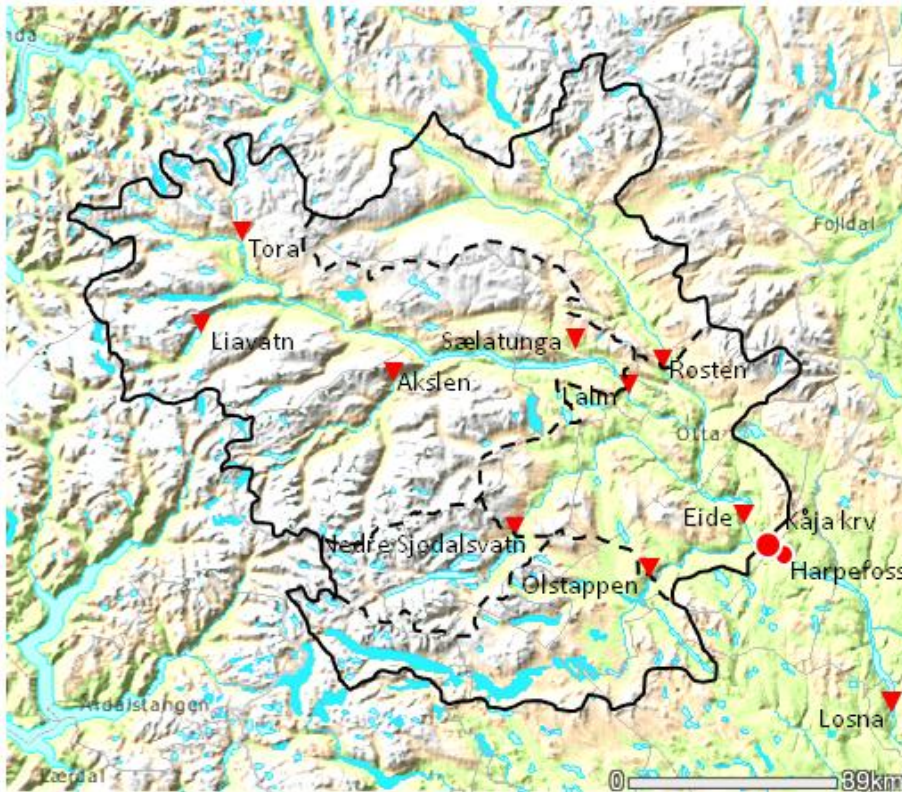


Kraftprosjektet Kåja

Hydrologi- og produksjonsutredning



Figur 1. Kart over nedbørfelt for Kåja kraftverk og sentrale hydrologiske stasjoner. Nedbørfeltene for Olstappen, Nedre Sjødalsvatn, Lalm og Rosten er vist som stiplede linjer.

Sammendrag

Utbygging av Kåja kraftverk vil gi en produksjon på ca 141 GWh/år (basert på årene 1981-2010). Med årrekken 1961-90 beregnes ca 3 GWh/år lavere produksjon. Andel sommerkraft (1.5.-30.9.) beregnes til 68 %. Ved senking av overvannet med en halv meter beregnes ca 6 GWh/år mindre produksjon.

Utbyggingen medfører ikke fraføring av vann fra Gudbrandsdalslågen og flomvannføringer vil ikke bli endret. Vannstanden i Lågen vil bli betydelig endret rett oppstrøms og nedstrøms kraftverkets inntaksdam.

Middelflommen og 1000-års flommen ved Kåja er beregnet til henholdsvis 1145 og 3152 m³/s. Alminnelig lavvannføring anslås til ca 13 m³/s.

Lillehammer januar 2013
Hans-Christian Udnæs

Innholdsfortegnelse

Utredninger.....	3
Utbygging/kraftverk	3
1 Hydrologisk grunnlag.....	3
1.1 Tilgjengelige tilsig-/avløpsserier og normalavløp fra delfelt.....	3
1.2 Tilsigs-/avløpsserier som er brukt i beregninger/simuleringer	4
1.3 Usikkerhet i det hydrologiske grunnlaget	5
1.4 Eksisterende magasin	6
1.5 Vannlinjeberegninger	7
2 Hydrologiske variasjoner og endringer	7
2.1 Endring i vannstand.....	7
2.2 Vannføringsvariasjoner	8
2.3 Alminnelig lavvannføring	12
2.4 Regulert vannføring i bestemmende år	12
2.5 Driftsvannføring	12
2.6 Flom	13
2.7 Vanntemperatur, isforhold, lokalklima	22
3 Grunnlag for manøvreringsreglementet	23
4 Beregning av kraftproduksjon	23
4.1 Hoveddata for Kåja kraftverk.....	23
4.2 Produksjonen i Kåja kraftverk.....	24
5 Vedlegg.....	25
5.1 Vedlegg A - Statistikk for vannføring i kurveform.....	25
5.2 Vedlegg B - Vannføring i typiske år i kurveform	26
5.3 Vedlegg C - Varighetskurver for sesonger.....	28
5.4 Vedlegg D - Beregning av regulert vannføring i bestemmende år.....	29
5.5 Vedlegg E - Beregning av NaturHK for Kåja kraftverk.....	30

Utredninger

Formålet med konsekvensutredninger er å klargjøre konsekvensene av prosjektet for miljø, naturressurser og samfunn. Utredningsprogrammet skal være beslutningsrelevant for søknadsbehandlingen og for eventuelle vilkår som knyttes til tillatelsen.

Hydrologi- og produksjonsutredningen beskriver overflatehydrologiske forhold og utnyttelsen av vannføringen til kraftproduksjon.

Utredningen er gjort med egne ressurser i GLB. Turid-Anne Drageset har skrevet kapitlene om hydrologisk grunnlag, lavvannsforhold og flom, der også Jens Kristian Tingvold har gitt vesentlige bidrag.

HydraTeam AS har utført vannføringsmålinger for å forbedre tilsigs-/vannføringsgrunnlaget. Multiconsult har målt opp tverrprofiler og utført vannlinjeberegninger.

Utbygging/kraftverk

Det utredes virkningene av kraftverket Kåja ved Vinstra i Gudbrandsdalslågen (Lågen), som har 13,7 m brutto fallhøyde ved median vannføring (ca. $90 \text{ m}^3/\text{s}$), med slukeevne på $320 \text{ m}^3/\text{s}$. Det er ikke lagt opp til noen minstevannføring forbi kraftverket, da kraftverket skal ligge i inntaksdammen, og ikke vil endre vannføringen i elva.

1 Hydrologisk grunnlag

Kåja kraftverk er planlagt lokalisert rett nedstrøms samløpet mellom elvene Vinstra og Lågen, slik at nedslagsfeltet inkluderer både Vinstravassdraget og Lågen oppstrøms Vinstra. I normalsituasjonen utgjør tilsiget fra Vinstradelen kun lokaltilsiget nedstrøms Olstappen, siden produksjonsvannet i Nedre Vinstra kraftverk, med inntak i Olstappen, har utløp i Lågen nedstrøms Kåjas lokalisering. Kåja vil normalt ikke ha nytte av vannmengdene i Vinstras nedbørfelt, den vesentlige delen av tilsiget utgjøres av Lågens nedbørfelt.

1.1 Tilgjengelige tilsig-/avløpsserier og normalavløp fra delfelt

Som grunnlag for utredning av hydrologiske forhold for Kåja kraftverk i vannfallene ved Vinstra er måleserien 2.460 Eide svært sentral. Målestasjonen har beliggenhet ved Vikafossen i Lågen ved Eide, ca 3 km oppstrøms plasseringen av kraftverket. Den ble etablert i oktober 1984 og er fortsatt i drift. Det måles totalt avløp fra et nedbørfelt på 7935 km^2 , der ca 8 % av nedbørfeltet (667 km^2) er regulert gjennom magasinene i Ottas nedbørfelt, Breidalsvatn (128 km^2), Raudalsvatn (150 km^2), Aursjø (109 km^2) og Tesse (225 km^2 , 380 km^2 inkludert Veo-overføringen). Reguleringene ble etablert omkring 1950-tallet, og hele avløpsserien ved Eide er således reguleringspåvirket.

Harpefoss kraftverk er lokalisert nedstrøms planlagte Kåja kraftverk, og inkluderer avløpsvannet fra Nedre Vinstra kraftverk. Kraftverket har et nedbørfelt på 9620 km², ble etablert i 1965, og dataserier for driftsvannføring og forbitapping eksisterer i GLBs arkiv siden 1979. I perioden 1934-1960 var det et vannmerke ved Harpefoss med måling av vannstand/vannføring.

Lenger sør i Lågen ligger målestasjonen 2.145 Losna, i Losna et stykke sør for Fåvang, med et nedbørfelt på 11179 km². Kontinuerlige målinger av vannføring har her pågått siden begynnelsen av 1900-tallet frem til dags dato. Regulert avløp måles også lenger nord, i Otta ved 2.25 Lalm (3949 km², 4104 km² inkludert Veo-overføringen).

Innenfor Kåjas nedbørfelt finnes målestasjoner i uregulerte lokalfelt med relativt lange måleperioder fram til dags dato, men det er relativt små felt sammenlignet med Kåjas nedbørfelt. Sentrale uregulerte måleserier er 2.614 Rosten i Lågen oppstrøms tilløpet fra Otta (1834 km²), 2.13 Nedre Sjødalsvatn i Sjoa (480 km²), 2.284 Sælatunga i Finna ved Vågå (455 km²), 2.275 Liavatn i Ostri (211 km²), 2.291 Tora i Tora (262 km²) og 2.268 Akslen i Bøvra (796 km²). Stasjonenes plassering er vist på kartet i figur 1. Nedbørfeltene til stasjonene Lalm, Rosten og Nedre Sjødalsvatn dekker 80 % av Eides nedbørfelt. Middelvannføring for disse stasjonene er gitt i tabell 1.

Tabell 1. Observerte middelvannføringer (m³/s) for utvalgte serier i Kåjas nedbørfelt for 3 årrekker

	Eide	Lalm	Rosten	N Sjødalsvatn
1982-11:	188,9 ³⁾	118,9	34,0	19,9
1961-90:	180,2 ¹⁾	109,7	32,3	18,4
1931-60:	-	106,0 ²⁾	32,2 ²⁾	17,5 ²⁾

¹⁾ kilde: NVE-Atlas/NVEs avrenningskart 1961-90, NVE, ²⁾ NVEs avrenningskart 1931-60 ³⁾ Årene 1982-1984 er basert på målinger fra Lalm, Rosten og Losna

Tallene i tabell 1 viser at avrenningen i siste 30-års periode er større enn i tidligere perioder. Middelvannføringen ved Eide i perioden 1961-90 er ifølge NVEs avrenningskart 180,2 m³/s, som er 5 % lavere enn det som er observert i perioden 1982-2011.

Observerte vannføringsserier ved Lalm, Rosten og Sjødalsvatn gir 5-8 % større årsavrenning i siste 30-års periode sammenlignet med siste normalperiode (1961-90).

1.2 Tilsigs-/avløpsserier som er brukt i beregninger/simuleringer

GLB forutsetter å ha gode og representative dataserier på døgnbasis. Det gjelder både vannføringsserier og produksjonsserier som grunnlag for å beskrive regulerte forhold, og magasin vannstander/-volum som grunnlag for tilsigsserier til å beskrive uregulerte forhold og hydrologiske trender. For å beskrive de regulerte hydrologiske forholdene ved Vinstra/Kåja anses datagrunnlaget som godt, med langvarige direkte målinger av vannstand/vannføring ved vannmerke rett oppstrøms kraftverksinntaket, og serie for produksjonsvannføring/forbitapping rett nedstrøms.

Den valgte serien på 27 år (1985-2011) ved Eide vurderes å være mest representativ for kommende 10-år (tilsig fra breer, klimaendringer, mv.) og være tilstrekkelig lang til at de viktigste hydrologiske episoder/regimer opptrer med variabilitet i form av mye/lite snø, flom/tørke, kulde/varme osv.

For beregning av produksjoner og årlig middelvrenning er serien utvidet med årene 1981-1984 som er beregnet ved bruk av observert vannføring fra Losna og Lalm tillagt et lokaltilsig basert på observert skalert lokaltilsig til Olstappen og Losna.

Det er i utgangspunktet knyttet noe usikkerhet til vannstandsobservasjonene ved Eide, som en vesentlig del av de hydrologiske beregningene er basert på. Dette skyldes en noe ugunstig plassering av stasjonen ved at målekummen er plassert for høyt i terrenget, med påfølgende manglende kommunikasjon med elvevannet ved lav vannstand i elva. I tillegg har det til tider vært tett kommunikasjonsrør mellom målekummen og elva, og dermed treg eller ingen respons mhp vannstandsvariasjoner i kummen. Denne ble utbedret i 2002-2003. Målestedet er også påvirket av islegging i elveleiet, slik at vannstanden ved målepunktet ofte er isoppstuvet om vinteren. Eide har ellers en vannføringskurve som er godt tilpasset vannføringsmålingene som er foretatt over flere år på et stort spenn av middels og store vannstander. På lave vannføringer er kurvegrunnlaget noe tynt. Dataserien ved Eide er nøye gjennomgått ved sammenligning mot beregnede serier bestående av driftsvannføring i Harpefossen fratrasket produksjonsvannføringen i Nedre Vinstra kraftverk og lokaltilsig, og alternativt avløp ved Losna målestasjon fratrasket produksjonsvannføringen i Nedre Vinstra kraftverk og lokaltilsig. På bakgrunn av disse seriene er vannføringsserien ved Eide korrigert for isoppstuvning, observasjonsbrudd, manglende variasjon som følge av kommunikasjonssvikt i målekummen og problemet med overestimerte vannføringer ved lav vannstand. Sammenligningsgrunnlaget anses som godt, og datagrunnlaget for hydrologiske beregninger for regulerte forhold med utgangspunkt i korrigert serie ved Eide anses som brukbart.

For å beskrive uregulerte forhold er det laget en naturlig uregulert avløpsserie ved Eide for perioden 1985-2011. Utgangspunktet for denne serien er en naturlig avløpsserie beregnet for Lalm i forbindelse med hydrologiutredning for Nedre Otta kraftverk. Denne serien er framkommet ved at avløpsserien ved Lalm først er korrigert for magasinendring i alle ovenforliggende magasiner, og videre er det, basert på vannstandsendringer i noen år da Breidalsvatn og Tesse var uregulert, laget en serie med antatt naturlig avløp fra alle sjøer i Ottavassdraget. Denne beregnede naturlige avløpsserien ved Lalm, fratrasket regulert avløpsserie ved Lalm, gir effekten av alle reguleringene oppstrøms. Avløpsserien ved Eide er så korrigert for dette bidraget. Det er kommentert i forbindelse med den beregnede naturlige avløpsserien for Lalm at det må påregnes noe usikkerhet til godheten på denne serien.

1.3 Usikkerhet i det hydrologiske grunnlaget

Det hydrologiske grunnlaget antas å være brukbart, se kap. 1.2. Målestedet Eide er relativt nær plasseringen til planlagte elvekraftverk, og beskriver de hydrologiske forholdene ved Kåja godt i en normalsituasjon. Da er lokaltilsiget mellom målestasjon Eide og Kåja kraftverket lite, siden det for store deler av mellomliggende nedbørfelt overføres ut gjennom Nedre Vinstra kraftverk, som har utløp rett nedstrøms Kåja. Lokalfeltet mellom Eide og Kåja er 227 km² når det overførte nedbørfeltet trekkes fra. Ved flomforhold må det medregnes overløp ved Olstappen og flomtilsig fra Vinstradelen, og Eide er ikke representativ til å beskrive tilsiget til Kåja. Produksjonsdata fra Harpefoss kraftverk gir total vannføring rett nedstrøms Kåja inkludert produksjonsvannet fra Nedre Vinstra kraftverk. Det samme gjør målestasjon Losna et stykke nedstrøms tillagt lokaltilsig fra lokalfelt på 1558 km².

