_N er årlig avrenning og A_{SE} er effektiv sjøprosent.

Observasjoner av årlig avrenning ved 112.8 Rinna, antyder at avrenningskartet underestimerer avrenningen med ca.15 % (47,2 l/s·km^2 / 41,2 l/s·km^2) i dette feltet. Dersom man øker årlig avrenning med 10% får man via K2 en middelflom på 395 l/s·km^2. Observert vannføring ved 112.8 Rinna gir en middelflom på ca. 400 l/s·km^2, og verifiserer at K2 gir rimelige verdier. For beregningspunkt ved **Rindal Meieri** i Surna oppstrøms samløpet med Rinna og for **Rinn**a er det derfor valgt å øke årlig avrenning med 10 %, som gir Q_M lik **360 l/s·km^2** for bekke pkt. Nedlagt stasjon 112.6 Løsletli (lå langt nede i Rinna) viser også vesentlig høyere avrenning enn avrenningskartet, men datakvaliteten er tvilsom.

For sideelva **Bulu** er Q_M satt til **450 l/s·km^2**. K2 gir 440 l/s·km^2.

Det er stor usikkerhet i fastsetting av uregulert middelflom for **Folla**. Der er ingen sammenlignbare vannmerker med så høy effektiv sjøprosent. K2 gir 363 l/s·km^2. Med utg. i K2, rundes det opp til **380 l/s·km^2** med bakgrunn i obs. ved Rinna og vannmerker sørvest for Folla.

Uregulert bidrag fra Vindøla er beregnet via differansen mellom 112.27 Skjermo og 112.8 Honstad, for så å legge til maks overføringskapasitet fra Vindøla til Gråsjø (27,5 m^3/s); Q_M blir da ca.**460 l/s·km^2**[7]**.** Q_M beregnet fra 112.6 Sjurstad gir 515 l/s·km^2. Årlig

[7] Differanse mellom 112.8 Skjermo (1970-2016) – 112.7 Honstad (1979-2016); 266 m^3/s-212 m^3/s= 51 m^3/s. 51 m^3/s+ 27,5 m^3/s = 78 m^3/s => 460 l/s/km^2.

avrenning basert på observerte data (nedjustert verdi ift. avrenningskartet) ved Sjurstad, gir med regional formel (K2) ca. 500 l/s·km^2. De andre feltene rett sør for Vindøla har vesentlig høyere verdier for spesifikk middelflom, men det er også forventet at disse har høyere verdier pga. eksponeringen for vestaværet og størrelsen på feltene.

Tilløpene fra restfeltene er skjønnsmessig bestemt, og for enkelthets skyld satt med like spesifikke verdier. I snitt ca. 3-4 ganger årlig avrenning. Bidragene er redusert ift. spesifikk middelflom fordi man antar at disse kulminerer før hovedelv. De større sideelvene er ikke redusert på grunn av tidsforsinkelse, selv om man i realiteten ikke bør forvente samtidighet. Tidsforsinkelsen er uansett liten; fra Rinna til utløp i fjorden er det ca. 20 km^2; dvs. < 3 timer transporttid.

Observasjonene ved 112.27 Surna og 112.7 Honstad gir oss et godt estimat på hva middelflom i hovedelva er rundt disse målestasjonene – etter at vassdraget er regulert. For å anslå vannføringen oppstrøms samløp med Folla må man kombinere vurderingene av uregulert vannføring med informasjon om reguleringene/overføringene ut av vassdraget.

Total overføringskapasitet fra Rinna og Bulu er 32 m^3/s. Grovt fordelt etter areal, antas det at 22 m^3/s overføres ut fra Rinna, og 10 m^3/s fra Bulu. Vannføringen ved middelflom i Rinna blir dermed 50 m^3/s [8] og for Bulu 21 m^3/s [9] etter at man har korrigert middelflommen for overføringene. Bekkeinntakene antas å utnytte full kapasitet opp til Q_{50}.

I og med at regulert vannføring ved 112.27 Skjermo er kjent, bidragene fra restfeltene er fastsatt som beskrevet over, og sideelvene fastsatt (Rinna og Bulu) blir bidraget fra Folla på 49 m^3/s ved middelflom. Dette kan virke rimelig da 38m^3/s (maks slukeevne) antas å gå igjennom kraftverket som driftsvannføring under middelflom, og ingen overløp over dammen. Ca. 3 m^3/s antas som bidrag fra restfeltet til Folla, og da har man ca. 7 m^3/s «for mye» vann. Dette anses som å være godt innenfor de usikkerhetene man alle rede har ved bestemmelse av vannmengder andre steder i elva.

Flomdemping, Follsjø

Det er rimelig å anta at det kan være flomtap ved Follsjø under store flommer på høsten. Ved alle de tre største døgnmiddelflommene i Surna, hadde man overløp, se Tabell 6. Avrenningen i l/s·km^2 var da omtrent like intens fra de regulerte områdene, som de uregulerte. Dette betyr at når det er fullt, og det kommer store tilsig, har magasinene liten dempingseffekt.

Flomdempingen ved middelflom er ca. 65 %[10], basert på antagelser om bidrag fra sideelver, overføringer og observasjoner ved 112.27 Skjermo. Forenklet, antas det tilsvarende flomdemping opp t.o.m 50-års gjentaksintervall. For sjeldnere flommer

[8] 72 m^3/s – 22 m^3/s= 50 m^3/s = ca. 250 l/s·km^2.
[9] 31m^3/s-10m^3/s = 21 m^3/s = ca.310 l/s·km^2.
[10] Flomdemping (m^3/s) =Folla uregulert (139m^3/s) – Folla regulert (40 m^3/s) = 90 m^3/s => 90 m^3/s. 139/90 = 0,65.

antar man at flomdempingen pga. magasinene blir mindre, og at man ved en 1000-års flom har tilnærmet uregulerte forhold.

Multiconsult gjorde flomberegninger[11] for dammene knyttet til Trollheim-anleggene i Surnavassdraget i 2010 (22.06.10). I 2017 ble de godkjente avløpsverdiene ytterlig justert (Sweco, 2017) pga. endring av flomløpssystemet, se tall for Q_{1000} avløpsflom fra Follsjø i Tabell 8:

Tabell 8 Dimensjonerende avløpsflom fra Follsjø (Sweco, 2017).

Follsjø	Q_T	Q_{1000} kulm. vannføring, m^3/s	Q_{1000} døgn.vannføring m^3/s
Tilløpsflom	Q_{1000}	789	650
Avløpsflom	Q_{1000}	745	618

Disse beregningen viser et vesentlig høyere bidrag fra Follsjø (618 m^3/s vs. 375 m^3/s, se Tabell 9). Dette antas likevel som ok, da man tror at avløpsflommen (Q_{1000}) for Follsjø kan være noe konservativ (magasinet er fullt ved flommens start og spesifikk tilløpsflom er noe konservativ).

Tabell 9 viser døgnmiddelvannføring i m^3/s for alle gjentaksintervall for de 13 beregningspunktene. Se Vedlegg 2 for de samme vannføringene i Tabell 9 i spesifikke verdier. Bidragene fra sideelvene og hvordan reguleringene er håndtert er vist i kursiv. Resultatene viser at man ved utløpet i fjorden ved middelflom har en flomdemping på ca. 150 m^3/s og at flomdempingen øker opp mot Q_{20}, for deretter å avta på grunn av at bekkeinntakene stenges (f.o.m Q_{50}) og at flomdempingen i magasinene gradvis reduseres. Resultatene rimer forholdsvis godt med flomfrekvensanalysen (se Figur 9) til 112.27 Skjermo og største observerte flom på 437 m^3/s, som da blir litt under en 50-års flom.

