
VEDLEGG 18- FLOMBEREGNING

Inntaksdam Palmafossen kraftverk

OPPDAGSGIVER

Voss Energi AS

EMNE

Flomberegning

DATO / REVISJON: 27. nov 2018 / 01

DOKUMENTKODE: 418873-RIVass-RAP-001



Foto: Inntaksdam Palmafossen / Multiconsult 2017

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Tredjepart har ikke rett til å anvende rapporten eller deler av denne uten Multiconsults skriftlige samtykke.

Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

01	27.11.2018	Vannføringskurve og flomvannstander inkludert i notatet	Ann Kristin Tuseth Kristine Lilleeng Walløe	Khalid Hadi Alsharifi	Geir Helge Kiplesund
00	11.06.2018	Flomløpsutforming ikke bestemt, beregning av vannstand for ulike lengder	Ann Kristin Tuseth	Mulugeta Zelelew	Geir Helge Kiplesund
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

01	27.11.2018	Vannføringskurve og flomvannstander inkludert i notatet	Ann Kristin Tuseth Kristine Lilleeng Walløe	Khalid Hadi Alsharifi	Geir Helge Kiplesund
00	11.06.2018	Flomløpsutforming ikke bestemt, beregning av vannstand for ulike lengder	Ann Kristin Tuseth	Mulugeta Zelelew	Geir Helge Kiplesund
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

RAPPORT

OPPDAG	Detaljprosjektering Palmafossen Kraftverk	DOKUMENTKODE	418873-RIVass-RAP-001
EMNE	Flomberegning Inntaksdam Palmafossen	TILGJENGELIGHET	Åpen
ANSVARLIG ENHET	3081 Midt Vannkraft	OPPDAGSLEDER	Khalid Alsharifi
OPPDAGSGIVER	Voss Energi AS	UTARBEIDET AV	Ann Kristin Tuseth
KONTAKTPERSON	Yngve Tranøy	FAGANSVARLIG	Geir Helge Kiplesund

SAMMENDRAG

Det er utført flomberegning for Inntaksdam Palmafossen kraftverk (foreslått klasse 1) i Voss kommune, Hordaland fylke.

Beregnete kulminasjonsverdier og vannstander er presentert i tabellen under.

Inntaksdam Palmafossen		Kulminasjons- vannføring (m ³ /s)	Vannstand (moh)	Flomstigning (m)
Dimensjonerende flom	Q ₅₀₀	997	81,6	3,0
Dimensjonerende flom inkl. klimapåslag 40 %	Q _{500,klima}	1396	82,38	3,78
Ulykkesflom	1,5 · Q ₅₀₀	1495	82,56	3,96

Beregningen er blitt utført ved hjelp av flomfrekvensanalyse for vannmerke 62.15 Kinne, som ligger like oppstrøms inntaksdammen. Siden datagrunnlaget fra målestasjonen er såpass godt er det ikke gjort beregning med andre metoder eller målestasjoner, men resultatene er sammenlignet med erfaringsverdier fra retningslinjene. Det anses ikke å være fare for tilstopping da overløpet er langt og flomvannstanden høy.

Det finnes ingen tidligere flomberegninger for inntaksdam Palmafossen, men NVE gjorde i 2015 en beregning for vassdraget.

For dette området er det forventet en økning i flomvannføringer. Anbefalt klimapåslag er 40 %.

Flomberegningen vurderes å være i klasse 1, jf. kapittel 8 i Retningslinjer for flomberegninger (NVE, 2011).