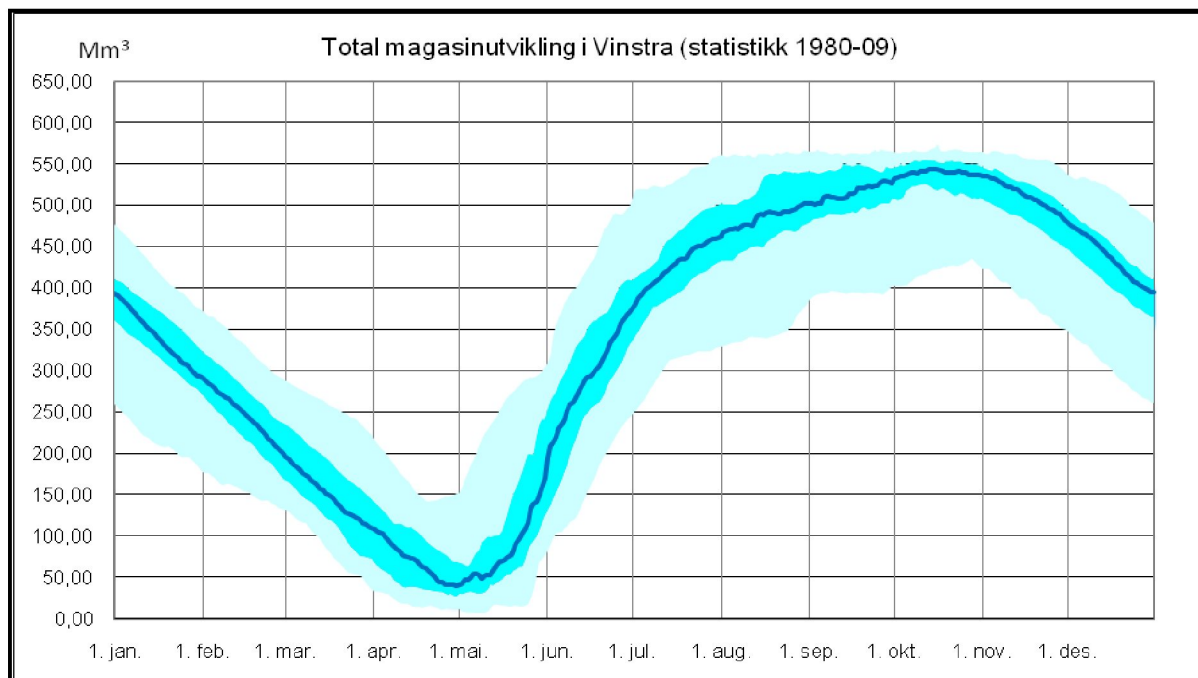
Usikkerhet knyttet til dataseriene benyttet i beregningene er nærmere beskrevet i avsnitt 1.2 og 1.6.

1.4 Eksisterende magasin

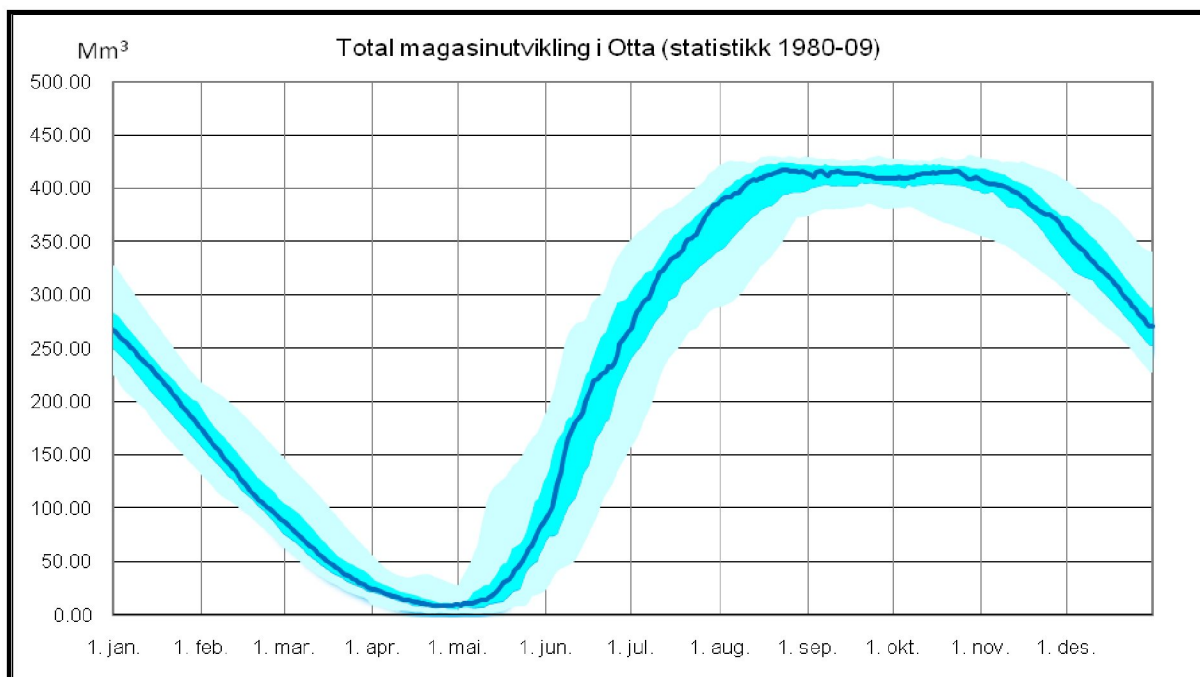
Kåjas nedbørfelt er betydelig regulert. Vinstravassdraget er i stor grad bortregulert gjennom Nedre Vinstra kraftverk, der produksjonsvannet har utløp nedstrøms Kåja kraftverk og det svært sjelden, kun i flomsituasjoner, er overløp ved Olstappen til Vinstraelv. De fleste reguleringsmagasiner i Vinstravassdraget ble iverksatt omkring 1950-tallet, med unntak av reguleringen av Bygdin som kom ca 1930. Magasinene i Vinstra har samlet magasinkapasitet på 569 mill.m³, og statistisk observert forløp i årrekken 1980-2009 framgår av figur 2. Reguleringsmagasiner med størst nytteverdi for Kåja ligger i Lågens nedbørfelt, i Ottavassdraget. Reguleringen av Breidalsvatn og Raudalsvatn ble iverksatt omkring 1950-tallet, Aursjø ca 1960 og Tesse ca 1940. Samlet har magasinene i Otta en kapasitet på 426 mill m³, og statistisk observert forløp i årrekken 1980-2009 framgår av figur 3. Magasinene er nærmere beskrevet i tabell 2.

Tabell 2. Data for eksisterende magasin.

Vinstra:	Bygdin	Vinsteren	Kaldfj	Heimdalsv	Øyangen	Olstappen
HRV (kote)	1057,63	1031,73	1019,23	1052,44	998,24	668,23
LRV (kote)	1048,48	1027,73	1013,33	1050,24	996,24	655,23
Reguleringshøyde (m)	9,15	4,0	5,9	2,2	2,0	13,0
Magasinvolum (mill. m ³)	336	102,5	76	15	8	31
Energi (GWh)	787,2	239,0	178,1	35,1	18,7	47,8
Lågen:	Breidalsv	Raudalsv	Aursjø	Tesse		
HRV (kote)	900,39	912,80	1098,02	854,42		
LRV (kote)	897,39	882,50	1085,52	842,02		
Reguleringshøyde (m)	13,0	30,3	12,5	12,4		
Magasinvolum (mill. m ³)	70	166	60	130		
Energi (GWh)	114,6	271,7	123,7	201,1		



Figur 2. Kvartiler for total magasinutvikling gjennom året for årrekken 1980-2009 i Vinstra.



Figur 3. Kvartiler for total magasinutvikling gjennom året for årrekken 1980-2009 i Otta.

1.5 Vannlinjeberegninger

Formålet med vannlinjeberegninger er å kartlegge vannstander ved ulike vannføringer oppstrøms og nedstrøms kraftverket. Resultatene kan brukes til å beskrive vanndekt areal i Lågen ved Vinstra ved ulike vannføringer.

På oppdrag fra Opplandskraft har Multiconsult utført oppmålinger av tverrprofiler samt vannlinjeberegninger. Prosjektområdet strekker seg fra Eide 3 km oppstrøms damstedet ved Vinstra ned mot Harpefoss 5 km nedstrøms damstedet.

Resultatene er benyttet i produksjonsberegningen (kap 4.2), der vannstand ovenfor og nedenfor damstedet ved ulike vannføringer inngår som en viktig del av beregningen.

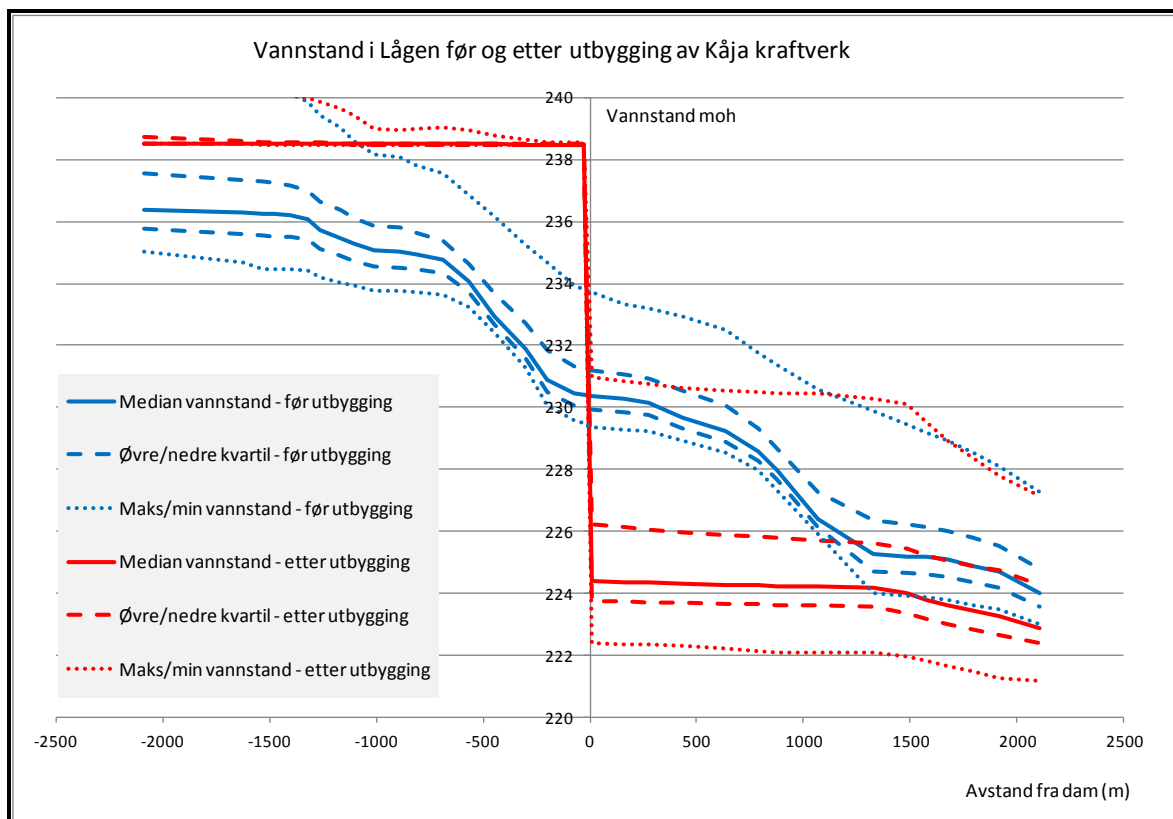
2 Hydrologiske variasjoner og endringer

Prosjektet omfatter ingen nye reguleringer, men innebærer hydrologiske endringer. Vannføringen i Lågen vil ikke endres som følge av Kåja kraftverk, men vannstanden vil endres betydelig både oppstrøms og nedstrøms inntaksdammen.

2.1 Endring i vannstand

Vannstanden vil bli hevet fra damstedet og ca 3 km oppstrøms, og senket fra damstedet og ca 5 km nedstrøms. Inntaksdammen til Kåja kraftverk vil ha overløp på kote 239,5 og det tappes normalt bare ned ved revisjoner. Det legges ikke opp til regulering av vannføringen ved bruk av inntaksbassenget/-magasinet. Overvannet vil bli liggende fast på 238,5 moh (alt. 238,0 moh).

Figur 4 viser statistikk for vannstand i Lågen ved Kåja før og etter utbygging. Figuren er basert på vannlinjeberegninger utført av Multiconsult.

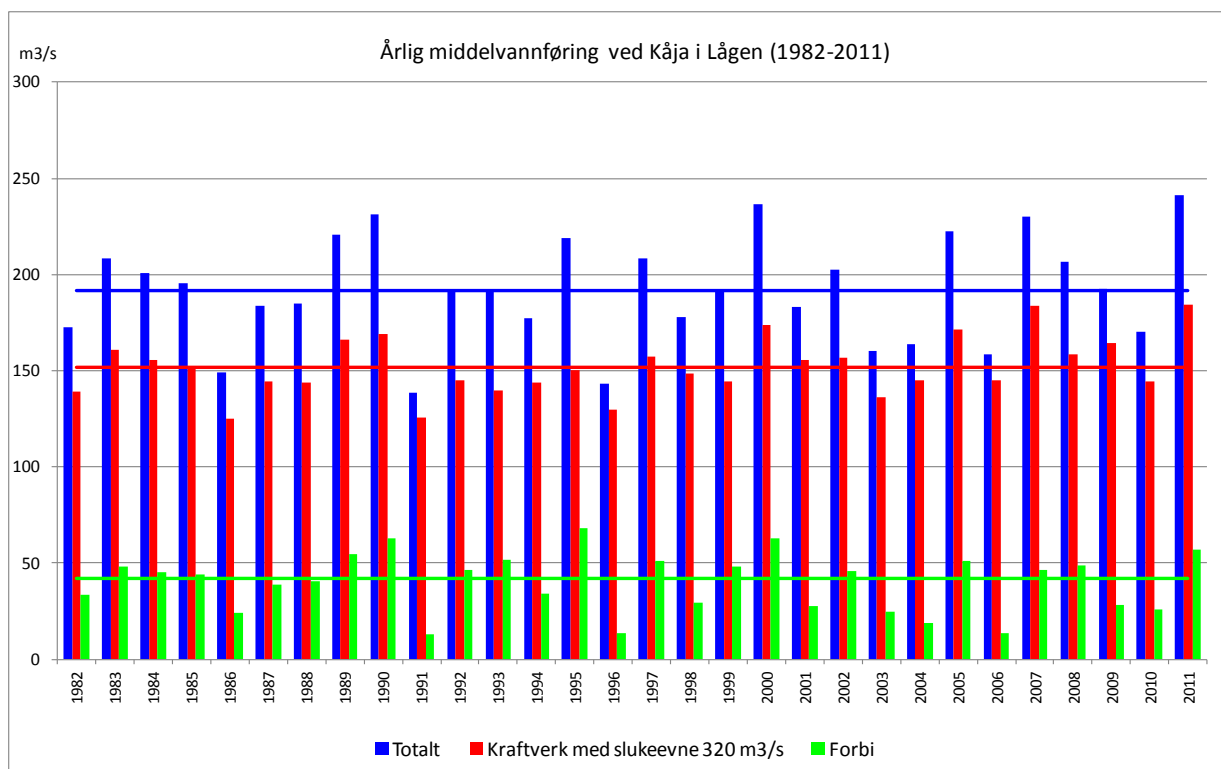


Figur 4. Statistikk (1982-2011) for vannstand i Lågen ved Vinstra før og etter utbygging. Basert på vannlinjeberegninger. Øvre/nedre kvartil betegnes ved at vannstanden overskrides/underskrides i en fjerdedel av dagene i årrekken (1982-2011).