[11] Forutsetningene for flomberegninger for damsikkerhet er strengere enn beregninger for konstruksjon av flomsonekart. Blant annet ligger vannstand i magasinene ved HRV ved flommens start. Konsulent har valgt å route flommen igjennom vassdraget ved bruk av en nedbør- avløpsmodell. Det er også beregnet tilløpsflom til magasinene basert på flomfrekvensanalyser, disse verdiene ligger noe under valgt dimensjonerende tilløpsflom som er basert på nedbørinput, men avviker ikke i stor grad.

Tabell 9. Beregnet middelflom (Q_M) og resulterende flomverdier ved ulike gjentaksintervall for beregningspunkter i Surnavassdraget, døgnmiddelvannføringer.

Sted	Areal km²	Q_M		Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{200}	Q_{500}	Q_{1000}
		l/s·km²	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s
Frekvensfaktorer Regionale vekstkurve (K2), Q_T/Q_M				1,20	1,40	1,60	1,90	2,10	2,30	2,50	2,70
Rindal meieri	**230**	**360**	**83**	**99**	**116**	**132**	**157**	**174**	**190**	**207**	**224**
Oppstrøms Rinna	**235**	**356**	**83**	**100**	**117**	**134**	**159**	**175**	**192**	**209**	**225**
Rinna, uregulert	*200*	*360*	*72*	*86*	*101*	*115*	*137*	*151*	*166*	*180*	*194*
Rinna, overføring ut	-	-	*22*	*22*	*22*	*22*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Rinna, regulert	*200*	*250*	*50*	*64*	*79*	*93*	*137*	*151*	*166*	*180*	*194*
Nedstrøms Rinna	**435**	**307**	**133**	**165**	**196**	**227**	**295**	**327**	**358**	**389**	**420**
Oppstrøms Bulu	**449**	**302**	**136**	**167**	**199**	**230**	**300**	**331**	**363**	**394**	**426**
Bulu, uregulert	*68*	*450*	*31*	*37*	*43*	*49*	*58*	*65*	*71*	*77*	*83*
Bulu, overføring ut	-	-	*10*	*10*	*10*	*10*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Bulu, regulert	*68*	*304*	*21*	*27*	*33*	*39*	*58*	*65*	*71*	*77*	*83*
Nedstrøms Bulu	**518**	**302**	**156**	**194**	**232**	**269**	**358**	**396**	**433**	**471**	**509**
Oppstrøms Folla	**530**	**299**	**158**	**196**	**234**	**272**	**361**	**399**	**438**	**476**	**514**
Folla, uregulert	*366*	*380*	*139*	*167*	*195*	*222*	*264*	*292*	*320*	*347*	*375*
Folla, flomdemping	-	-	*90*	*108*	*126*	*145*	*172*	*117*	*64*	*35*	*0*
Folla, flomdemping %	-	-	*65 %*	*65 %*	*65 %*	*65 %*	*65 %*	*40 %*	*20 %*	*10 %*	*0 %*
Folla, regulert	*366*	*134*	*49*	*58*	*68*	*78*	*92*	*175*	*256*	*313*	*375*
Nedstrøms Folla	**895**	**231**	**207**	**255**	**302**	**350**	**454**	**575**	**693**	**788**	**889**
112.27 Skjermo	**925**	**229**	**211**	**260**	**308**	**357**	**462**	**583**	**703**	**799**	**900**
Oppstrøms Vindøla	**935**	**228**	**213**	**261**	**310**	**359**	**464**	**586**	**706**	**802**	**904**
Vindøla, uregulert	170	459	78	94	109	125	148	164	179	195	211
Vindøla, overføring ut	-	-	28	28	28	28	0	0	0	0	0
Vindøla, regulert	170	297	51	66	82	97	148	164	179	195	211
Nedstrøms Vindøla	**1105**	**238**	**263**	**327**	**392**	**456**	**613**	**750**	**885**	**997**	**1114**
112.7 Honstad	**1121**	**237**	**265**	**330**	**395**	**460**	**617**	**755**	**890**	**1003**	**1120**
Skei	**1163**	**233**	**271**	**337**	**403**	**469**	**628**	**767**	**904**	**1017**	**1136**
Utløp i fjorden	**1200**	**230**	**277**	**343**	**411**	**478**	**638**	**778**	**916**	**1031**	**1151**
Flomdemping v/ utl. fjorden			149	168	186	204	172	117	64	35	0

4.4. Beregning av kulminasjonsvannføring

Flomverdiene som hittil er presentert representerer døgnmiddelvannføring. I små vassdrag vil kulminasjonsvannføringen være atskillig større enn døgnmiddelvannføringen. Små nedbørfelter med lav effektiv sjøprosent vil typisk ha et raskere og spissere flomforløp sammenlignet med større nedbørfelter med høyere effektiv sjøprosent. I større vassdrag er situasjonen ofte slik at avløp fra forskjellige deler av feltet ankommer et og samme punkt i hovedvassdraget på forskjellige tidspunkt. Dermed senkes forholdstallet mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring (Q_{mom}/Q_{mid}).

Smelteflommer har en relativt lang varighet og et stort volum. Dette gir et dempet avløp, og ofte et moderat avvik mellom kulminasjon- og døgnmiddelflommen. Intens og kraftig nedbør gir derimot forholdsvis raske flommer, som i de fleste tilfeller vil gi et større avvik mellom kulminasjon- og døgnmiddelflom.

Forholdet mellom Q_{mom}/Q_{mid} anslås fortrinnsvis ved å analysere de største observerte flommene i vassdraget. Forholdstallet beregnes da for én eller flere av de større flommene ved målestasjoner i vassdraget avhengig av hvor og når det finnes data med fin tidsoppløsning.

For punktene oppstrøms kan formler for forholdstallet Q_{kulm}/Q_{mid} benyttes (Sælthun *m.fl.,*1997), for så og sammenlignes med uregulerte data fra 112.8 Rinna.

For vårflommer gjelder formelen:

$$Q_{mom}/Q_{mid} = 1{,}72 - 0{,}17 \cdot \log A - 0{,}125 \cdot A_{SE}^{0{,}5},$$

mens formelen for høstflommer gjelder:

$$Q_{mom}/Q_{mid} = 2{,}29 - 0{,}29 \cdot \log A - 0{,}270 \cdot A_{SE}^{0{,}5},$$

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

Formelverket for høstflommer (regndrevne flommer) gir et forholdstall, Q_{kulm}/Q_{mid}, for Surna ved Rindal meieri på 1,52. Forholdstallet reduseres til 1,44 etter samløpet med Rinna og er 1,41 rett oppstrøms samløp med Folla. Målestasjon 112.8 Rinna får med formelverket et forholdstall på 1,52 og 1,3 for vårflommer.

Tabell 10 Kulminasjons- og døgnmiddelvannføringer ved 112.8 Rinna. Findata tilgjengelig fra 1985.