GODKJENT AV FAGANSVARLIG:



DATO: 27/11-2018

INNHOLDSFORTEGNELSE

Bibliografi	5
1 Innledning	6
2 Beskrivelse av felt og reguleringsanlegg	7
2.1 Vassdrag og nedbørfelt	7
2.2 Magasin og flomavledning	7
3 Flomfrekvensanalyse	10
3.1 Datagrunnlag	10
3.2 Flomhistorikk	11
3.3 Statistisk analyse	13
4 Evaluering av flomberegninger	14
4.1 Sammenligning av resultater	14
5 Klimaendringer	15
6 Konklusjon	15

Vedlegg

Vedlegg 2 Vannføringskurve VM 62.15 Kinne	16
Vedlegg 1 Hypsografisk kurve for inntaksdam Palmafossen	17
Vedlegg 3 Plott av fordelingsfunksjoner fra flomfrekvensanalyse	18

Bibliografi

NVE. (2005). *Retningslinjer for flomløp*. Oslo: Norges vassdrag og energidirektorat.

NVE. (2011). *Retninglinjer for flomberegninger*. Oslo: Norges vassdrag og energidirektorat.

NVE. (2015). *Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.

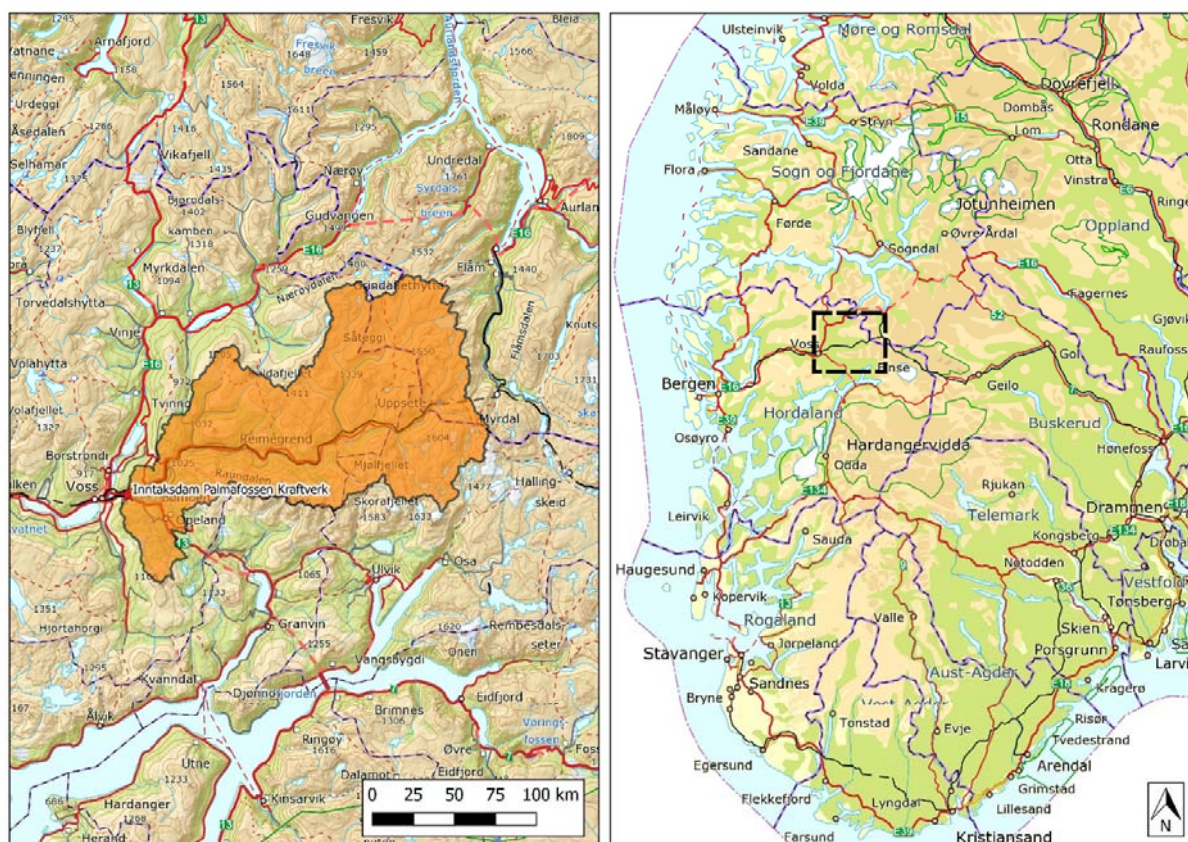
NVE. (2016). *Klimaendring og framtidige flommer i Norge*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.