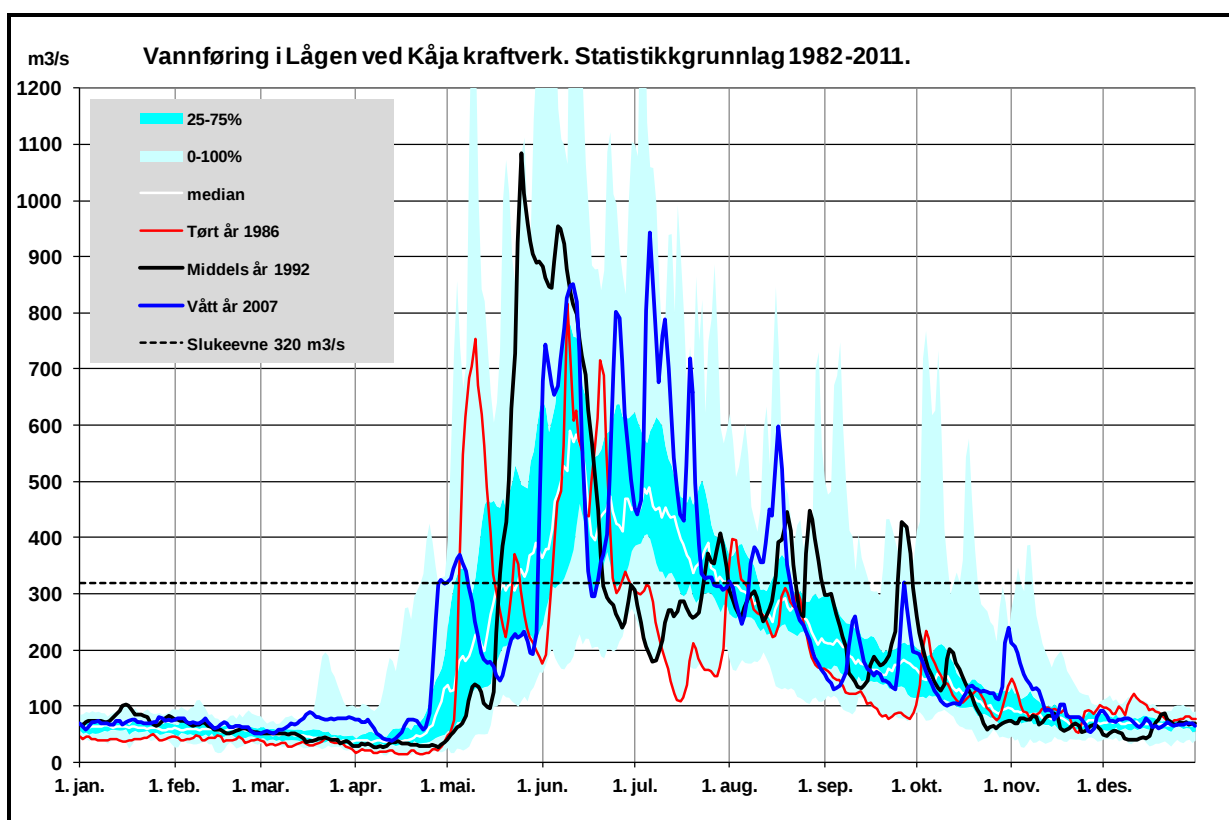
2.2 Vannføringsvariasjoner

Med slukeevne på $320 \text{ m}^3/\text{s}$ vil det i alle år tappes forbi kraftverket i perioder. Midlere vannføring ved Kåja ligger på $191,8 \text{ m}^3/\text{s}$ (1982-2011), mens midlere produksjonsvannføring ligger på $150,2 \text{ m}^3/\text{s}$ (78 % av totalvannføringen). 98 % av forbitappingen skjer i sommermånedene (mai-september).

Mesteparten av nedbørfeltet på 8162 km^2 er uregulert, og det vil derfor være store variasjoner fra dag til dag og mellom år. Figur 5 viser variasjonen fra år til år i vannføring, produksjonsvannføring og forbitapping. Figur 6 viser vannføringen i et tørt (1986), middels (1992) og vått år (2007) med bakgrunnsstatistikk (1982-2011). Det valgte våte og tørre året er hhv. det 4. våteste og 3. tørreste i årrekken på 30 år. Middelvannføringen for disse årene er vist i tabell 3. For årene 1982-84 er vannføringen beregnet ved bruk av målestasjonene Lalm, Rosten og Losna.



Figur 5. Årlig middelvannføring i Lågen ved Kåja fordelt på kraftverk og forbi i årrekken 1982-2011. Tilhørende middelerverdier for hele perioden er vist som linjer.

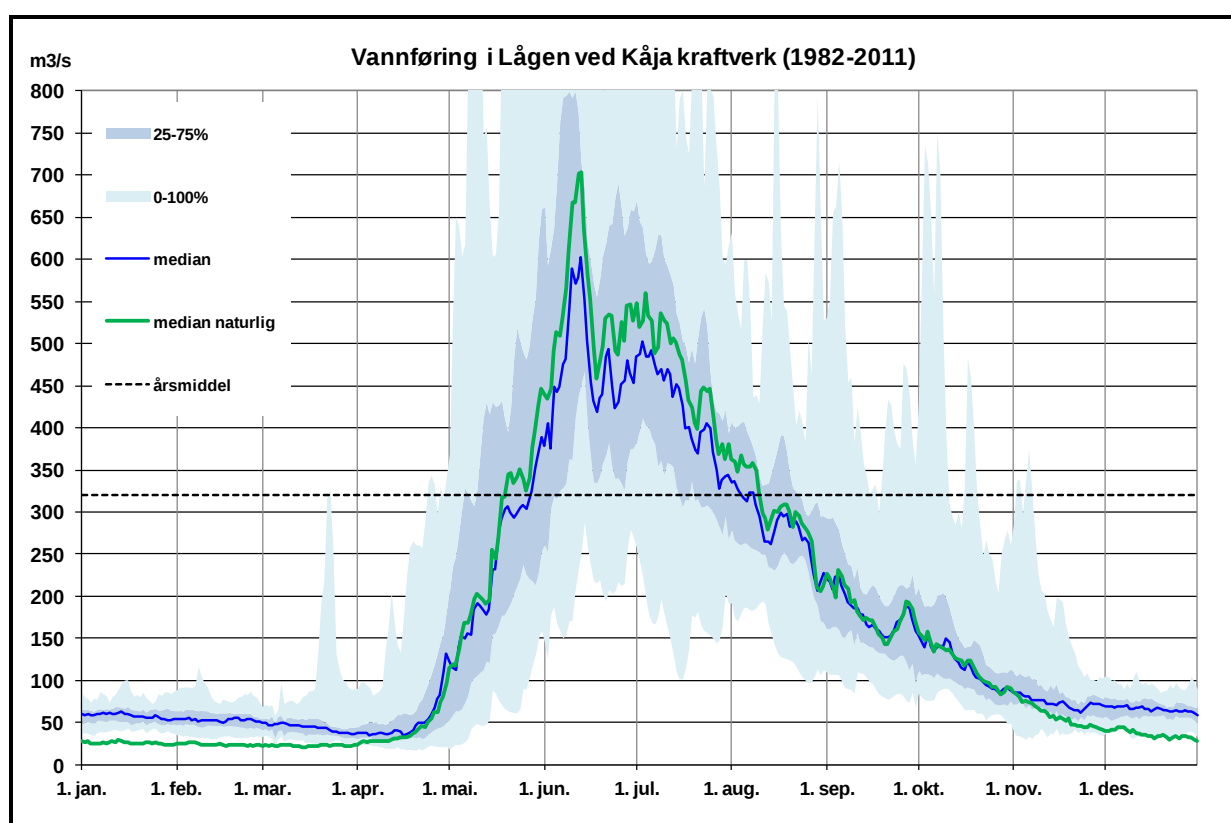


Figur 6. Observert regulert vannføring i Lågen ved Kåja kraftverk - statistikk for årrekken 1982-11 og typiske år.

Tabell 3. Vannføringsdata i typiske år/årrekke for Kåja kraftverk

	år	m ³ /s	Mm ³ /år	% av middel
hele serien:	1982-11	191,8	6050	
vått:	2007	230,2	7266	120
middels:	1992	191,5	6042	100
tørt:	1986	149,3	4710	78

Lågen ved Kåja har vært påvirket av regulering de siste 50-60 år. Total magasinkapasitet i Breidalsvatn, Raudalsvatn, Aursjø og Tesse er 426 mill.m³, som i de fire vintermånedene desember-mars gir et tilskudd på ca 30 m³/s i forhold til den naturlige vannføringen på ca 28 m³/s og medfører en middelvannføring på ca 58 m³/s i disse månedene. Normalt vil 70-75 % av samlet magasinkapasitet fylles opp i juni-juli, som reduserer vannføringen i Lågen med nesten 60 m³/s i disse månedene. Regulert og naturlig vannføringsregime illustreres i figur 7. Sommeren er flomsesong basert på kombinert snøsmelting og nedbør. Normalt vil vannføringen være større enn kraftverkets slukeevne på 320 m³/s fra juni til juli/august.



Figur 7. Medianfor naturlig og regulert vannføring i Lågen ved Kåja kraftverk samt statistikk for årrekken 1982-2011 (observert regulert vannføring).

Vinstramagasinen, med total magasinkapasitet på 569 mill.m³, fanger opp det meste av tilsiget til Nedre Vinstra kraftverk. Ca annen hvert år i snitt tappes det likevel vann forbi inntaks-magasinet Olstappen. Gjennomsnittlig forbitapping for Nedre Vinstra kraftverk (1982-2011) er på 1,16 m³/s (36,7 mill.m³/år). Av dette går 0,97 m³/s (30,5 mill.m³/år) forbi Kåja kraftverk og 0,19 m³/s (6,2 mill.m³/år) kan utnyttes i kraftproduksjon (ca 0,17 GWh/år).

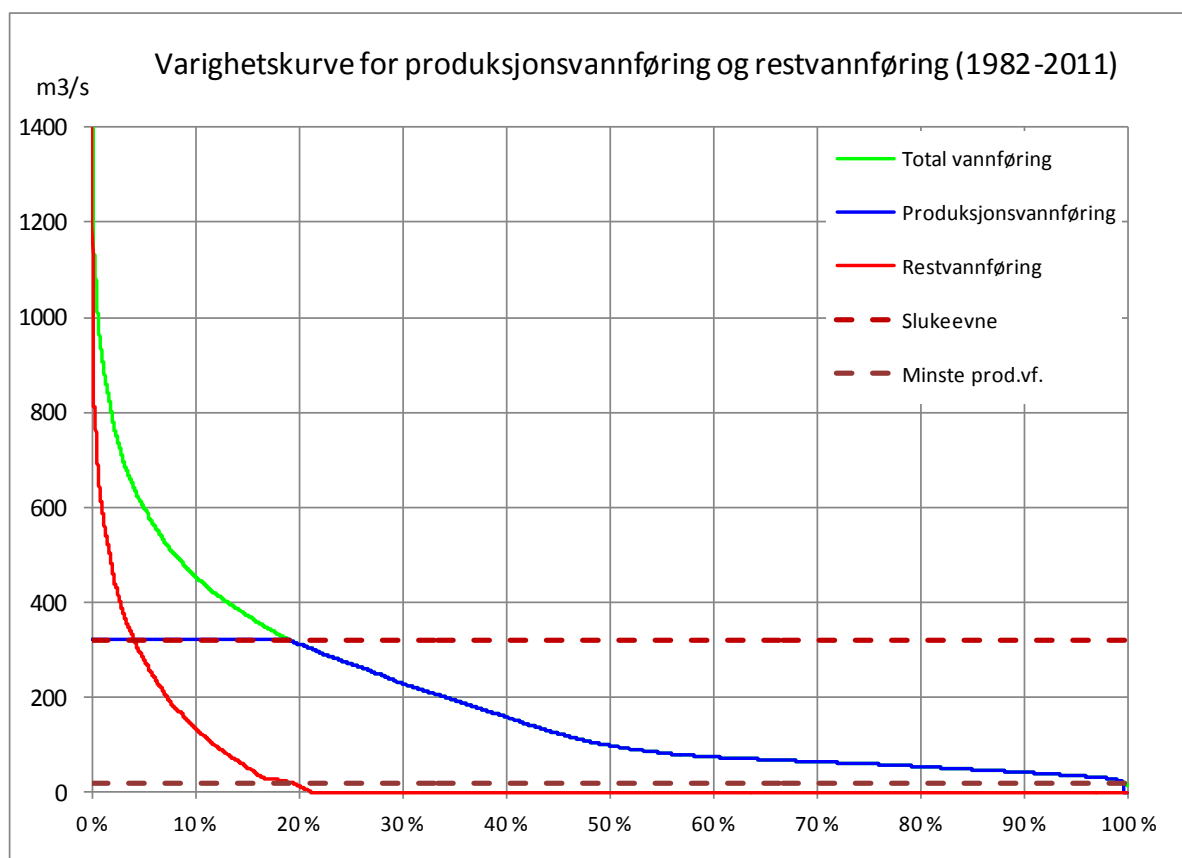
I tillegg til figurene innledningsvis i kapittelet, som viser statistikk for tidsforløpet over året, illustreres variasjonene best med utgangspunkt i varighetskurver.

I tabell 4 er det vist persentiler eller sannsynlighet for at en gitt vannføring og forbitapping skal overstiges basert på slukeevne $320 \text{ m}^3/\text{s}$.

I figur 8 er det vist varighetskurver som dekker hele året for total vannføring, driftsvannføring og tapping forbi kraftverket (restvannføring) for perioden 1982-2011. Vannføringen er større enn største slukeevne i 70 dager i året, og mindre enn minste slukeevne under enn en dag i året. Varighetskurver for sommer- og vintersesong er vist i vedlegg C, kap 5.3.

Tabell 4. Vannføringspersentiler ved inntaket i årrekken 1982-11 for helt år, vinter- og sommerperiode.

persentil	Vf helt år - m^3/s		Vf vinter- m^3/s		Vf sommer - m^3/s	
	total vf	vf forbi	total vf	vf forbi	total vf	vf forbi
5	599	279	168	0	802	482
10	454	134	114	0	642	322
25	270	0	79	0	450	130
50	99	0	61	0	307	0
75	60	0	46	0	203	0
90	42	0	36	0	135	0
95	35	0	32	0	102	0



Figur 8. Varighetskurve (årrekken 1982-2011) for produksjons- og restvannføringene i Lågen ved Kåja kraftverk med $320 \text{ m}^3/\text{s}$ i slukeevne og $15 \text{ m}^3/\text{s}$ som nedre vannføring for produksjon.

2.3 Alminnelig lavvannføring

Det er ingen minste vannføringsstrekning knyttet til det planlagte Kåja kraftverk, siden kraftstasjonen vil bli plassert i selve dammen, såkalt elvekraftverk. Det vil dermed ikke være krav til minste vannføring. Det er likevel nødvendig å beregne alminnelig lavvannføring ved kraftverket, da dette inngår i beregninger for konsesjonskraft og -avgifter.

Alminnelig lavvannføring er et lavvannsmål for uregulert tilstand. Den beregnede naturlige avløpsserien (beskrevet i kapittel 1.2) bør ligge til grunn for beregning av alminnelig lavvannføring, men siden elven har vært påvirket av reguleringer i mange tiår, er det for sammenligning gjort tilsvarende beregning også på regulert tilstand de siste 27 årene.