Dato	$Q_{Døgn}$ m^3/s	Q_{Kulm} m^3/s	Q_{Kulm} $/Q_{mid}$	Kommentar
01.05.1990 04.00	51	57	1,11	
19.06.2010 03:00	49	75	1,54	
08.06.1997 22:00	47	59	1,25	
08.06.1986 07:28	46	81	1,75	
02.06.1995 11:00	44	51	1,16	
13.10.1994 18:00	41	54	1,32	
09.12.2016 11:00	40	52	1,32	
19.06.1991 22.05	38	69	1,82	
28.05.1985 20:00	40	54	1,36	Kulm. flater kunstig ut på flomtopp
06.05.2004	40	50	1,27	Kulm. flater kunstig ut på flomtoppen
Snitt			**1,39**	
1.408.2003 00:00	*36*	*85*	*2,4*	Største kulminasjonsflom, brudd i findata ved flomtopp

Forholdstallet varierer mellom 1,1-1,8, med et snitt på 1,4. 8 av 10 er smelteflommer. Hadde man tatt utgangspunkt i de 10 største kulminasjonsflommene, som ofte er regndrevne flommer, hadde forholdstallet vært mye høyere. Forholdstallene på de største kulminasjonsflommene er oppe i 2,4.

For øvre deler av Surna velges derfor et forholdstall på 1,5 nedstrøms samløp med Rinna 1,45 og reduseres til 1,4 oppstrøms samløp med Folla.

For punkter nedstrøms Folla er forholdet mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring vurdert etter de 10 største observerte døgnmiddelflommene ved 112.27 Skjermo, se Tabell 11. Det er vanskelig å finne et forholdstall som skal være representativt for alle gjentaksintervall. Det er forventet at forholdstallet Q_{mom}/Q_{mid} fra flom til flom vil variere stort, siden både type flom (regn-, smelte- eller kombinasjonsflom) bidrag fra de regulerte arealene varierer.

Tabell 11. Kulminasjons- og døgnmiddelvannføringer ved 112.27 Skjermo. Findata tilgjengelig fra 1986. Strek betyr at informasjonen ikke finnes i Hydrall

Dato	$Q_{Døgn}$ m^3/s	Q_{Kulm} m^3/s	Q_{Kulm} $/Q_{mid}$	$Q_{overl.}$ m^3/s*	$Q_{drift.vf}$ m^3/s*	Kommentar
27.10.1983 06:30	438	670	1,52	38	208	Er ikke med i snittverdi, pga. ikke reell observasjon ved 112.27 Skjermo.
15.01.1992 01:55	345	365	1,06	29	nei	Underestimerer, to topper på kort tid som drar opp døgnsnittet
01.05.1990 01:00	344	419	1,22	35	nei	
19.02.1998 19:19	297	351	1,18	-	nei	Underestimerer, to topper på kort tid som drar opp døgnsnittet
23.03.2012 02:00	278	332	1,19	36	nei	
01.08.1989 09:00	257	312	1,21	37	112	
09.12.2016 00:00	256	363	1,42	-	-	
16.11.2013 05:00	249	410	1,65	9	nei	
14.08.2003 19:23	241	619	2,57	4	nei	Noe overestimert pga. lav døgnmiddel ift. største 24t-verdi. 2,05 er justert verdi
20.09.1988 10:00	241	301	1,25			
Snitt			1,4	-	-	
VALG:Q_{kul}/Q_{mid}			**1,4**	**-**	**-**	

*Døgnmiddelverdi

Ved Skjermo er det en svak overvekt av regndrevene flommer, men forholdstallet er også påvirket av hvordan magasinene reguleres. Forholdstallet varierer mellom 1,1-2,6, hvor det aller største forholdstallet ville ha vært noe lavere dersom man sammenlignet kulminasjonsverdien med største 24-timers verdi. Et snitt over de 10 største døgnmiddelflommene gir en verdi på 1,4. Dette forholdstallet er også sammenlignbart med seriens største flom i 1983, og er valgt for videre beregninger. Det finnes ikke data ved Skjermo fra 1983, men tilgengelige findata fra 112.7 Honstad dette året viser et forholdstall på 1,52; og forenklet antar man tilsvarende forholdstall ved 112.27 Skjermo.

Valgt forholdstall på 1,4 ved Skjermo, antas som representativt for hele elvestrekket ned til utløp i fjorden.

For bidraget fra Folla er det også antatt et forholdstall på 1,4 - dette fordi man benytter det samme forholdstallet i hovedelva oppstrøms og nedstrøms Folla. 1,4 er noe høyere enn 1,2, som er forholdstallet mellom kulminasjon og døgnmiddelvannføring fra Follsjø ved Q_{1000} (Multiconsult, 2010).

Resulterende kulminasjonsvannføringer ved flommer med forskjellige gjentaksintervall i Surnavassdraget er vist i Tabell 12.

Tabell 12. Flomverdier i Surnavassdraget for de ulike beregningspunktene, kulminasjonsvannføringer.

Punkt i vassdraget	Q_{kulm}/ Q_{mid}	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_{1000} m^3/s
Rindal meieri	1,50	124	149	174	199	236	261	286	311	335
Oppstrøms Rinna	1,50	125	150	175	200	238	263	288	313	338
Nedstrøms Rinna	1,45	203	249	294	339	428	473	519	564	609
Oppstrøms Bulu	1,45	207	252	298	344	434	480	526	572	617
NedstrømsBulu	1,40	232	285	337	390	501	554	607	660	712
Oppstrøms Folla	1,40	234	288	341	394	506	559	613	666	719
Folla, uregulert	*1,40*	*195*	*233*	*272*	*311*	*370*	*409*	*447*	*486*	*525*
Folla, flomdemping	-	*126*	*152*	*177*	*202*	*240*	*163*	*89*	*49*	*0*
Folla, flomdemping %	-	*65 %*	*65 %*	*65 %*	*65 %*	*65 %*	*40 %*	*20 %*	*10 %*	*0 %*
Folla, regulert		*68*	*82*	*95*	*109*	*129*	*245*	*358*	*438*	*525*
Nedstrøms Folla	1,40	302	369	436	503	635	804	970	1104	1244
112.27 Skjermo	1,40	308	376	444	512	646	817	984	1118	1260
Oppstrøms Vindøla	1,40	310	379	447	516	650	821	988	1123	1265
Nedstrøms Vindøla	1,40	392	482	572	663	858	1050	1240	1396	1560
112.7 Honstad	1,40	395	486	577	668	864	1057	1247	1404	1569
Skei	1,40	403	496	588	681	879	1074	1266	1424	1591
Utløp i fjorden	1,40	411	505	599	693	893	1089	1283	1443	1611
Flomdemping (kulminasjon)	1,40	186	211	237	262	240	163	89	49	0

4.5 Justering av flomverdier i forhold til ventede klimaendringer

I henhold til NVEs klimastrategi (Hamarsland, 2015) skal det tas hensyn til et endret klima for tiltak med lang levetid. For eksempel ved å ta hensyn til endringer i flomstørrelser ved arealplanlegging og bygging/ombygging av viktig infrastruktur.

I NVE-rapport 81-2016 «Klimaendring og fremtidige flommer i Norge» (Lawrence, 2016) er det gitt anbefalinger om hvordan man skal ta hensyn til forventet klimautvikling frem til år 2100 ved beregning av flommer med forskjellige gjentaksintervall.