SINTEF NHL. (1991). *Tilstopping av flomløp, samlerapport*. Trondheim.

1 Innledning

Det er utført flomberegninger for Inntaksdam Palmafossen kraftverk (foreslått konsekvensklasse 1) i Voss kommune, Hordaland fylke. Dammen er lokalisert ca. 4 km oppstrøms Vangsvatnet og Vossevangen, og fungerer i dag som inntaksdam for Palmafossen kraftverk. Kraftverket ble satt i drift i 1919, og det planlegges nå en opprusting der slukeevnen økes fra 3 m³/s til 30 m³/s. I den forbindelse skal det bygges ny inntaksdam like nedstrøms eksisterende dam. I forbindelse med detaljprosjekteringen har Multiconsult beregnet flomvannstand for ny dam.

Flomberegningene er utført etter gjeldende Retningslinjer for flomberegninger (NVE, 2011). Flomberegningen er utarbeidet av Ann Kristin Tuseth og kontrollert av Geir Helge Kiplesund, som er godkjent i fagområde IV og V for alle damklasser.



Figur 1-1: Oversiktskart

2 Beskrivelse av felt og reguleringsanlegg

2.1 Vassdrag og nedbørfelt

Palmafossen kraftverk ligger i Voss kommune like oppstrøms Vossevangen (se Figur 1-1). Fra inntaksdammen renner Raundalselvi sammen med Strandaelvi og danner Vosso like oppstrøms utløpet i Vangsvatnet.

Feltparametre for inntaksdam Palmafossen er beregnet i NVEs applikasjon NEVINA. Det er imidlertid benyttet et feltareal på 520,3 som er brukt av dameier tidligere i prosjektet. Vi gjorde en kontrollberegning av feltarealet i kartprogrammet QGIS, men fikk ca. 3-4 km² mindre feltareal enn NEVINA og NVE, årsakene til avvik er antakeligvis flere blant annet har NVE brukt kartesisk flateberegning mens vi har brukt arealet på ellipsoiden (WGS84).

Nedbørfeltet består stort sett av snaufjell, men ned mot inntaket er det mer vegetasjon. Feltet er relativt bratt og raskt da det ikke har noen store innsjøer samt lite vegetasjon. Tabellen under viser feltareal og årsavrenning for inntaksdam Palmafossen. NEVINA-rapport og hypsografisk kurve er vist i Vedlegg 2.

Tabell 2-1: Nedbørfelt

	Feltareal	Avrenning 61-90	Avrenning 61-90
	km ²	l/s/km ²	Mm ³ /år
Inntaksdam Palmafossen	520,3	60,7	996

2.2 Magasin og flomavledning

2.2.1 Magasin

Det er ikke planlagt noe reguleringsmagasin for Palmafossen kraftverk. Inntaksbassenget har minimal betydning for flomdempingen, og det er derfor ikke gjort noen ruting av flomforløpet.

2.2.2 Flomavledning

Dagens flomavledningskapasitet

I forbindelse med ombygging av kraftverket, er det også planlagt å forbedre flomavledningskapasiteten ved å utvide lengden på terskelen og gjøre den bedre hydraulisk utformet.

I dag skjer flomavledning over en bredkronet terskel med lengde ca. 42 meter. Høyden på terskelen varierer mellom kote 78,5 og 78,6. Ved stor vannføring vil det også renne vann over en vegg sør for hoveddammen. Det er antatt at denne ligger på kote 79,6 og har en lengde på 25 meter.