Alminnelig lavvannføring for naturlig avløp / regulert avløp ved Eide i perioden 1985-2011 er beregnet til 14,4 / 30,6 m³/s (1,8 / 3,9 l/s·km²). Dette utgjør 7,7 og 16,3 % av middel i seriene (187,2 m³/s). Det framgår at naturlig alminnelig lavvannføring i Lågen er vesentlig lavere enn dagens regulerte lave vannføring gjennom store deler av vinteren. For det naturlige avløpet er denne prosentandelen innenfor det som er helt normalt for alminnelig lavvannføring i norske vassdrag (Hisdal & Væringstad 2005: Estimering av alminnelig lavvannføring i umålte felt, NVE-rapport nr 6-2005). Alminnelig lavvannføring kan også beregnes alternativt, ved hjelp av regresjon mot feltegenskaper (NVE's program LAVVANN, med tilhørighet til region 1 og følgende feltparametre: feltbredde 57,6 km, maksimal høydeforskjell 2223 m, effektiv sjøandel 0,15 %, snaufjell 64,6 %, spesifikt naturlig avløp (31-60) 21,8 l/s·km²). Resultatet er 1,5 l/s·km² (11,9 m³/s), litt lavere enn det som er beregnet med utgangspunkt i naturlig avløp ved Eide, som har noe usikkert datagrunnlag på lave vannstander/vannføringer (se kap. 1.2). Med bakgrunn i dette settes alminnelig lavvannføring ved Kåja til 13 m³/s.

Til sammenligning med alminnelig lavvannføring er det også beregnet 5-persentiler for det naturlige avløpet (vannføring som underskrides i 5 % av perioden). Denne er 94,1 m³/s for sommerperioden og 10,9 m³/s for vinterperioden.

2.4 Regulert vannføring i bestemmende år

Som et grunnlag for bestemmelse av konsesjonsavgifter og konsesjonskraft er det beregnet regulert vannføring i bestemmende år og i median år for Kåja kraftverk. Beregningene er gjort ved bruk av tidligere beregninger av regulert vannføring for kraftverkene Tessa, Skjåk og Øyberget samt beregnet alminnelig og median lavvannføring for det uregulerte nedbørfeltet. Beregningen er gjort for perioden 1961-1990. Regulert vannføring er beregnet til 31,7 m³/s i bestemmende år og 35,1 m³/s i median år. Beregningen er vist i vedlegg D (kap 5.4). Resultatene er brukt til beregning av naturhestekrefter, som er vist i vedlegg E (kap 5.5).

2.5 Driftsvannføring

Tilløpet til Kåja kraftverk er 191,7 m³/s eller 6050 mill. m³/år (1982-2011) og ca 79 % kan utnyttes i kraftverk med slukeevne på 320 m³/s. 21 % kan følgelig ikke utnyttes, på grunn av flomtap. Om sommeren vil vannføringen som skal gå i fiskepassasjen i sommerperioden utgjøre under 0,1 % av tilløpet. I ca 50 % av sommerperioden er vannføringen under slukeevne, og vannet i fiskepassasjen vil da redusere produksjonsvannføringen. Fordeling av driftsvannføring og forbitapping er vist i tabell 5.

Tabell 5. Fordelingen av tilløpet på driftsvannføring, minstevannføringslipp og flomtap ved slukeevne på 320 m³/s i perioden 1982-2011. I flomtapet inkluderes dager med vannføring under minste slukeevne (15 m³/s), som utgjør en liten andel av flomtapet om vinteren.

	Sommer	Vinter	Hele året
driftsvannf:	260,2 m ³ /s	71,8 m ³ /s	150,2 m ³ /s
minstevannf.:	0,5 m ³ /s	0,0 m ³ /s	0,2 m ³ /s
flomtap:	98,6 m ³ /s	0,7 m ³ /s	41,5 m ³ /s
driftsvannf.:	72,5 %	99,0 %	78,3 %
minstevannf.:	0,1 %	0,0 %	0,1 %
flomtap:	27,5 %	1,0 %	21,6 %

Vannutnyttelsen i kraftverket er beregnet for tre typiske år og viser at det hvert år kan regnes med perioder med overløp (se figur 6 i kap 2.2). Separate figurer for hvert år er gitt i vedlegg B, kap 5.2. I tørt år (1986) er det 40 dager med overløp fordelt på en 10 dagers periode i mai, en 20 dagers periode i juni og noen korte perioder med overløp i juli-august. I middels år (1992) er det overløp i 65 dager, hvorav 30 dager sammenhengende i mai-juni og flere korte perioder med overløp i juli-september. I vått år (2007) er det overløp i 90 dager fordelt på en kort periode i april-mai, hele juni og juli, og en kort periode i august.

2.6 Flom

Flomanalyser i regulerte vassdrag er problematisk ved at flomstørrelsene vil avhenge av både naturlige flomvannføringer og reguleringenes innvirkning på flomforholdene. Med økende flomstørrelser vil reguleringenes flomdempende effekt avta. Ved flomberegninger i regulerte vassdrag er det vanlig å anta at flommer med små gjentakintervall påvirkes av reguleringene i vassdraget med flomdempende effekt. Derfor brukes observert regulert avløpsserie etter siste større regulering ved flomfrekvensanalyse på årsflommer. Ved større flommer er det vanlig å anta at reguleringsmagasiner er fulle og ikke lenger har samme flomdempende effekt, og at avrenningen i vassdraget er av tilnærmet naturlig og uregulert karakter. Flomfrekvensanalyse bør da helst gjøres på observert uregulert avløpsserie fra før reguleringene ble etablert, eller på en beregnet naturlig avløpsserie (som tar hensyn til selvregulering). Overgangen fra et flomdempende reguleringssystem til et ikke-flomdempende reguleringssystem avhenger bl.a av graden av regulering, og må vurderes i hvert tilfelle. Kåja er lokalisert rett nedstrøms samløpet mellom Lågen og Vinstra elv. I begge disse vassdragene vil reguleringene normalt ha flomdempende effekt ved mindre flommer. I Lågendelen er reguleringene lokalisert langt opp i vassdraget og tilsiget fra uregulerte lokalfelt utgjør en stor andel av flomtilsiget. Vinstradelen er gjennomregulert og det uregulerte lokalfeltet er lite. På store flommer må det regnes med fulle magasiner, overløp og tilnærmet uregulerte forhold i begge vassdragene.

De største observerte årsflommene i Lågen ved Eide, oppstrøms samløpet med Vinstra elv, i observasjonsperioden 1985-2011 har vært om sommeren i mai, juni og juli, med størst andel (48 %) i juni. De fem største årsflommene som er observert ved Eide (1985-2011), Losna (1917-2011) og Harpefoss (1979-2011) er vist i tabell 6. En sjelden gang opptrer store flommer om høsten, og det bemerkes at den største observerte flommen i Lågen siste 95 år, i 1938, er den eneste av enkeltårenes maksimale flom som har opptrådt om høsten (overgangen sommer/høst). Vårflommer er dominerende i vassdraget.

Tabell 6. De fem største observerte døgnmiddelflommer ved Eide i perioden 1985-2011, ved Harpefoss i perioden 1979-2011 og ved Losna i perioden 1917-2011.

Observerte flommer ved Eide		Observerte flommer ved Harpefoss		Observerte flommer ved Losna	
Dato	Flomvannføring (m ³ /s)	Dato	Flomvannføring (m ³ /s)	Dato	Flomvannføring (m ³ /s)
11.6.2011	2335	11.6.2011	2468*	2.9.1938	2852
2.6.1995	1900	2.6.1995	2217	3.6.1995	2494
3.7.1997	1592	3.7.1997	1714	21.6.1939	2440
4.6.2008	1261	3.6.1984	1592	12.6.2011	2368
8.5.2004	1261	29.6.1989	1388	10.5.1934	2178

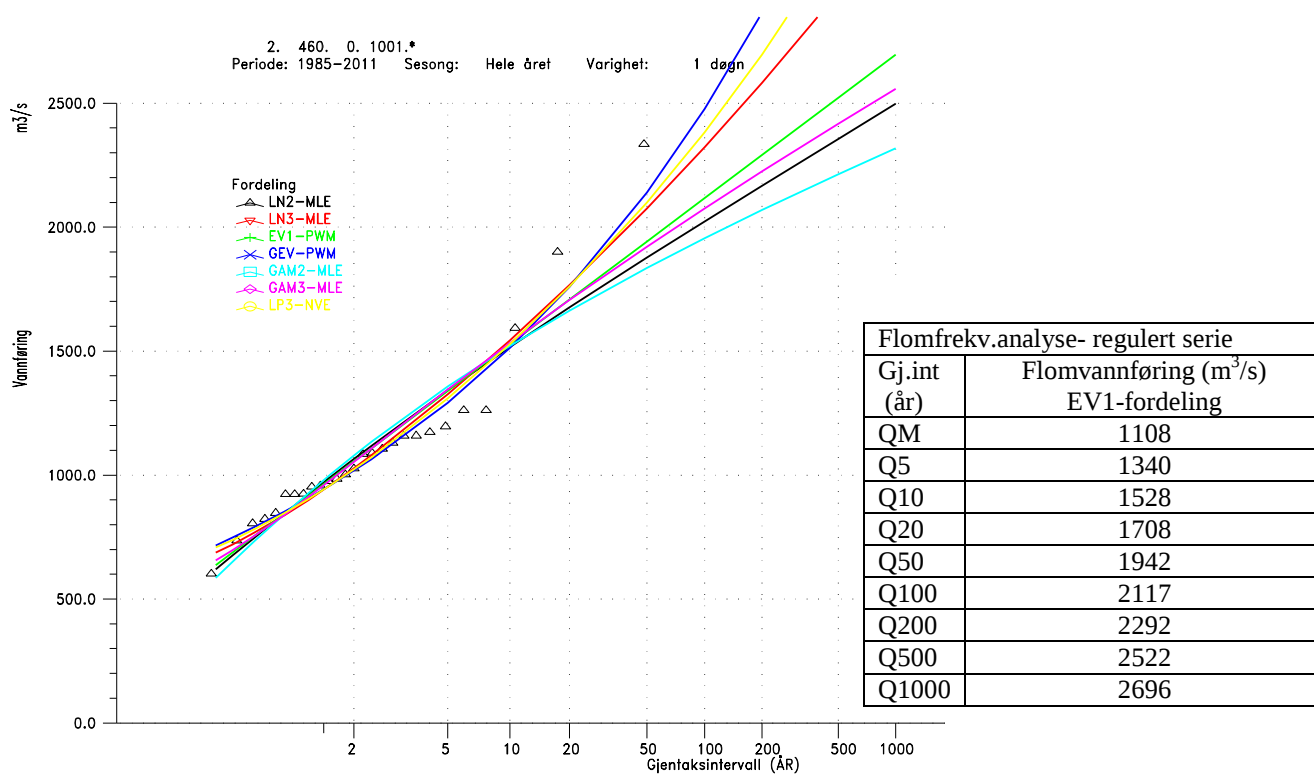
* beregnet pga feil registrering av forbitapping.

Det er utført flomfrekvensanalyse på årsflommer (døgnmidler) i Lågen ved Eide (7935 km²), ved Harpefoss (9620 km² - inkludert produksjon i Nedre Vinstra kraftverk) og ved Losna (11179 km²). Datagrunnlag er observert regulert avløp, beregnet naturlig avløp og tilsig i forskjellige årrekker. Resultatene fra flomfrekvensanalysene er i det følgende vist grafisk og tabellarisk. I flomfrekvensanalyser er beregning av middelflommen QM (gjennomsnittet av den største flommen hvert år) sentral, siden frekvensanalysen gir frekvensfaktorer for flommer med T-års gjentakintervall (QT) som et forholdstall til QM, for å kunne sammenligne frekvensanalysene regionalt. Flomfrekvensanalysene er utført ved hjelp av NVEs program Ekstrem i "Start-systemet". I frekvensanalysene er årsflommene tilpasset sju ulike fordelingsfunksjoner som alle er plottet grafisk i samme diagram. Den fordelingsfunksjonen som i hvert tilfelle visuelt synes best tilpasset de observerte flommene velges normalt som representativ. I disse beregningene er samme fordeling valgt i alle analysene. Årsaken til dette forklares nærmere.

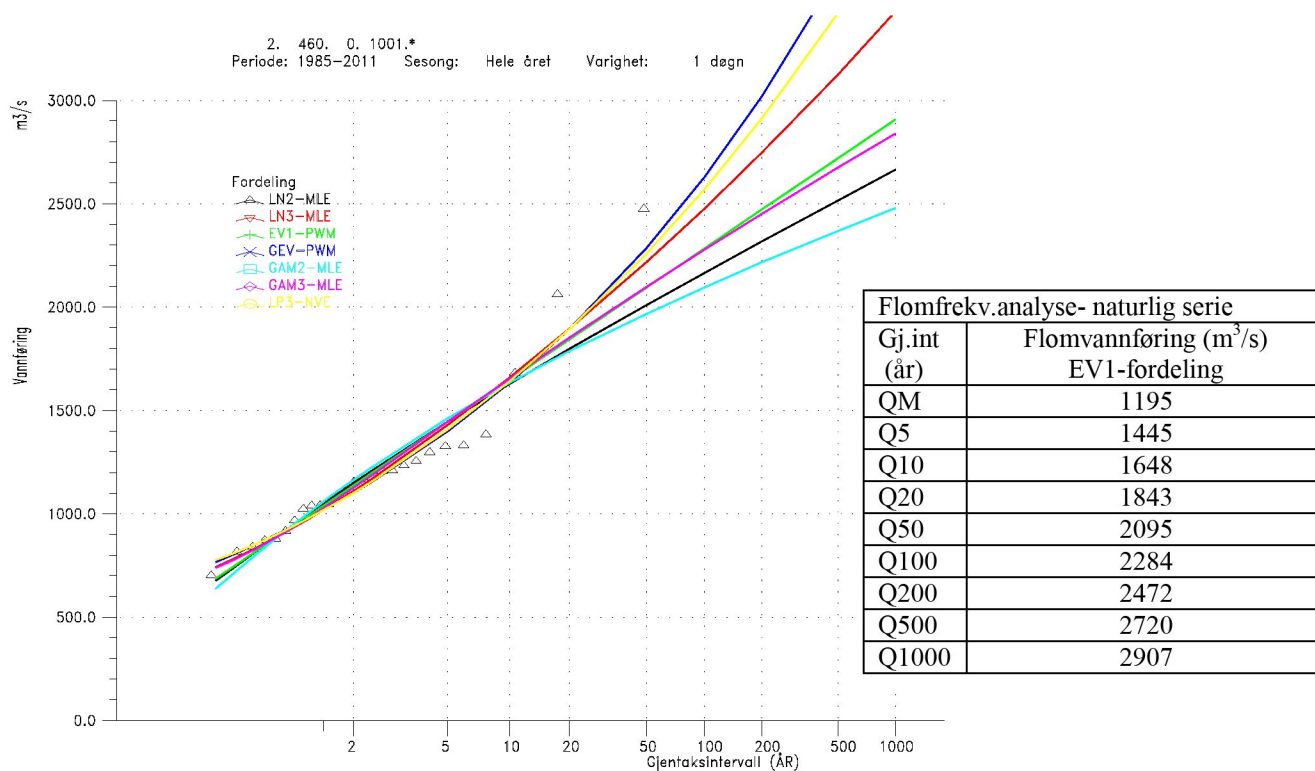
Flomstørrelser (døgnmidler) ved Eide

Middelflommen (QM) ved Eide og Kåja antas å være betydelig reguleringspåvirket, og er ved Eide beregnet til 1108 m³/s fra observert regulert serie i perioden 1985-2011. Flomfrekvensanalysen på den observerte regulerte serien ved Eide er brukt som representativ for flomforholdene som kan ventes i framtida i Lågen oppstrøms samløpet med Vinstra elv på lave og middels store gjentakintervall, der det antas at reguleringene har flomdempende effekt. Ved store gjentakintervall antas avrenningen i vassdraget som tidligere beskrevet å ha tilnærmet naturlig og uregulert karakter. Flomfrekvensanalysen på den beregnede naturlige serien, som tar hensyn til selvregulering, regnes derfor å være representativ for flomforholdene som kan ventes i framtida på store gjentakintervall. Det antas at magasinene mister sin flomdempende effekt fra 50-100 års gjentakintervall i Lågen, og at flommer med større gjentakintervall enn dette best beregnes med frekvensanalyse på den naturlige serien. Figur 9 og figur 10 viser flomfrekvensanalyse for dagens regulerte forhold og for naturlig serie der effekten av reguleringene er fjernet (selvreguleringseffekten er ivaretatt). Figur 11 viser plott av valgt frekvensfordeling for de to ulike seriene (grønn og blå), og den representative fordelingen (rød) som da er en kombinasjon av disse. I tabell 7 er de representative flomstørrelsene oppgitt. Observasjonsperioden ved Eide på 27 år er i korteste laget til frekvensanalyse på store flommer, og flomstørrelsene er usikre. Tross kort serie stemmer analysen godt overens med analyse på lengre regulerte serier (1955-2011) ved Harpefoss og Losna. Dette blir nærmere belyst senere i rapporten (s 19).