I nevnte rapport (Lawrence, 2016) er det gjort spesifikke anbefalinger for elvestrekninger som er flomsonekartlagt. For Surnavassdraget er det anbefalt et klimapåslag på 20 %. Kulminasjonsvannføringer for flommer i et endret klima (år 2100) blir dermed som i Tabell 13.

Siden man forutsetter samme dimensjoner på overføringene og magasin i et fremtidig klima, er det rimelig å anta at overføringene stenges ved et tidligere gjentaksintervall, Q_{20}, og at flomdempingen ikke er like stor for noen av de høyere gjentaksintervallene, se rad « Folla, flomdemping % » i Tabell 13.

Man ser at ved utløp i fjorden ved Q_{1000} øker verdien med 20 % i forhold til kulminasjonsverdien uten klimapåslag, mens for lavere gjentaksintervall er økningen noe større. Dette skyldes virkningen av reguleringene blir gradvis mindre når flommene øker. Størst forskjell har man for 50-års flom, og dette skyldes at flomdempingen fra Folla-grenen antas å bli mindre (i tråd med forutsetningene i beregningene uten klimapåslag).

Tabell 13. Surnavassdraget med klimapåslag 20 %, kulminasjonsvannføringer.

Punkt i vassdraget	**Areal** 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_{1000}** m^3/s
Rindal meieri	230	149	179	209	238	283	313	343	373	402
Oppstrøms Rinna	235	150	180	210	240	286	316	346	376	406
Nedstrøms Rinna	435	249	303	357	433	514	568	622	676	730
Oppstrøms Bulu	449	252	307	362	439	521	576	631	686	741
NedstrømsBulu	518	285	348	411	506	601	665	728	791	855
Oppstrøms Folla	530	288	351	415	511	607	671	735	799	863
Folla, uregulert	366	233	280	327	374	444	490	537	584	630
Folla, flomdemping	-	152	182	212	243	89	49	0	0	0
Folla, flomdemping %	-	65 %	65 %	65 %	65 %	20 %	10 %	0 %	0 %	0 %
Folla, regulert	366	82	98	114	131	355	441	537	584	630
Nedstrøms Folla	895	369	450	530	642	962	1112	1272	1383	1493
112.27 Skjermo	925	376	458	539	653	975	1127	1288	1400	1512
Oppstrøms Vindøla	935	379	461	543	657	980	1132	1294	1406	1518
Nedstrøms Vindøla	1105	482	591	699	867	1229	1407	1595	1734	1872
112.7 Honstad	1121	486	595	704	873	1236	1415	1603	1743	1882
Skei	1163	496	607	718	888	1255	1436	1626	1767	1909
Utløp i fjorden	1200	505	618	730	903	1272	1454	1647	1790	1933
Flomdemping utløp		211	242	272	243	89	49	0	0	0
% endring (kulm inkl.klima / kulm)		123 %	122 %	122 %	130%	142 %	134 %	128 %	124 %	120 %

5. Observerte flommer

Man har kun observasjon av vannføring av flommer i Surna etter at vassdraget ble regulert (1968). Informasjon om skadeflommer i « Flom i Norge» (Roald, 2013), dokumenterer at Surnavassdraget har vært utsatt for skadeflommer gjentatte ganger; Høsten **1727** var det en stor regnflom i Surna og Orkla, med bla. skade på 14 gårder ved Surna. 14. august **1909** var det også storflom i Todalselva og Surna. Enkelte storflommer kan også slå over fjellet fra sørøst, som Storofsen i **1789.** Storofsen medførte skade på 30 gårder i Sunndalen, dels som følge av elvebrudd og dels som følge av ras. Vårflommen i **1879** og **1934** ga også begge skader i Surna.

De største observerte kulminasjonsflommene i Surna sidene målingene startet er vist i Tabell 14.

Tabell 14 Største observerte kulminasjonsnivå i Surna etter målingene startet.

Stasjon		Obs.-periode	År	Dato	Kulminasjons-vannføring, m^3/s	Døgnmiddel-vannføring, m^3/s	Kommentar
112.27	Skjermo forlenget	1965-2016	1983	27/10	670**	438*	Stort overløp, 208 m^3/s.
			1971	8/10	-	386*	Stort overløp, 166 m^3/s.
			2003	14/8	619	241	Ingen overløp
			2016	26/11	466	185	Ingen overløp
			1990	10/7	450	324	Overløp, 100 m^3/s.

*Data er beregnet via regresjonsanalyse mot 112.7 Honstad.

**Kulminasjonsverdi ved 112.7 Honstad 932 m3/s, døgnverdi 612 m3/s. Antar forenklet samme forholdstall ved Skjermo.

27. oktober **1983** var kulminasjonsvannføringen (inkl. driftsvannføring og slipp fra Follsjø) ved Honstad 932 m^3/s. Dette er største registrerte flom i Surna. Store nedbørmengder for ytre og midtre deler av Vestlandet over to dager første til stor flom. Der er lite tilgjengelig informasjon om skadeomfanget, bortsett fra at det skrives om store oversvømmelser i en lokalavis. 27. oktober 1983 viser også største registrerte overløp fra Follsjø med 208 m^3/s samme døgn. Dette tilsvarer en kulminasjonsflom med et gjentaksintervall på ca.**70 år** med denne rapportens beregninger. Døgnmiddelvannføringen hadde et gjentaksintervall på ca. **40 år.**

Flommen som rammet Møre og Romsdal og Sør-Trøndelag 14.-15.august **2003** skyldtes intensiv nedbør som kom fra sør- sørøst. Det falt 172 mm nedbør i Sunndalsøra. Mange eiendommer, veier og annen infrastruktur ble ødelagt i regionen pga. oversvømmelser, erosjon og skred. Dette tilsvarer en kulminasjonsflom med et gjentaksintervall på ca. **40 år** med denne rapportens beregninger ved Skjermo. Døgnmiddelvannføringen hadde et gjentaksintervall på litt under **5-års** flom.

Kulminasjonsflommen 26. november **2016** får ved denne rapporten et gjentaksintervall på **10-15år**, men døgnmiddelvannføringen har et gjentaksintervall < 2år ved Skjermo, så dette var en meget rask flom. Regn kombinert med snøsmelting. På grunn av god kontroll og kapasitet i magasinene ble det ikke sluppet noe vann fra Follsjø. Alt vannet kom dermed fra de tilnærmet uregulerte delene av vassdraget. Basert på data fra

Statkraft (beregnet tilsig via magasinvannstander) under flommen, har både Statkraft og NVE beregnet at ca. 240 m^3/s ble holdt igjen i magasinene og at man ved Skjermo ville ha hatt en kulminasjonsvannføring på ca. 700 m^3/s ved Skjermo uten plass i magasinene. Uten plass i magasinene ville denne flommen ha hatt et gjentaksintervall (kulminasjonsvannføring) tilsvarende 70-årsflom ved Skjermo. En slik vannmengde tilsvarer en ca.1000-års flom ved bruk av tallene fra 2004 (2004: Q_{1000}=Ca. 670 m^3/s), og er således en indikator på at 2004-tallene er for lave.