Den nordlige delen av dammen, der inntaket er i dag, ser ut til å ligge på kote 80,8 og er målt til en lengde på 12 meter. HRV etter reguleringskonsesjonen er imidlertid på kote 78,6.

Ved beregning av flomavledningskapasitet er C-koeffisient satt til 1,6 for hovedløpet, til 1,8 for veggen i sør og for 1,4 for damdelen i nord.

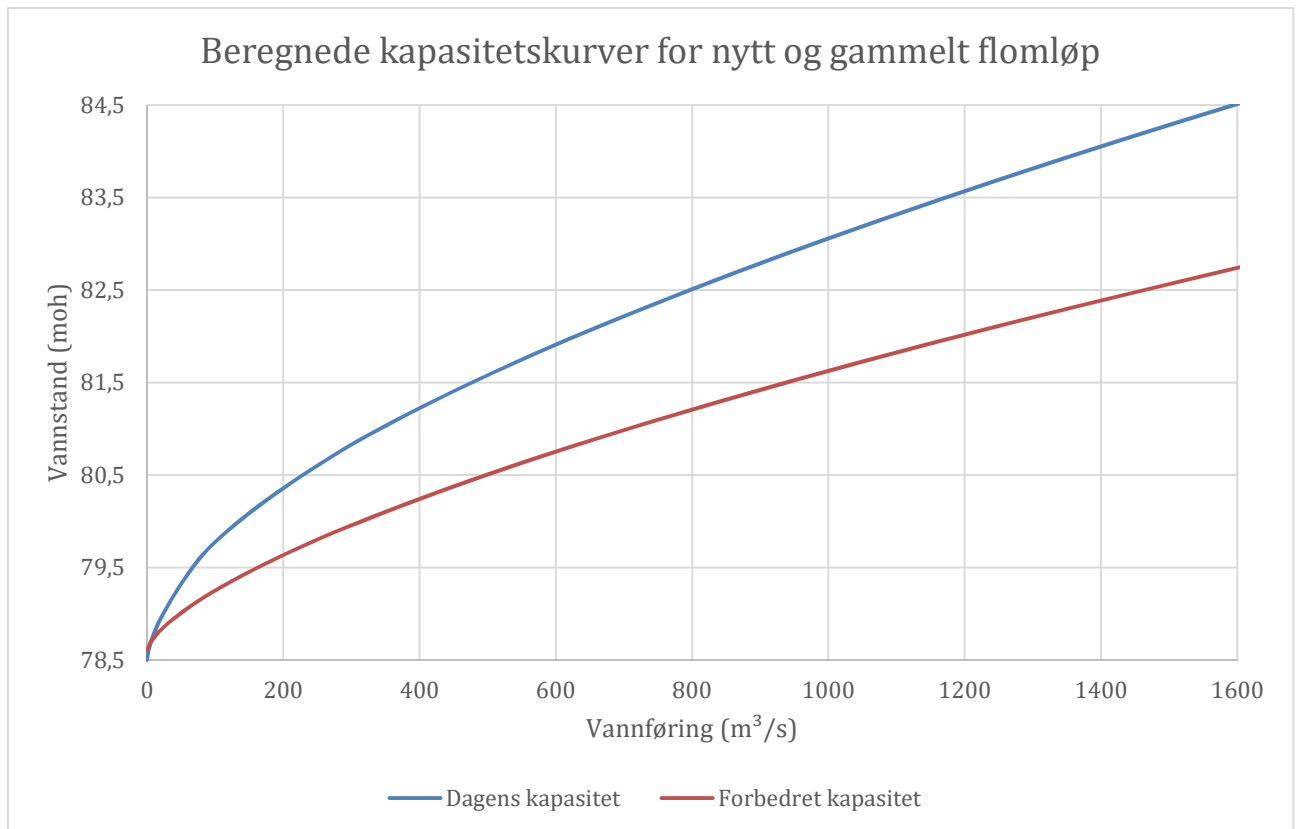


Figur 2-1. Flyfoto av dagens flomløp (med mål).