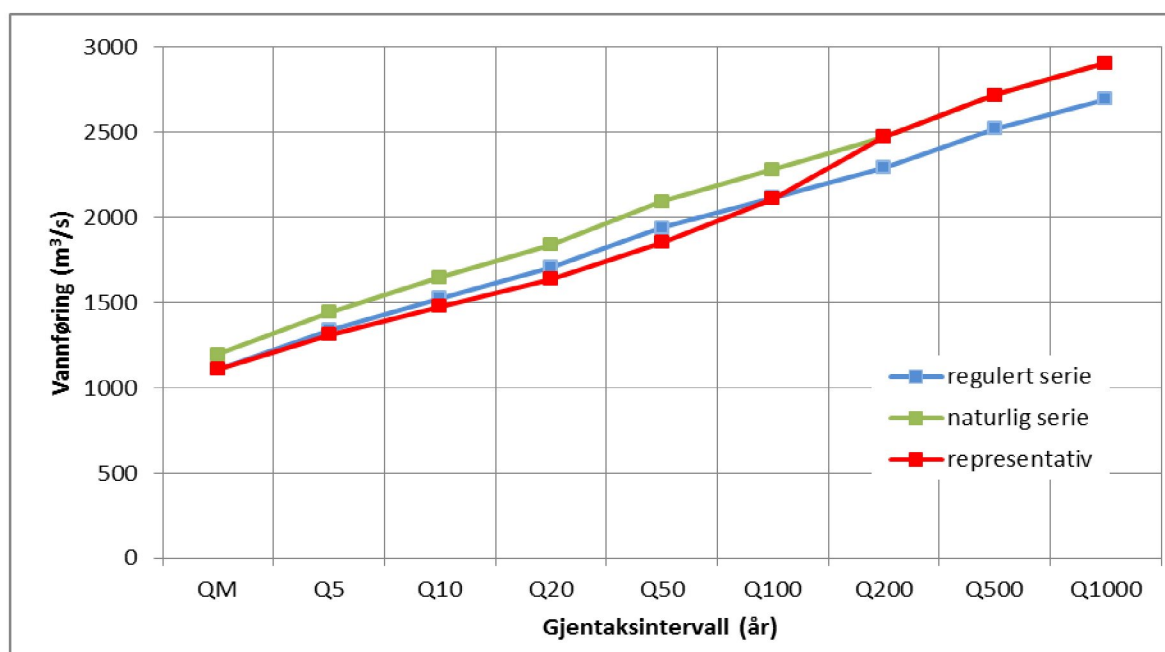
I tabell 6 fremgår det at den største ”regulerte” flommen ved Eide (2011-flommen 2335 m³/s) er 435 m³/s større enn den nest største (1995-flommen 1900 m³/s), og den nest største flommen er 310 m³/s større enn den tredje største flommen. Plotteposisjonsformelen som benyttes i frekvensanalysen gjør at ”outliere”, verdier som har et annet gjentakintervall enn hva observasjonsperiodens lengde tilsier, plottes med for lite gjentakintervall, og gir stor usikkerhet i valget av frekvensfordeling. Dette antas å være tilfellet for 2011-, 1995- og 1997-flommen (de tre største flommene i figur 9 og 10), og skaper usikkerhet i valg av frekvensfordeling da disse spriker på store gjentakintervall. Det samme er tilfellet for de største flommene ved Losna. Problemet med ”outliere” er gjennomgående i frekvensanalysene i dette området. Derfor er samme frekvensfordeling benyttet i alle frekvensanalysene (Gumbel EV1-fordelingen). Det fremgår av plottene i figur 9 og 10 at når frekvenskurvene tvinges opp pga. outliere har dette virkning helt ned på de lavere gjentakintervall (5-10 år) ved at flomstørrelsene overestimeres. For å få konsistens i beregningene, og sett i sammenheng med flombidrag fra Vinstraelv ved ulike gjentakintervall, er flomstørrelsene ved Eide fratrasket 30-90 m³/s jevnt økende ved 5-100 års gjentakintervall slik det framgår av tabell 7.



Figur 9. Flomfrekvensanalyse ved Eide på årsflommer (døgnmidler) for dagens regulerte vannføringsserie 1985-2011.



Figur 10. Flomfrekvensanalyse ved Eide på årsflommer (døgnmidler) for beregnet naturlig vannføring.



Figur 11. Flomstørrelser ved Eide på årsflommer (døgnmidler) for beregnet naturlig vannføringsserie 1985-2011, for observert avløpsserie 1985-2011 og for representative flomstørrelser avhengig av reguleringenens påvirkning.

Tabell 7. Representative flomstørrelser i Lågen ved Eide, basert på flomfrekvensanalyse på årsflommer (døgnmidler) på regulerte og naturlige flomstørrelser i perioden 1985-2011.

	Periode	Ant. år	QM (l/s*km ²)	QM (m ³ /s)	Q5 (m ³ /s)	Q10 (m ³ /s)	Q20 (m ³ /s)	Q50 (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)	Q200 (m ³ /s)	Q500 (m ³ /s)	Q1000 (m ³ /s)
Eide regulert	85-11	27	142	1108	1340	1528	1709	1942	2117	2291	2522	2696
Q/QM					1.21	1.38	1.54	1.75	1.91	2.07	2.28	2.43
Eide naturlig	85-11	27	153	1195	1445	1648	1841	2094	2282	2471	2719	2906
Q/QM					1.21	1.38	1.54	1.75	1.91	2.07	2.28	2.43
Reduksjon					30	50	70	90	90	0	0	0
Eide repr.			142	1108	1310	1478	1639	1852	2110	2471	2719	2906

Vannføringskurvene både ved Eide og Losna antas å være godt oppmålt på store vannføringer.

Flomberegningen for Eide er usikker pga kort observasjonsperiode. Flomstørrelsene ved Eide er heller ikke direkte representative for flomforholdene ved Kåja. Spesielt ved flommer med store gjentakintervall må det antas at magasinene i Vinstravassdraget overgår sin kapasitet slik at det blir overløp ved Olstappen og flomtilsig ned i Vinstra elv. I flomanalysen for Kåja må det derfor beregnes et vesentlig bidrag fra Vinstravassdraget ved store gjentakintervall. Siden Kåja kraftverk blir et elvekraftverk med slukeevne på 320 m³/s er det imidlertid lite sannsynlig at kraftverket vil kunne nytte noe av dette flomtilsiget.

Flomstørrelser (døgnmidler) ved Kåja og flombidrag fra Vinstra elv

Middelflommen (QM) ved Kåja antas å være betydelig reguleringspåvirket, og bør også beregnes fra observert regulert serie etter siste større regulering. I tabell 8 presenteres beregnet middelflom for serier i nærheten av Kåja for ulike perioder.

Tabell 8. Reguleringspåvirket middelflom ved Kåja

QM regulerings-påvirket	Nedbørfelt (km ²)	Periode	Ant. år	QM (l/s*km ²)	QM (m ³ /s)
Eide avløp	7935	85-11	27	142	1108
Harpefoss avløp	9620	35-11	77	131	1244
Harpefoss avløp		55-11	57	125	1194
Harpefoss avløp		79-11	33	130	1236
Losna avløp	11179	35-11	77	115	1288
Losna avløp		55-11	57	112	1258
Losna avløp		79-11	33	114	1277
Kåja	9548			122	1145

I vurderingsgrunnlaget for middelflom ved Kåja inngår dataserier både for Eide, Harpefoss og Losna. Dataserien for Harpefoss og Losna inkluderer avløpet fra Nedre Vinstra kraftverk. Det er knyttet usikkerhet til avløpsserien ved Harpefoss siden denne er en sammensatt serie av både beregnede og målte data med ulik kvalitet. Den er sammensatt av målt serie fra vannmerke 2.224 Harpefoss (data fra NVE) i perioden 1933-1960, beregnet serie fra nabostasjoner (halv vekt på Losna fratrasket lokaltilsig opp til Harpefoss og halv vekt på summert vannføring fra Lalm, Rosten, Sjoa, Vinstra og lokaltilsig) i perioden 1961-1977, og summert driftsvannføring (virkningsgradskurve i kraftverk) og forbitapping (beregnet fra dammens lukeposisjoner) i

perioden 1978-2011. Ved middelflom antas at vannet i reguleringsystemet i Vinstradelen fraføres gjennom Nedre Vinstra kraftverk med produksjonskapasitet inntil $85 \text{ m}^3/\text{s}$ og med utløp nedstrøms Kåja. Således er middelflommen en god del lavere ved Kåja enn ved Harpefoss rett nedstrøms. Det framgår av tabell 8 at middelflommen beregnet både ved Harpefoss og Losna er mindre for siste 57-års periode enn for siste 77-års periode. Dette skyldes økt reguleringsgrad, mange av reguleringsmagasinene ble iverksatt på 1950-tallet, som har medført større demping av middelflommen. Siste 33-års periode har vært fuktigere, og klimautviklingen antyder fuktig vær i framtida. På bakgrunn av dette antas middelflom beregnet for siste 25-30-års periode å være mest representativ for middelflom ved Kåja i framtida. Lokalfeltets (Eide til Kåja) bidrag til middelflommen er vurdert ved skalering av middelflommen beregnet for Frya og Espedalsvatn i perioden 1988-2011 (observasjonsperiodens lengde ved Frya), som ga bidrag på hhv. $32 \text{ m}^3/\text{s}$ (1995-flommen ikke inkludert) og $35 \text{ m}^3/\text{s}$. Middelflommen ved Kåja er således Eides middelflom tillagt $35 \text{ m}^3/\text{s}$, og avrundet til $1145 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ved beregning av flomstørrelser på store gjentakintervall, der flommene antas å være upåvirket av reguleringene i vassdraget, vil flomstørrelsene bli underestimert om den reguleringspåvirkede middelflommen benyttes ved oppskalering med frekvensfaktorene i frekvensanalysen. Middelflomstørrelser ved uregulert tilstand er derfor beregnet for tilsigsserier ved Harpefoss og Losna (tabell 9). Tilsigsserier vil overestimere flomstørrelser siden selvreguleringseffekten i magasiner/sjøer fjernes. Tilsigsflommene i tabell 9 må derfor reduseres med en antatt grad av selvregulering. Vårflommer er dominerende, og på våren er de fleste magasiner nedtappet. Jo tidligere vårflommen inntreffer, jo flere magasin bidrar til å dempe flommen. Aursjø, Raudalsvatn, Bygdin og Vinsteren er magasiner som helt klart vil bidra med demping ved vårflommer. Disse magasinene har et samlet nedslagsfelt på 845 km^2 , som utgjør ca 9 % av Kåjas nedbørfelt. Ved tidlige vårflommer vil også andre magasiner som Kaldfjorden og Tesse, bidra til demping. Det antas at tilsigsvårflommene ved Kåja dempes med 10 %. Etter samme resonnement som for reguleringspåvirket middelflom bør siste 30-års periode benyttes. Det framgår av tabell 9 at naturlig middelflom beregnet for dataserien ved Harpefoss for siste 30-års periode er større enn for lengre tidsperioder bakover i tid. Det samme er tilfellet ved Losna, men med litt mindre variasjon. Forskjellen i naturlig middelflom siste 30 år på kun vel $20 \text{ m}^3/\text{s}$ mellom Harpefoss og Losna virker lite, i de andre periodene er forskjellen $40\text{-}50 \text{ m}^3/\text{s}$. Det antas at dette også er tilfellet siste 30 år, og naturlig middelflom ved Kåja antas å være $1330 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tabell 9. Ikke-reguleringspåvirket (naturlig) middelflom ved Kåja

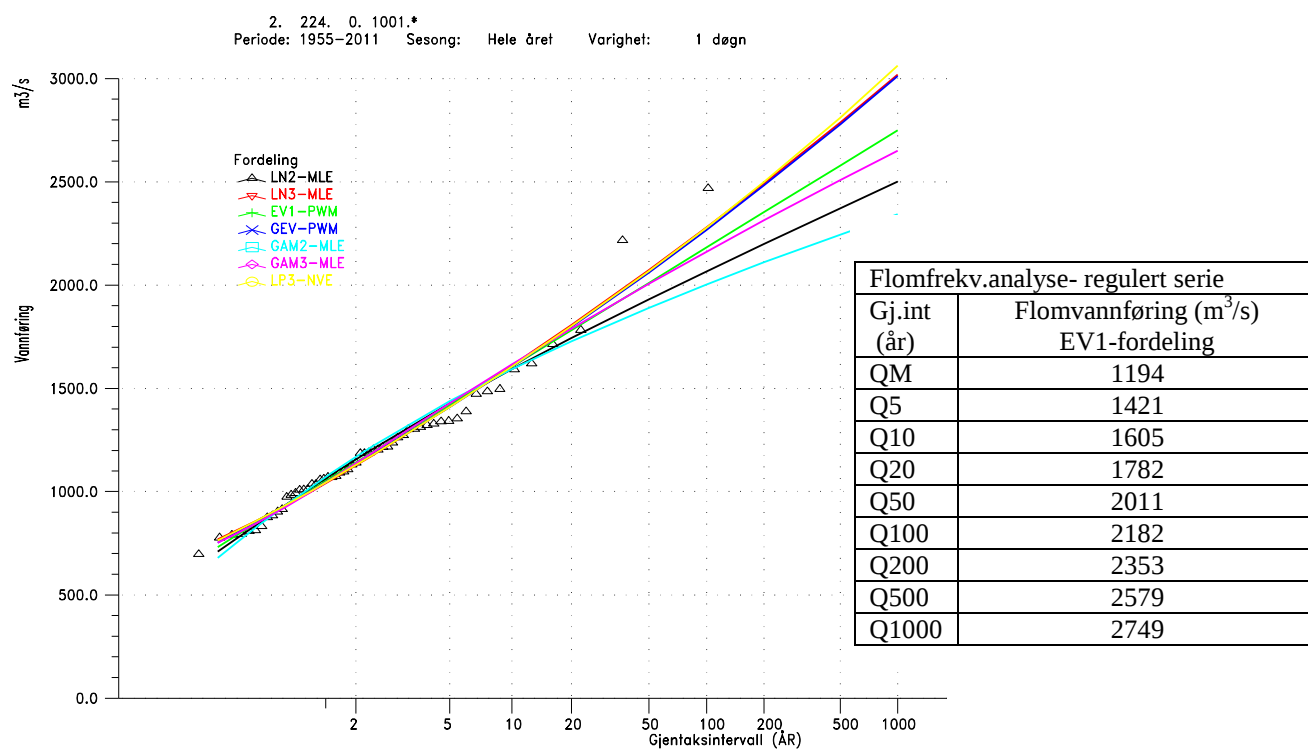
QM ikke-regulerings- påvirket (naturlig)	Periode	Ant. år	QM ($\text{l/s} \cdot \text{km}^2$)	QM (m^3/s)	QM-10% (m^3/s)
Harpefoss tilsig	35-11	77	150	1433	1290
Harpefoss tilsig	55-11	57	149	1424	1282
Harpefoss tilsig	79-11	33	157	1495	1346
Losna tilsig	35-11	77	132	1476	1328
Losna tilsig	55-11	57	132	1482	1334
Losna tilsig	79-11	33	136	1521	1369
Kåja					1330