6. Sammenligning med andre flomberegninger og erfaringstall

Flomberegningen i 2017 har merkbart større kulminasjonsverdier sammenlignet med tidligere beregninger gjort av NVE i 2004.

Tabellen under viser forskjellene for 3 ulike pkt. i Surna.

Tabell 15 Sammenligning av verdier fra flomberegning i 2017 og 2004, kulminasjonsvannføring.

Beregningspkt.	A 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_{1000} m^3/s
Oppstrøms Folla	530	234	288	341	394	506	559	613	666	719
Oppstrøms Folla	530	202	241	271	300	335	361	386	418	460
Forskjell: 2017/2004		116 %	119 %	126 %	131 %	151 %	155 %	159 %	159 %	156 %
112.27 Skjermo	925	308	376	444	512	646	817	984	1118	1260
112.27 Skjermo	925	229	291	342	391	454	501	549	613	674
Forskjell: 2017/2004		135 %	129 %	130 %	131 %	142 %	163 %	179 %	182 %	187 %
Utløp i fjorden	1200	411	505	599	693	893	1089	1283	1443	1611
Utløp i fjorden	1200	345	438	515	588	683	755	826	922	1014
Forskjell: 2017/2004		119 %	115 %	116 %	118 %	131 %	144 %	155 %	156 %	159 %

For beregningspunkt «Oppstrøms Folla» så er forskjellen i hovedsak pga.:

- Valgt brattere frekvenskurve i 2017: Eks. Q_M/Q_{500}; 2017/2014 = 2,5/2,07. Ca. 20 %
- Noe høyere middelflom i 2017, Ca. 15 %.

For beregningspunkt « 112.27 Skjermo » er forskjellen for de største gjentaksintervallene vesentlig større enn beregningene fra 2004:

Forskjellene kommer i hovedsak pga. 3 punkter:

- Endring i vannføringskuven for 112.27 Skjermo, pga. flere målinger på stor flom i 2016 samt at endring av utstyr for måling av vannføring. Endringen i vannføringskurven er størst på stor vannføring (25+%). For lik tidsperiode (1986-2003) utgjør endringen i Q_M 18 %.
- Økt forholdstall, Q_{kulm}/Q_{mid} fra 1,2 i 2004 til 1,4.
- Forskjellen mellom beregningene i 2004 og 2017 øker mer f.o.m Q_{50} – Q_{1000}. Dette er fordi det i denne rapporten (2017) benyttes en annen tilnærming for estimering av bidrag fra Folla. I 2004 var maks bidrag fra Folla på 198 m^3/s ved Q_{500}, i denne rapporten er tilsvarende bidrag ved Q_{500} på 438 m^3/s. For Q_{1000} er bidraget fra Folla 525 m^3/s i 2017-beregningene, og damsikkerhetsberegningene har til sammenligning Q_{1000} avløpsflom fra Follsjø på 745 m^3/s (kulminasjonsvannføring).

For beregningspunktet «Utløp ved sjøen» :

- Samme årsaker som ved 112.8 Skjermo; økt kulminasjonsverdi og større bidrag fra Folla.
- Årsak til at forskjellene er mindre ved utløpet av fjorden enn ved 112.7 Skjermo er forskjellen i bidraget fra Vindøla. Dette blir også kommentert i kap.7 «Usikkerhet».

Sammenligner man de spesifikke døgnverdiene med de regionale formelverkene og erfaringstall fra regionen, virker ikke beregnet Q_{1000}- verdi (900-1000 $l/s \cdot km^2$) for Surnavassdraget spesielt høy (forutsatt at man nærmer seg uregulert tilstand i vassdraget for de største gjentaksintervallene og at man derfor kan sammenligne med erfaringstall). I retningslinjer for flomberegninger viser erfaringstall at for vassdrag mindre enn 500 km^2 på Vestlandet kan man vente døgnmiddelverdier for Q_{1000} på mellom 700-2500 $l/s \cdot km^2$, med de største verdiene et stykke innenfor kysten, og de minste i indre strøk på Sørlandet. For vassdrag > 500 km^2 kan enkelte felt på Vestlandet ha flomverdier over 1000 $l/s \cdot km^2$, ellers så varierer de helt ned til 300 $l/s \cdot km^2$ for de aller største vassdragene (vil ikke gjelde Surna).

7. Usikkerhet

Datagrunnlaget for flomberegning i Surnavassdraget kan karakteriseres som brukbart, da det finnes observasjoner i vassdraget. Det er relativt store variasjoner i spesifikk middelflom for felter i denne regionen, men også internt i vassdraget da man har en stor gradient i avrenningen øst-vest. Datakvaliteten til målestasjonene som er benyttet i analysen er av felthydrolog vurdert fra dårlig til middels god på flomvannføringer.

Det er knyttet opp til ± 20 % usikkerhet ved estimering av spesifikk avrenning fra avrenningskartet. Usikkerheten vil i alminnelighet øke for avtakende feltstørrelse (Beldring m.fl., 2002).

Det er også en hel del usikkerhet knyttet til frekvensanalyser av flomvannføringer. Frekvensfordelingene/vekstkurvene for sammenligningsstasjonene har i mange tilfeller dårlig tilpasning. De observasjoner som foreligger er av vannstander. Disse omregnes ut fra en vannføringskurve til vannføringsverdier. Vannføringskurven er basert på observasjoner av vannstander og tilhørende målinger av vannføring i elven. Men disse direkte målingene er ofte ikke utført på store flommer. De største flomvannføringene er altså beregnet ut fra et ekstrapolert forhold mellom vannstander og vannføringer, dvs. også "observerte" flomvannføringer inneholder en stor grad av usikkerhet.

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

Det foreligger ikke data med fin tidsoppløsning på databasen lenger enn fra 1985 ved Rinna og Skjermo, og det er derfor ikke optimalt å utføre flomberegninger direkte på kulminasjonsvannføringer.

Å vurdere flomvannføringer som er påvirket av regulering i så stor grad som for Surna, bidrar også til større usikkerhet enn om vassdraget var uregulert. Flomvannføringene vil være påvirket av måten magasinene er manøvrert i forkant en flom og magasinfyllingen ved flommens start. Det er utfordrende å finne et realistisk bidrag fra de regulerte delene og kombinere dette den vannføringen fra de uregulerte delene av feltet.

Vannmengdene i hovedelva styres av observerte verdier ved Skjermo og Honstad. Valgt bidrag fra sideelvene oppstrøms Folla vil påvirke beregnet størrelse på bidraget fra Folla for at sum vannmengde skal rime med observert vannføring ved Skjermo. Bidraget fra Vindøla er også beregnet utfra målingene i hovedelva. Det må derfor tas høyde for at fordelingen av vannmengdene i praksis kan fordele seg noe annerledes, og at dette er også noe som vil variere fra flom til flom. Bidrag fra Folla-grenen er også svært sensitive for endringer i flomdempingen. I praksis vil flomdempingen variere, da dette er et resultat av hvor mye plass det er i magasinene og hvordan disse manøvreres i forkant.

Å kvantifisere den totale usikkerheten i hydrologiske data er vanskelig. Det er mange faktorer som spiller inn, særlig det å anslå usikkerhet i ekstreme vannføringsdata. Man mangler vannføringsmålinger for ekstreme flommer, og man har ikke lange nok

dataserier for å gi sikre estimat på flommer med gjentaksintervall over 50 år. Det er også knyttet usikkerhet til valg av frekvensfordelinger og det at dataene er påvirket av reguleringene.

Det at det finnes målestasjoner i vassdraget hvor man skal gjøre beregninger for er bra, men kvaliteten på de hydrologiske grunnlagsdataene er noe begrenset og det er komplisert å vurdere statistiske sammenhenger på grunn av reguleringenes effekt på de observerte dataene. En total vurdering setter dermed det hydrologiske grunnlaget for flomberegningen til klasse 2, på en skala fra 1 til 3 hvor 1 tilsvarer beste klasse. Det at det hydrologiske grunnlaget tilhører klasse 2, er *ikke* ensbetydende med at det er liten usikkerhet i flomstørrelser med høye gjentaksintervall.

Det anbefales derfor at det gjøres en sensitivitetsanalyse på +/- 20 % i flomvannføringene som inngår i flomsonekartet.

Referanser

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

Bævre, I., Øydvin E.K. (2007). Flomsonekart, Delprosjekt Surna. NVE Rapport nr.10 2007

Roald, L.A (2013). Flom i Norge.

Drageset, T-A (2004). Flomberegning for Surna, flomsonekartprosjektet. NVE Rapport nr. 10 – 2004.

Glad, P., Reitan, T. og Stenius, S., 2015: Nasjonalt formelverk for flomberegninger i små nedbørfelt. NVE-Rapport 2015:13.

Hamarsland, A.T., Grønsten, H.A., Halmrast, K., Hisdal, H., Jensen, T., Melvold, K., Magnussen, I., Midttømme, G. H., Molkersrød, K., Nelson, G. N., Pedersen, T. B., Sommer-Erichson, P. (2015). NVEs Klimatilpasningsstrategi 2015-2019. NVE-Rapport 80-2015.

Lawrence, D. (2016). Klimaendring og fremtidige flommer i Norge, NVE Rapport Nr. 81-2016.

Multiconsult, for Statkraft SF (2010). Flomberegninger for Grytten, Svorka og Trollheim (22.06.10).

NVE 2000: Prosjekthåndbok - Flomsonekartprosjektet. 5.B: Retningslinjer for flomberegninger.

Petterson, L-E. (2014). Aktive vannføringsstasjoner i Norge. NVE-Rapport nr.71 -2014.

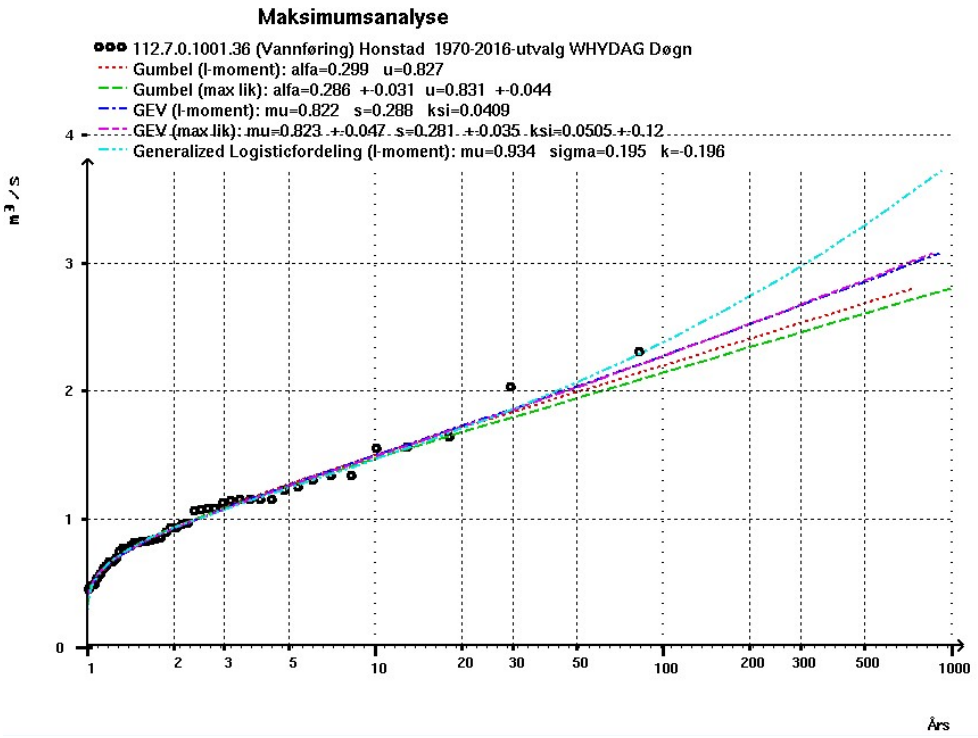
Sweco (2017). Follsjødammen – Routing av nye flomverdier.

Sælthun, N. R., Tveito, O. E., Bønsnes, T. E. og Roald, L. A. (1997). Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag. NVE Rapport nr. 14 – 1997.

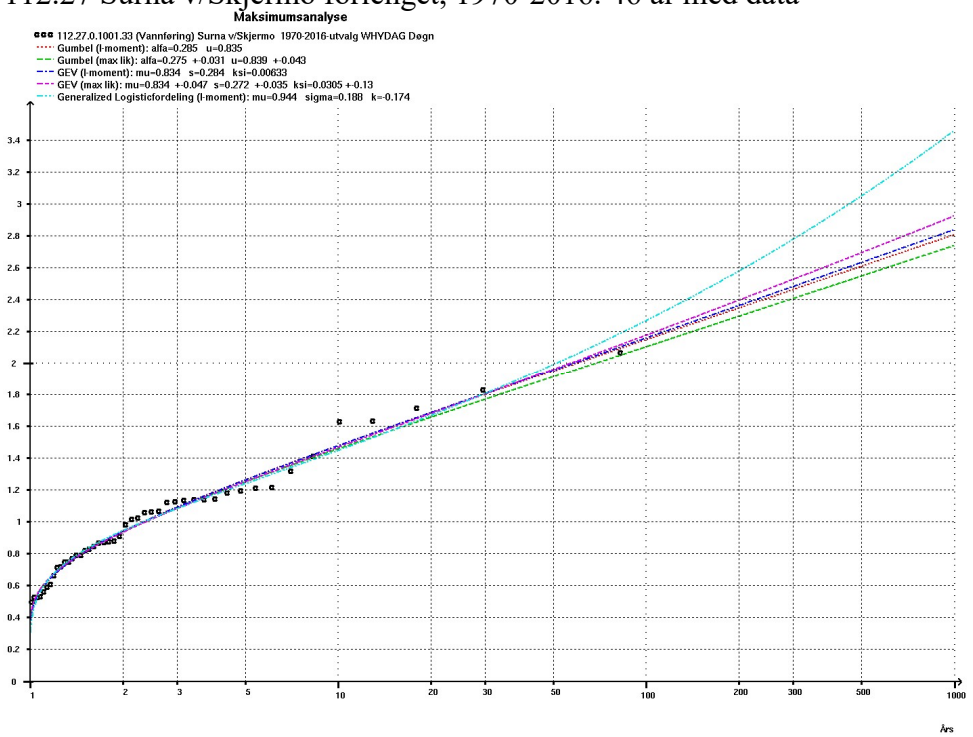
Vedlegg

Vedlegg 1, utvalg av div. frekvensfordelinger.