Både ved Harpefoss og Losna finnes observerte tidsserier for regulert avløp og beregnede tilsigsserier for uregulert avløp. Ved å forfølge resonnementet tidligere, om at tilsiget ved store flommer forløper naturlig, burde det vært beregnet en naturlig uregulert vannføringsserie som ivaretar selvregulering i nedbørfeltet for Kåja/Harpefoss og inkluderer uregulert tilsig fra

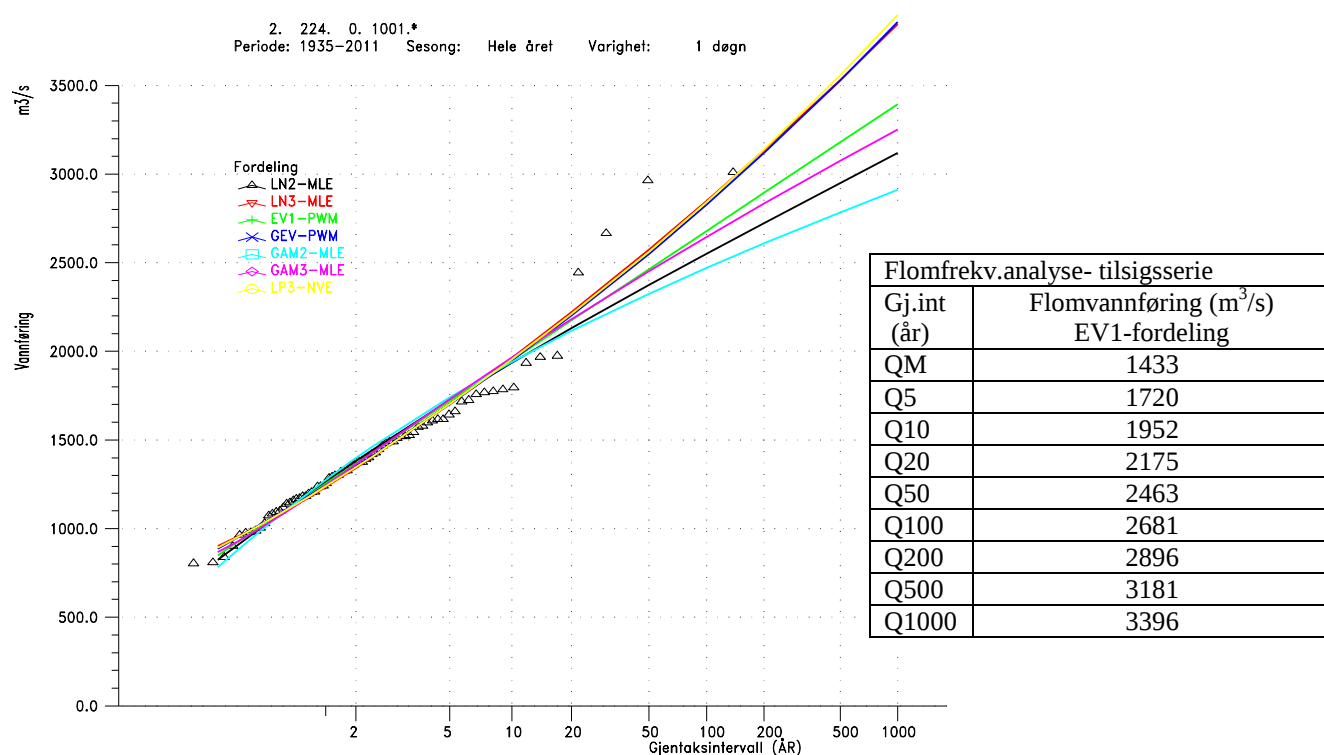
Vinstradelen, og benyttet denne til flomanalyse. Siden Vinstravassdraget inkluderer mange magasiner, er dette omfattende. Da det eksisterer tilsigsserier ved Losna og Harpefoss benyttes disse i beregningene. Figur 12 og figur 13 viser flomfrekvensanalyse for Harpefoss for dagens regulerte forhold og for tilsigsserie, der både effekten av reguleringene og selvreguleringseffekten er fjernet. Resultatet av frekvensanalysene er også vist i tabell 10 sammen med frekvensanalyser for andre perioder og serier. Flomstørrelsene som antas representative for Kåja er vist nederst i tabellen. Frekvensanalysene er basert på årsflommer, og i all hovedsak er det da vårflommer som inngår i beregningene siden disse er dominerende i vassdraget. I løpet av siste 77-års periode er det kun én årsflom, i 1938, som har forekommet om høsten, og dette er den største flommen som er observert i perioden. Det er usikkert hvorvidt denne flommen bør inngå i analysegrunnlaget, siden høst- og vårflommer statistisk bør analyseres separat. I NVEs høringsutkast til retningslinjer for flomberegninger (til § 5-7 i forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg) anbefales å utføre frekvensanalyse uten sesonginndeling hvis dataserien inneholder kun noen få store høstflommer. Det er valgt å la denne flommen inngå i analysegrunnlaget, og frekvensanalysen blir ikke vesentlig forskjellig om denne flommen tas ut av grunnlaget.

Frekvensanalysen ved Eide, både på observert avløpsserie og den beregnede naturlige serien, er usikker da den er basert på en kort årrekke (27 år) i denne sammenheng. Frekvensfaktorene (Q/QM) på avløpsserien stemmer imidlertid godt overens med tilsvarende på avløpsserien ved Harpefoss i nær samme 30-års periode (1979-2011), og det er grunn til å anta det samme er tilfellet for den lengre perioden (1955-11) etter at reguleringene kom til. Analysen på Harpefoss for siste 57-års periode antas å være representativ for flomforholdene ved Kåja på de lavere gjentakintervall opp til 50-100 årsflom der det antas at reguleringene har flomdempende virkning. På større gjentakintervall, der reguleringene ikke har samme flomdempende virkning, bør tilsigsserien ved Harpefoss være egnet til å beskrive flomforhold ved Kåja. Frekvensfaktorene beregnet fra denne tilsigsserien stemmer godt overens med faktorene beregnet for tilsigsserien ved Losna i samme periode (1935-2011). Det er dermed grunn til å anta at frekvensanalysen ved Harpefoss gir gode estimat for flomforhold og variabilitet. Valgte frekvensfaktorer for Kåja er vist i tabell 10 sammen med resulterende flomstørrelser. Figur 14 viser plott av valgt frekvensfordeling for de to ulike seriene (grønn og blå), og den representative fordelingen (rød) som da er en kombinasjon av disse.

Det er usikkerhet i disse beregningene knyttet til spredning i frekvensfordelingene ved store gjentakintervall og valg av fordeling. Figur 12 og 13 viser at ved flommer større enn 20-års gjentakintervall er det gradvis større spredning i frekvensfordelingene, og at de største flommene er "outliere" i forhold til kurvene. For tilsigsserien er det en spredning på ca 1000 m³/s for 1000-årsflommen. Stor spredning skyldes at de tre største årsflommene er mye større enn majoriteten av flommer, og således tvinger enkelte av fordelingsfunksjonene i retning av store flomstørrelser ved økende gjentakintervall. For alle seriene og periodene som inngår i analysen i tabell 10 er det stor spredning på frekvensfordelingene. For at seriene skal bli sammenlignbare er det valgt å benytte samme frekvensfordeling for alle seriene. Gumbelfordelingen (EV1), to-parameterfordeling som NVE anbefaler for serier med årrekke 30-50 år og kan brukes for serier med flere år, er valgt, og gir i de fleste tilfeller en midlere fordeling blant de fordelingene som gir store flomstørrelser. For sammenligningsgrunnlag med den usikre dataserien ved Harpefoss er det utført frekvensanalyse for de samme periodene for dataserien fra Losna, som anses som et godt vannmerke med lang observasjonsperiode.



Figur 12. Flomfrekvensanalyse ved Harpefoss på årsflommer (døgnmidler) for regulert vannføringsserie 1955-2011.

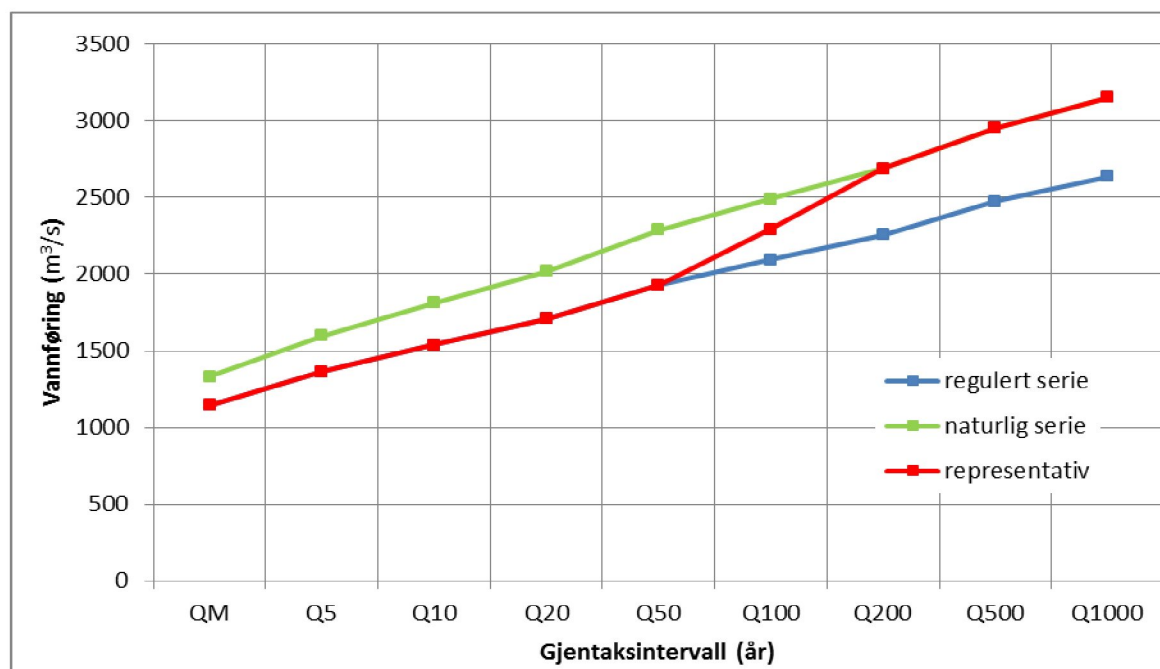


Figur 13. Flomfrekvensanalyse ved Harpefoss på årsflommer (døgnmidler) for beregnet tilsigsserie 1935-2011. Effekten av reguleringene og selvreguleringseffekten er fjernet.

Tabell 10. Flomfrekvenser i Lågen ved Harpefoss og Losna, basert på analyse av årsflommer (døgnmidler) på observerte regulerte avløpsserier og beregnede tilsigsserier i ulike perioder.

	Periode	Ant. år	QM (l/s*km ²)	QM (m ³ /s)	Q5 (m ³ /s)	Q10 (m ³ /s)	Q20 (m ³ /s)	Q50 (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)	Q200 (m ³ /s)	Q500 (m ³ /s)	Q1000 (m ³ /s)
Harpefoss avløp	35-11	77	131	1244	1510	1727	1934	2203	2405	2606	2871	3071
Q/QM (EV1-Gumbel)					1.21	1.39	1.56	1.77	1.93	2.10	2.31	2.47
Harpefoss avløp	55-11	57	125	1194	1421	1605	1781	2011	2183	2353	2579	2750
Q/QM (EV1-Gumbel)					1.19	1.34	1.49	1.68	1.83	1.97	2.16	2.30
Harpefoss avløp	79-11	33	130	1236	1472	1665	1849	2088	2267	2445	2681	2858
Q/QM (EV1-Gumbel)					1.19	1.35	1.50	1.69	1.83	1.98	2.17	2.31
Harpefoss tilsig	35-11	77	150	1413	1433	1720	1952	2175	2463	2681	2896	3181
Q/QM (EV1-Gumbel)					1.20	1.36	1.52	1.72	1.87	2.02	2.22	2.37
Losna avløp	35-11	77	115	1288	1557	1777	1987	2260	2464	2667	2937	3139
Q/QM (EV1-Gumbel)					1.21	1.38	1.54	1.76	1.91	2.07	2.28	2.44
Losna avløp	55-11	57	112	1258	1506	1707	1901	2151	2339	2525	2771	2959
Q/QM (EV1-Gumbel)					1.20	1.36	1.51	1.71	1.86	2.01	2.20	2.35
Losna avløp	79-11	33	114	1277	1535	1744	1945	2204	2399	2594	2849	3043
Q/QM (EV1-Gumbel)					1.20	1.37	1.52	1.73	1.88	2.03	2.23	2.38
Losna tilsig	35-11	77	130	1476	1770	2007	2236	2533	2754	2976	3268	3488
Q/QM (EV1-Gumbel)					1.20	1.37	1.52	1.73	1.88	2.03	2.23	2.38
Kåja regulert			120	1145	1363	1539	1708	1928	2093	-	-	-
Kåja ikke-regulert			140	1330	-	-	-	-	2488	2688	2953	3152
Kåja			120	1145	1363	1539	1708	1928	2291	2688	2953	3152
Lokaltilsig/bidrag Vinstraelv*				37	53	61	70	76	181	217	234	246

*Tallene for lokalfelt/Vinstraelv angir ikke flomstørrelser i Vinstraelv med gjentakintervall tilsvarende kolonneoverskriftene, men representerer bidrag fra Vinstraelv ved respektive gjentakintervaller i Lågen.



Figur 14. Flomstørrelser ved Kåja på årsflommer (døgnmidler) for naturlige flomforhold, regulerte flomforhold og for representative flomstørrelser avhengig av reguleringenes påvirkning.

Bidrag fra lokalfelt/Vinstraelv ved ulike flomstørrelser framgår også av tabell 10 og synes konsistent ved at det øker med økende gjentakintervall. Bidraget øker vesentlig først ved 100-års gjentakintervall, og virker rimelig ut fra tidligere resonnement om at reguleringene mister sin flomdempende effekt ved store gjentakintervall. Bidraget er beregnet ved en antagelse om at flommen i Lågen har samme gjentakintervall oppstrøms og nedstrøms samløpet fra Vinstraelv, og utgjør differansen mellom beregnede flomstørrelsene ved Kåja (tabell 10) og beregnede flomstørrelser ved Eide (tabell 7) ved samme gjentakintervall. Det understrekes at tallene for Vinstraelv er bidrag fra Vinstra ved flom på de respektive gjentakintervallene i Lågen. Eksempelvis er $246 \text{ m}^3/\text{s}$ bidraget fra Vinstraelv ved en 1000-års flom i Lågen, men $246 \text{ m}^3/\text{s}$ er ikke representativt for en 1000-års flom i Vinstra (som isolert for Vinstra ved Olstappen er ca. $700 \text{ m}^3/\text{s}$). Det er altså ingen antagelse her om at 1000-årsflom i Lågen og 1000-årsflom fra Vinstra kulminerer samtidig ved Kåja, for da ville flomstørrelsene ved Kåja blitt større. Dette er en flomberegning for Kåja med det vi kan forvente av bidrag fra Vinstra ved de ulike gjentakintervallene. I beregningen av bidraget fra Vinstra elv understrekes det at det er gjort en antagelse om at flommen i Lågen har samme gjentakintervall oppstrøms og nedstrøms samløpet med Vinstra elv.