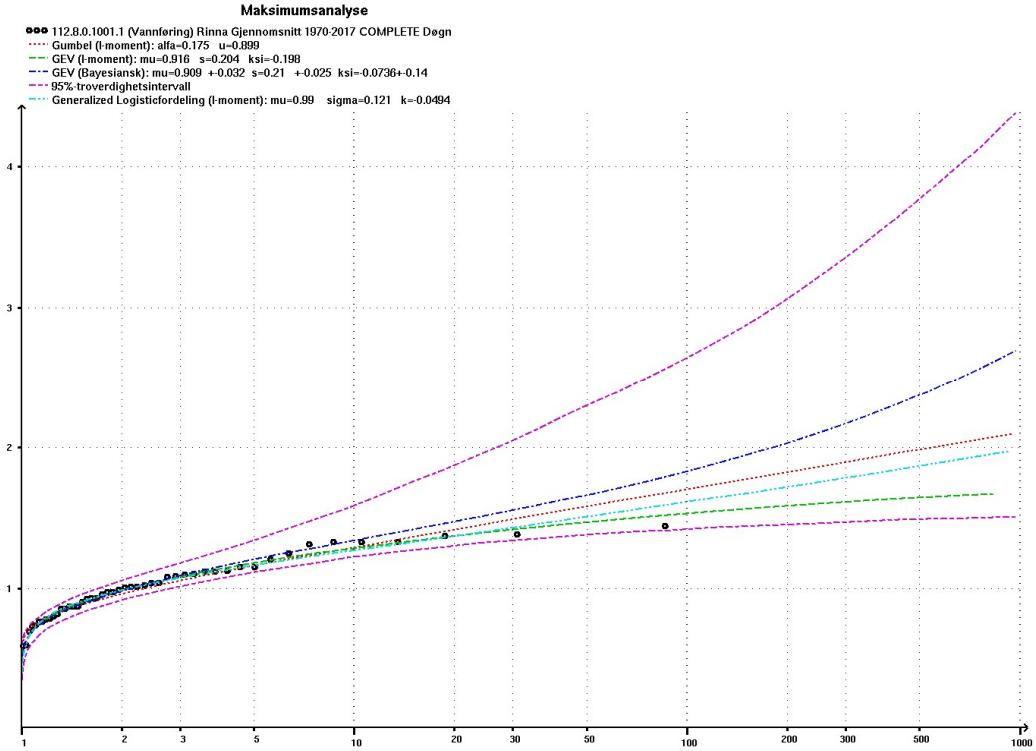
112.7 Honstad forlenget, 1970-2016. 46 år med data.



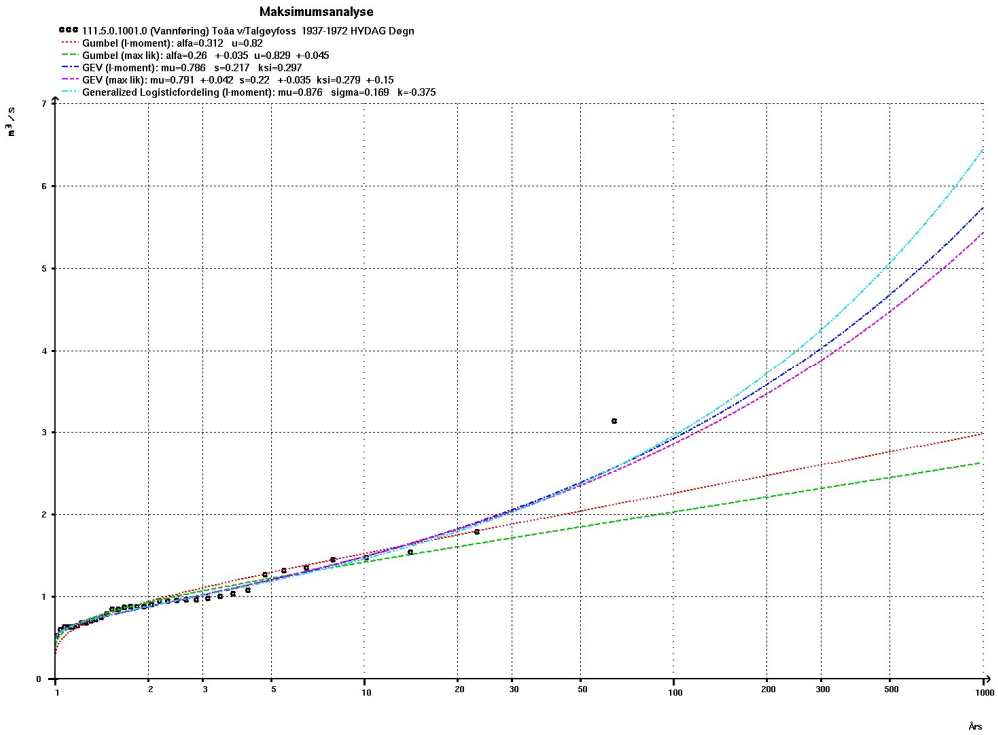
112.27 Surna v/Skjermo forlenget, 1970-2016. 46 år med data



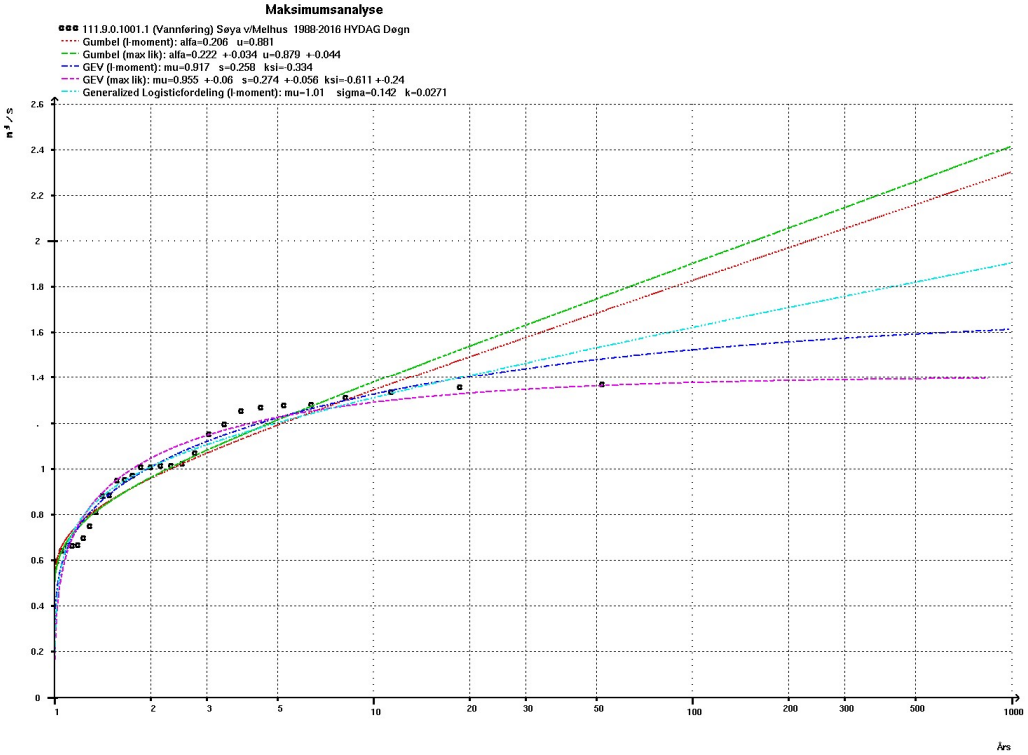
112.8 Rinna, 1970-2017.



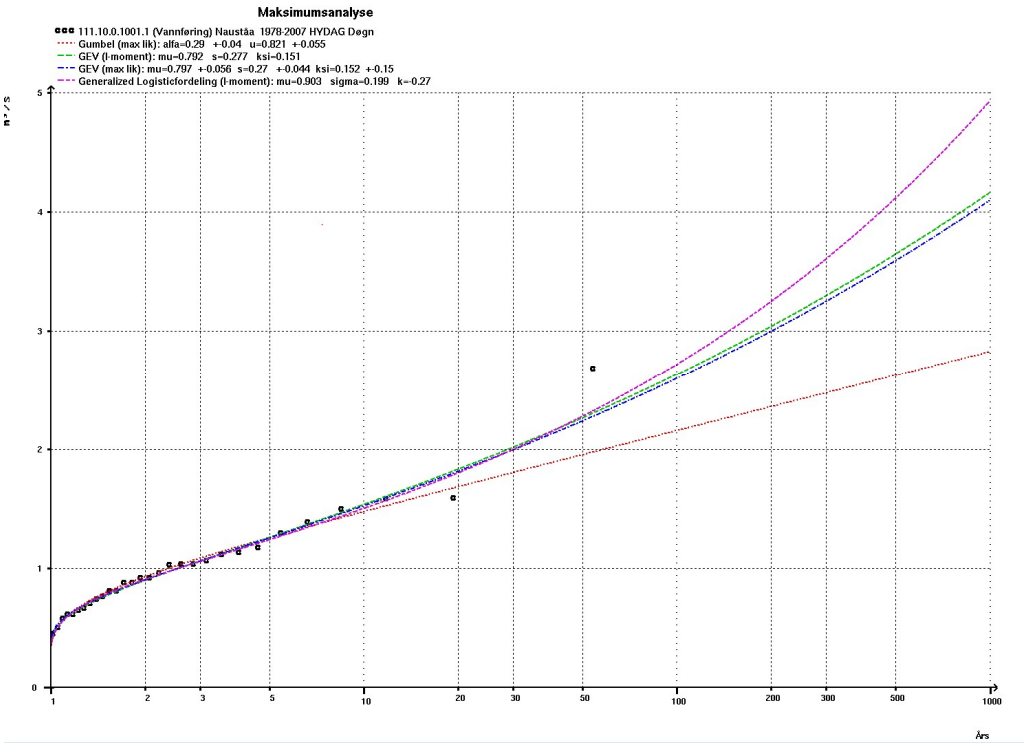
111.5 Toåa v/Tagløyfoss 1937-1972. 36 år med data.



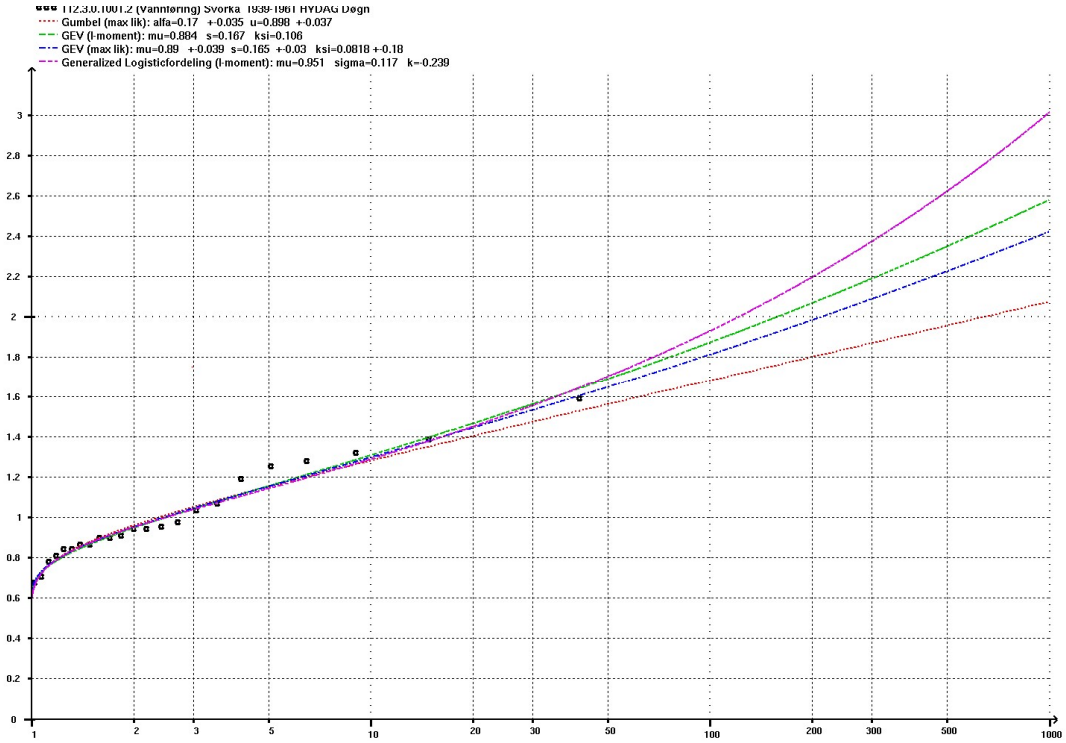
111.9 Søya v/Melhus 1988-2016. 29 år med data.



111.10 Nauståa 1978-2007. 30 år med data.



112.3 Svorka 1939-1963. 25 år med data.



Vedlegg 2

Sted	A km²	Q_M l/s·km²	Q_5 l/s·km²	Q_{10} l/s·km²	Q_{20} l/s·km²	Q_{50} l/s·km²	Q_{100} l/s·km²	Q_{200} l/s·km²	Q_{500} l/s·km²	Q_{1000} l/s·km²
Rindal meieri	230	360	432	504	576	684	756	828	900	972
Oppstrøms Rinna	235	356	427	498	569	676	747	819	890	961
Nedstrøms Rinna	435	307	379	450	522	680	751	823	894	966
Oppstrøms Bulu	449	302	372	442	513	667	737	807	877	948
Nedstrøms Bulu	518	302	375	448	521	692	764	837	910	983
Oppstrøms Folla	530	299	371	442	514	683	754	826	898	970
Nedstrøms Folla	895	231	284	338	391	507	642	774	880	993
112.27 Skjermo	925	229	281	333	386	499	631	760	864	973
Oppstrøms Vindøla	935	228	279	332	384	497	627	755	858	967
Nedstrøms Vindøla	1105	238	296	355	413	554	679	801	903	1009
112.7 Honstad	1121	237	295	352	410	550	673	795	895	1000
Skei	1163	233	290	347	404	540	660	778	875	977
Utløp i fjorden	1200	230	286	342	398	532	648	763	859	958

NVE

Norges vassdrags- og energidirektorat

MIDDELTHUNSGATE 29
POSTBOKS 5091 MAJORSTUEN
0301 OSLO
TELEFON: (+47) 22 95 95 95

www.nve.no