Tidligere flomberegninger for Kåja kraftverk, utført av Norconsult, datert 03.09.2009 (rev. 27.10.2009) gir 1000-års flom (dimensjonerende flom) på $2643 \text{ m}^3/\text{s}$, ca $500 \text{ m}^3/\text{s}$ lavere enn resultatene fremkommet i denne beregningen. 1000-års flommen ved Hunderfossen, rett nedenfor Losna, er her beregnet til $3164 \text{ m}^3/\text{s}$. Differensen til Harpefoss på $519 \text{ m}^3/\text{s}$ synes stor når man tar hensyn til lokalt bidrag, selvreguleringen i Losnavatn, og damping som følge av oversvømmelse mellom Ringebru og Losna. Norconsult anfører for Harpefoss i tabell 9 ut fra frekvensanalyse $302 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$ (basert på tilsigsserien for Losna) og ut fra regresjon 293-316 (lite-stort utvalg felt), og konkluderer i tabell 17 med $300 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$ som endelig valg av flomstørrelse. Det gir $2883 \text{ m}^3/\text{s}$ (Norconsult anfører litt høyere felt på $9611,5 \text{ km}^2$) og er vesentlig større enn anførte $2643 \text{ m}^3/\text{s}$ ($275 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$) i sammendraget.

Kulminasjonsvannføringer

Frekvensanalysene og flomstørrelsene presentert er utført på serier for døgnmiddelvannføring. Kulminasjonsvannføringen er større enn døgnmiddelvannføringen. I tidligere utførte flomberegninger (NVE-Dokument 4-2000: Flomberegning for Otta og Gudbrandsdalslågen) er det gjort en analyse av kulminasjonsvannføringen i Lågen bl.a sør for Otta, fortrinnsvis ved Eide, for flommer der det finnes finoppløselige data. Observerte forholdstall ved tre ulike flomepisoder er 3-4 %. Det er konkludert med at kulminasjonsvannføringen i Lågen mellom Otta og Losna er 4 % større enn døgnmiddelvannføringen. 1000-årsflommen ved Kåja kulminerer dermed på $3280 \text{ m}^3/\text{s}$.

2.7 Vanntemperatur, isforhold, lokalklima

Mulige endringer i temperatur- og isforhold på berørt strekning skal utredes, spesielt med tanke på isgang fare for oversvømmelse av bebyggelse i Vinstra sentrum som resultat. Det skal derfor legges vekt på å utrede om en utbygging kan bedre forholdene relatert til isgang. Andre lokalklimatiske forhold, som endringer i forekomst av frostrøyk og nattefrost, skal også utredes.

Døgnmiddel lufttemperatur i Fåvang (200 moh., ca 25 km sør for Vinstra) stiger normalt over 0°C i begynnelsen av april. I juli ligger middeltemperaturen rundt 16°C , før den synker igjen og når 0°C i slutten av oktober. Januar er normalt den kaldeste måneden med middeltemperatur på ca 11°C .

3 Grunnlag for manøvreringsreglementet

Ved manøvreringen skal det tas for øye at vassdragets naturlige flomvannføring nedenfor inntaksmagasinet så vidt mulig ikke økes.

Ved utfall i vinterperioden skal normal drift opprettes snarest mulig, og virkningen kartlegges og eventuelt varsles ved fare for skade ved høy vannstand.

Det skal til enhver tid slippes minst $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ i fiskepassasje i perioden 1.5.-30.9.

4 Beregning av kraftproduksjon

Produksjonsgrunnlaget er tilsig/avløp i perioden 1981-2010. GLB mener å ha de beste og mest representative dataserier på døgnbasis for denne årrekken. Serien på 30 år vurderes å være tilstrekkelig lang til at de viktigste hydrologiske episoder opptrer med tilstrekkelig variabilitet. Beregning av vannføring er utført på døgnbasis med et egenutviklet excel-basert system som fordeler vanntilgangen på driftsvannføring (maksimal/minimum slukeevne) og forbitapping. Det beregnes og legges til lokale bidrag som gir vannføringen ved det aktuelle interessepunktet ved inntaket for Kåja kraftverk.

Produksjonsberegningene/simuleringene håndterer oppstuvning i undervannet og tar hensyn til kraftverkets virkningsgrad.

4.1 Hoveddata for Kåja kraftverk

For Kåja kraftverk planlegges inntaksdam i Lågen ved Vinstra sentrum. Kraftstasjonen skal bygges i forlengelsen av dammen på vestsiden av elva. Dammen vil heve vannstanden oppstrøms med ca 8 meter. Nedstrøms vil vannstanden senkes med ca 6 meter.

For kraftverket planlegges to Kaplanturbiner med installasjon på henholdsvis 15 og 24 MW. Hoveddata for kraftverket er ellers gitt i tabell 11.

Tabell 11. Hoveddata for Kåja kraftverk

Kraftverk:		Kåja
Nedbørfelt*	km^2	8162
Middelvannføring (1981-2010)	m^3/s	190,7
Overvann, kote	moh	238,5 (alt 238)
Undervann, kote**	moh	223,9-224,8-226,4
Fallhøyde**	m	14,6-13,7-12,1
Maksimal slukeevne	m^3/s	320 (200+120)
Minimal slukeevne	m^3/s	15
Installert effekt	MW	39
Effekt ved slukeevne	MW	30,4
Antall aggregat	stk	2
Produksjon, sommer	GWh	95,8
Produksjon, vinter	GWh	44,8
Produksjon, årlig	GWh	140,6
Utbyggingskostnad (2011-kr)	mill. kr	775
Utbyggingspris	kr/kWh	5,51

* eksklusiv nedbørfelt til Nedre Vinstra kraftverk

** øvre kvartil, median og nedre kvartil i vannføringsstatistikken

4.2 Produksjonen i Kåja kraftverk

Mest aktuelle slukeevne for Kåja kraftverk er 320 m³/s. Minstevannføring for produksjon er 15 m³/s. Det regnes med at 0,5 m³/s går utenom kraftverket, gjennom en fiskepassasje, i sommermånedene (mai-september). Forbitapping i fiskepassasjen tilsvarer ca 0,1 GWh/år i tapt produksjon. Beregnet produksjon basert på vannføringsdata i perioden 1981-2010 er gjengitt i tabell 12. Til sammenligning vises beregnet produksjon for perioden 1961-1990. Før 1985 finnes det ikke data for Eide vannmerke og beregningen er gjort ved bruk av observert vannføring fra Losna fratrasket skalert lokaltilsig beregnet ved bruk av vannføringsdata fra Lalm, Rosten, Losna og Olstappen. Produksjon og vannføring er henholdsvis 2 og 5 % lavere i perioden 1961-1990 enn i perioden 1981-2010. Produksjon i tørt (1986), middels (1992) og vått år (2007) er også vist i tabell 12. Beregningen er gjort ved bruk av 238,50 moh som nivå på overvannet. Ved å senke overvannet til 238,00 moh reduseres produksjonen med 5,8 GWh/år (1981-2010). Reduksjonen fordeler seg på 4,2 GWh/år om sommeren og 1,6 GWh/år om vinteren.

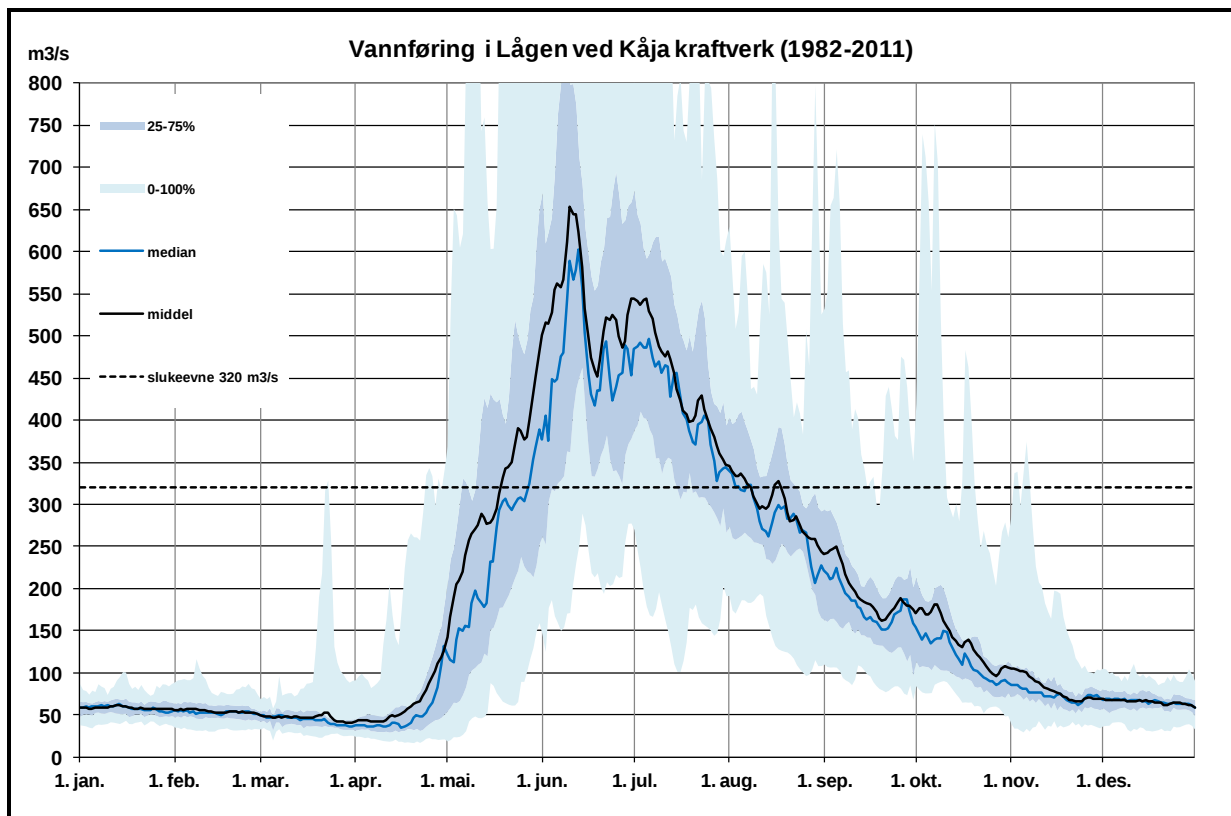
I produksjonsberegningen gir gjeldende vannføringskurve for undervannet et gjennomsnittlig nivå på 225,2 moh og mediant nivå på 224,8 moh (1981-2010). En heving av nivået på undervannskurven med 1 meter ville gitt en reduksjon i produksjonen på ca.11 GWh/år. Dette anslaget er omtrentlig da det ikke eksisterer alternativ vannføringskurve for undervannet til bruk i en slik beregning.

Tabell 12. Beregnet produksjon for Kåja kraftverk i ulike perioder med vannstand 238,50 moh på overvannet. Produksjon med overvann på 238,00 moh er vist i parentes. Årlig middelvannføring for Losna (observert) og for Kåja (beregnet) er vist for å dokumentere at forholdet mellom årlig middelvannføring i de to periodene er omtrent det samme for begge lokalitetene.

Periode	GWh/år	GWh/sommer	Andel	Vannf Losna	Vannf Kåja
1981-10	140,6 (134,8)	95,8 (91,6)	68,1 %	253 m ³ /s	191 m ³ /s
1961-90	137,9 (132,2)	92,8 (88,8)	67,3 %	243 m ³ /s	181 m ³ /s
1986	123,9 (118,9)	84,4 (80,8)	68,1 %	206 m ³ /s	149 m ³ /s
1992	137,5 (131,9)	96,0 (91,8)	69,8 %	245 m ³ /s	192 m ³ /s
2007	154,0 (147,6)	99,0 (94,6)	64,3 %	292 m ³ /s	230 m ³ /s

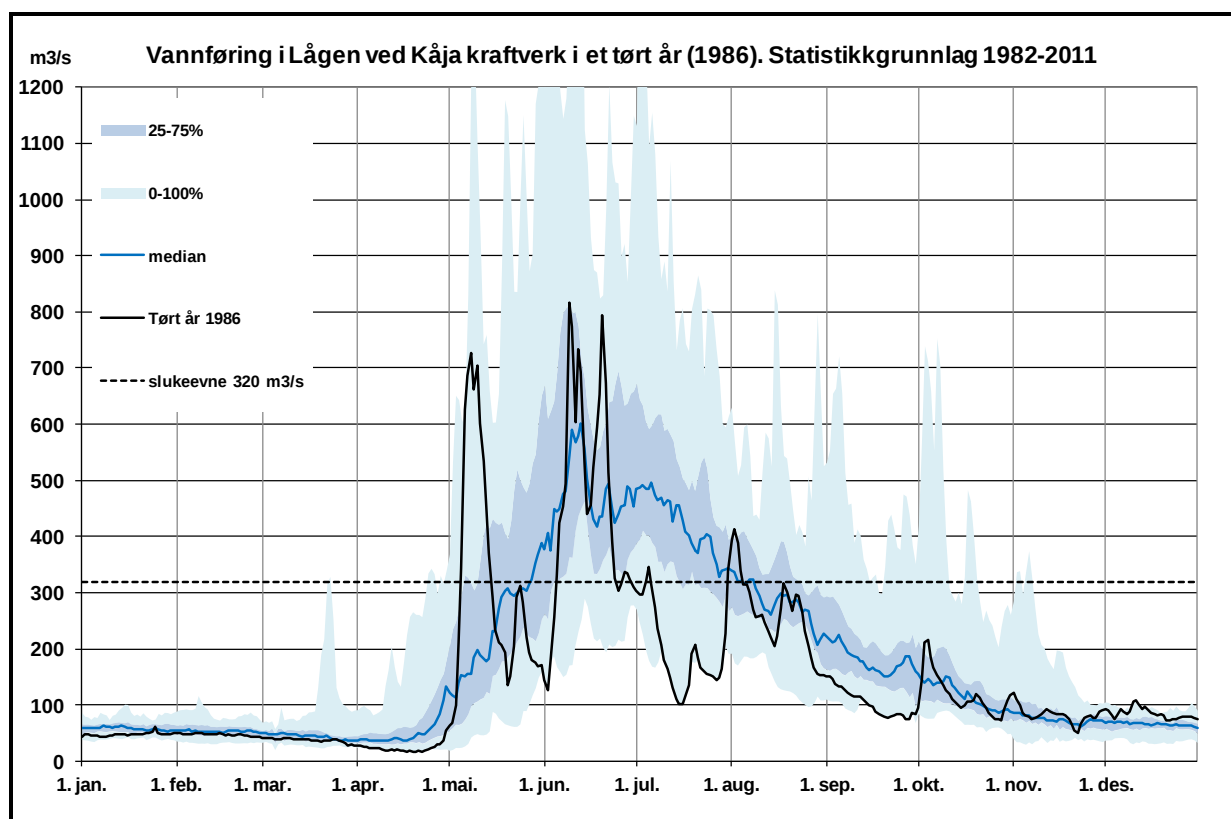
5 Vedlegg

5.1 Vedlegg A – Statistikk for vannføring i kurveform

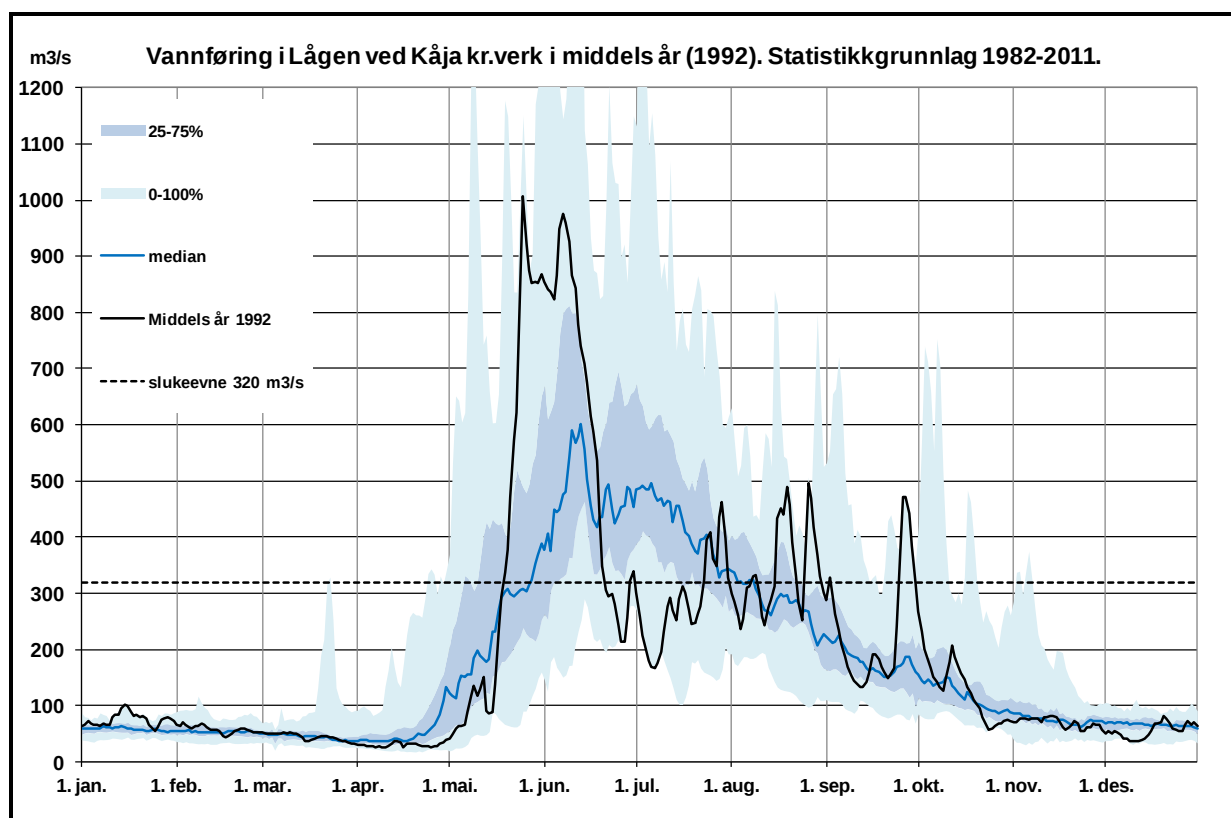


Figur A1. Statistikk (1982-2011) for vannføring i Lågen ved kraftverksinntak.

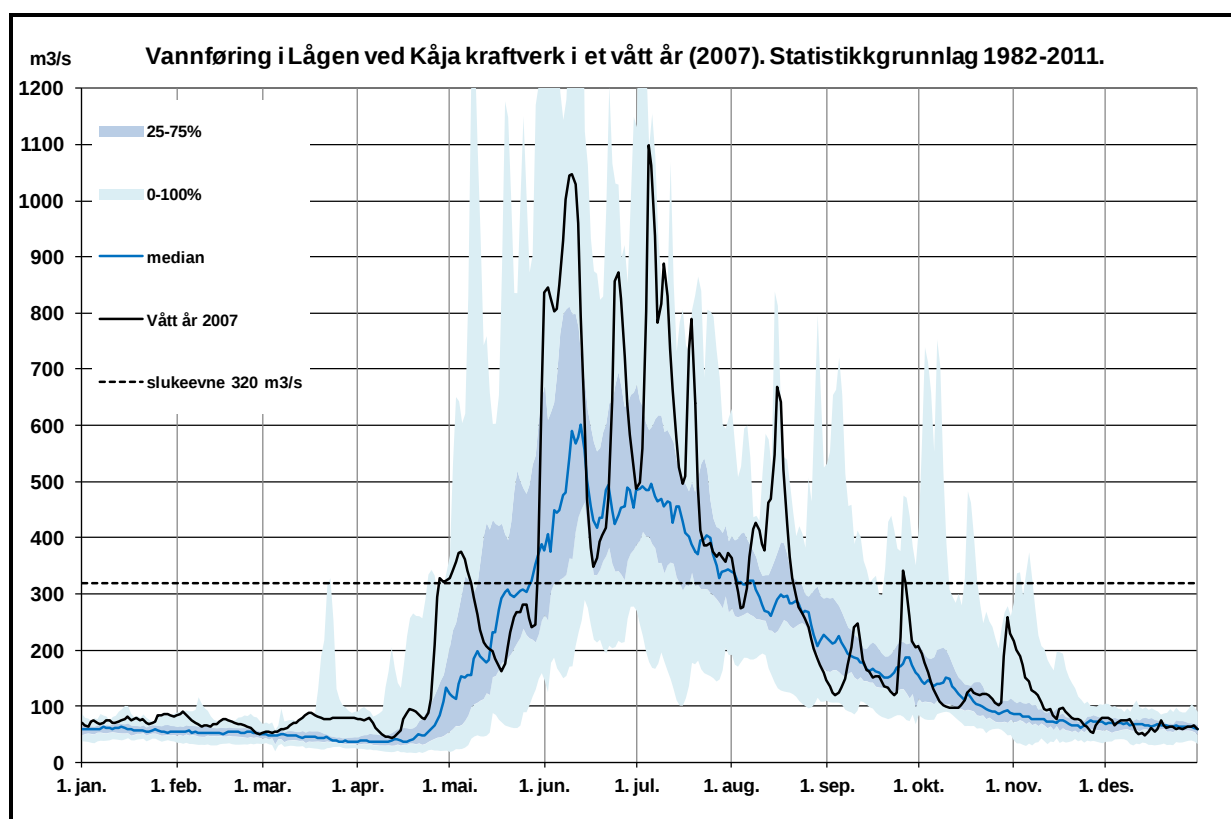
5.2 Vedlegg B - Vannføring i typiske år i kurveform



Figur B1. Vannføring i Lågen ved Kåja kraftverk i et tørt år, 1986, som er det 3. tørreste året i årrekken 1982-2011.

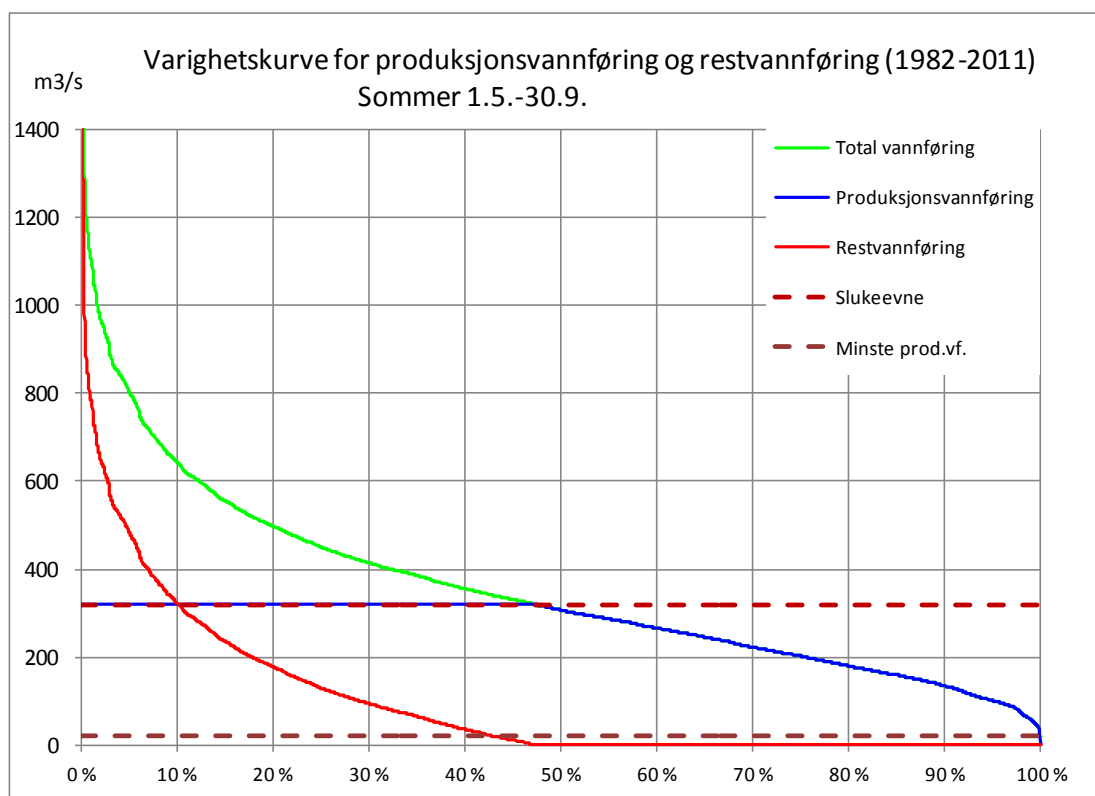


Figur B2. Vannføring i Lågen ved Kåja kraftverk i et middels år (1992)

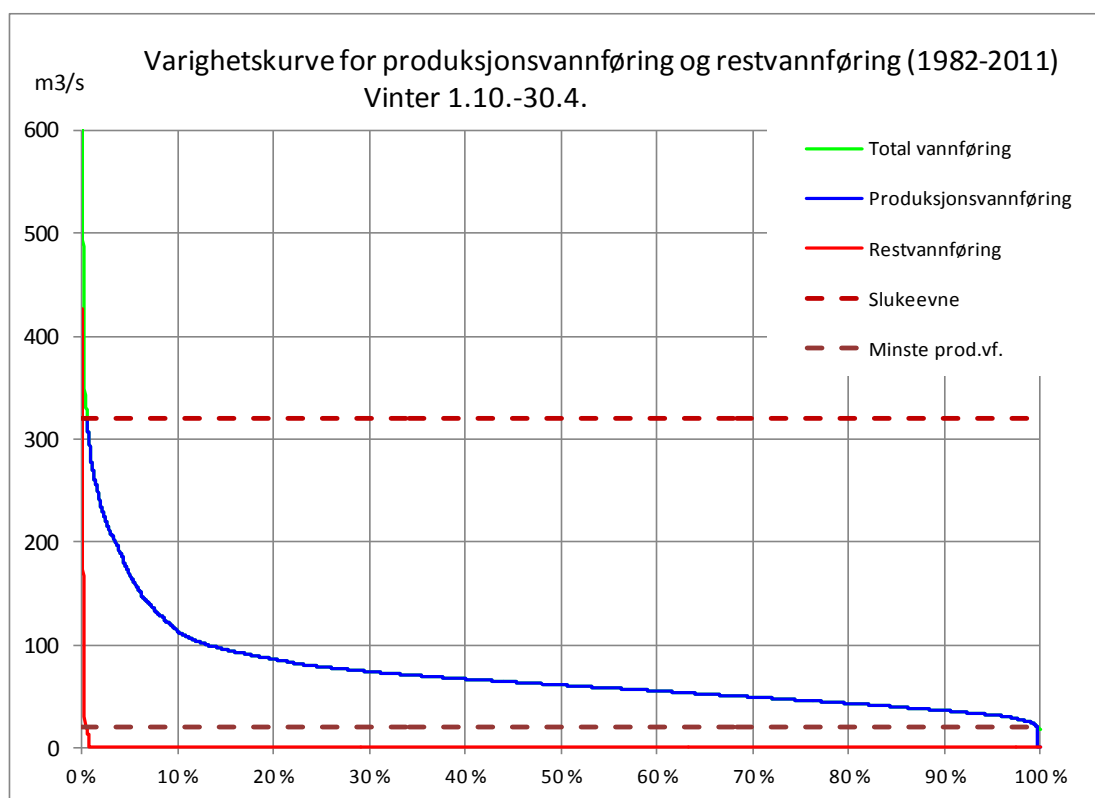


Figur B3. Vannføring i Lågen i et vått år, 2007, som er det 4. våteste året i årrekken 1982-2011.

5.3 Vedlegg C – Varighetskurver for sesonger



Figur C1. Varighetskurve mai-september (1982-11) for produksjons- og restvannføringene i Lågen ved Kåja kraftverk med 320 m³/s i slukeevne og 15 m³/s som nedre vannføring for produksjon.



Figur C2. Varighetskurve april-oktober (1982-2011) for produksjons- og restvannføringene i Lågen ved Kåja kraftverk med 320 m³/s i slukeevne og 15 m³/s som nedre vannføring for produksjon

5.4 Vedlegg D – Beregning av regulert vannføring i bestemmende år

For beregningen er det tatt utgangspunkt i beregnet regulert vannføring for kraftverkene Tessa, Skjåk og Øyberget. I tillegg inngår vannføring fra uregulert felt mellom kraftverkene og beregningspunktet Kåja.

Alminnelig lavvannføring for Nedre Otta (1) er $2,2 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ (feltareal 4145 km^2). Alminnelig lavvannføring for Øyberget (2) er $2,5 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ (feltareal 969 km^2). Alminnelig lavvannføring for Nedre Otta lokalfelt (fratrasket Øyberget) blir da ca $2,1 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$.

Alminnelig lavvannføring for uregulert felt til Kåja ($1,8 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$) er funnet som et arealvektet gjennomsnitt av alminnelig lavvannføring for Nedre Otta lokalfelt ($2,1 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$) og for Rosten ($1,4 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$). For Rosten (1848 km^2) er beregningen gjort på observerte data i perioden 1982-2011.

For den uregulerte serien på Rosten er median vannføring i bestemmende år 12 % større enn alminnelig lavvannføring.

Median lavvannføring i uregulert felt er derfor satt til alminnelig lavvannføring + 12 % for det uregulerte feltet.

Regulert vf best.år

Øyberget	$12,2 \text{ m}^3/\text{s}$	(2)
Skjåk	$1,3 \text{ m}^3/\text{s}$	(1)
Tessa	$6,0 \text{ m}^3/\text{s}$	(3)
Ureg lokalfelt	$12,2 \text{ m}^3/\text{s}$	(basert på alm lavf $1,8 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$, lokalfelt 6822 km^2)

Totalt $31,7 \text{ m}^3/\text{s}$

Regulert vf median år

Øyberget	$13,7 \text{ m}^3/\text{s}$	(2)
Skjåk	$1,3 \text{ m}^3/\text{s}$	(1)
Tessa	$6,4 \text{ m}^3/\text{s}$	(1)
Ureg lokalfelt	$13,7 \text{ m}^3/\text{s}$	(basert på median lavf $2,0 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$, lokalfelt 6822 km^2)

Totalt $35,1 \text{ m}^3/\text{s}$

- (1) NVE saksdokument 200500962-3. Beregning gjort i forbindelse med heving av overvannet på Eidefoss.
- (2) NVE saksdokument 200804692-2. Beregning av kraftgrunnlag for Framruste og Øyberget.
- (3) NVE saksdokument 201201085-2. Beregning av kraftgrunnlag for regulering av Tessa.

5.5 Vedlegg E - Beregning av NaturHK for Kåja kraftverk

Naturhk basert på regulert vannføring i medianår;

$$\begin{aligned} & 13,33 * Hbr-med * Qmed \\ = & 13,33 * 15,3 * 35,1 \\ = & 7159 \end{aligned}$$

Naturhk basert på økning i regulert vannføring for bestemmende år;

$$\begin{aligned} & 13,33 * Hbr-best * (Qbest - Qlav) \\ = & 13,33 * 15,4 * (31,7 - 13) \\ = & 3839 \end{aligned}$$

Hbr-med: brutto fallhøyde ved regulert vannføring i medianår

Hbr-best: brutto fallhøyde ved regulert vannføring i bestemmende år

Qmed: regulert vannføring i median år (1961-90)

Qbest: regulert vannføring i bestemmende år (1961-90)

Qlav: alminnelig lavvannføring for naturlig felt (1961-90)

Nivå for overvann er satt til 238,50 m.