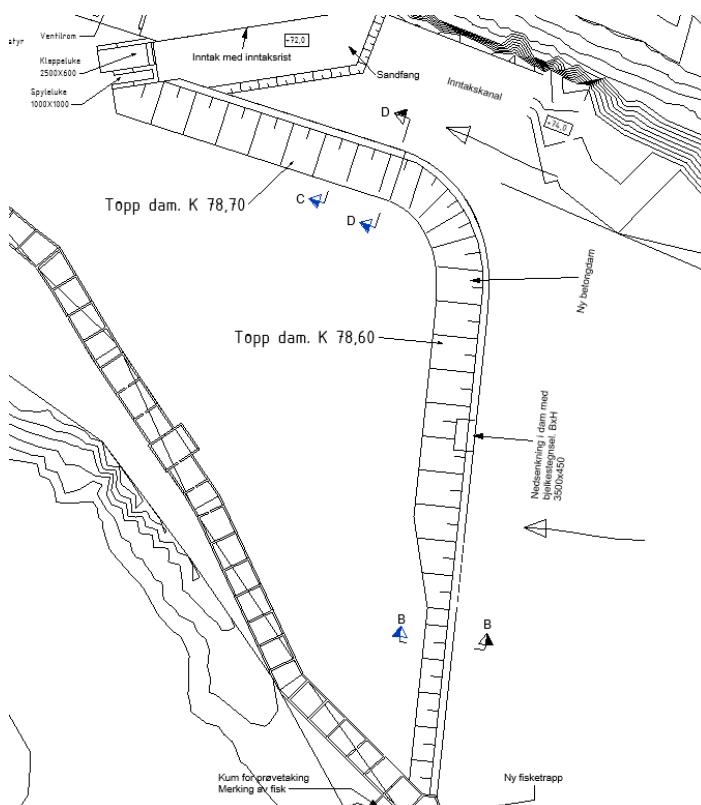
Forbedret flomavledning

Det er planlagt å forbedre flomavledningskapasiteten ved å utvide lengden på terskelen og gjøre den bedre hydraulisk utformet. Ny overløpslengde blir på 100 meter, og det er antatt en C-koeffisient på 1,9. En sammenligning mellom dagens kapasitet og ny, forbedret kapasitet kan sees i Figur 2-2.

Av figuren kommer det fram at det forlengede overløpet gir en mye bedre kapasitet på flomvannføringen. Ved $Q_{500+klimate}$ er beregnet vannstand ca. 1,72 meter lavere.



Figur 2-2. Beregnede kapasitetskurver for nytt og gammelt flomløp. Merk at dersom det ikke bygges flomvoller langs magasinet vil det ved vannstand over ca. kote 81 også renne noe vann over terrenget utenfor dammen. Dette vil imidlertid skje mye sjeldnere med det nye flomløpet.



Figur 2-3. Nytt overløp, høyden på dammen langs inntakskanal ligger 100mm høyere, slik at vannspeilet ved lavere vannføringer blir konsentrert langs den delen av dammen som ligger på tvers av elva.

Flomforhold ved dam Palmafossen		Dagens flomløp		Nye overløp	
	Vannføring m ³ /s	Vannstand moh	Flomstigning moh	Vannstand moh	Flomstigning moh
Dimensjonerende flom	997	83,1	4,5	81,6	3,0
Dimensjonerende flom ink. Klimapåslag 40%	1396	84,1	5,5	82,38	3,78

Tabell 2-3. Sammenligner flomavlednings kapasitet og flomstigning mellom dagens flomløp og nye flomløp.

Tilstopping

Dammen er planlagt med et fritt overløp med lengde ca. 100 m, og forventet overløpshøyde er ca. 3 - 4 m. Det vurderes derfor å ikke være fare for tilstopping i flomløpet.

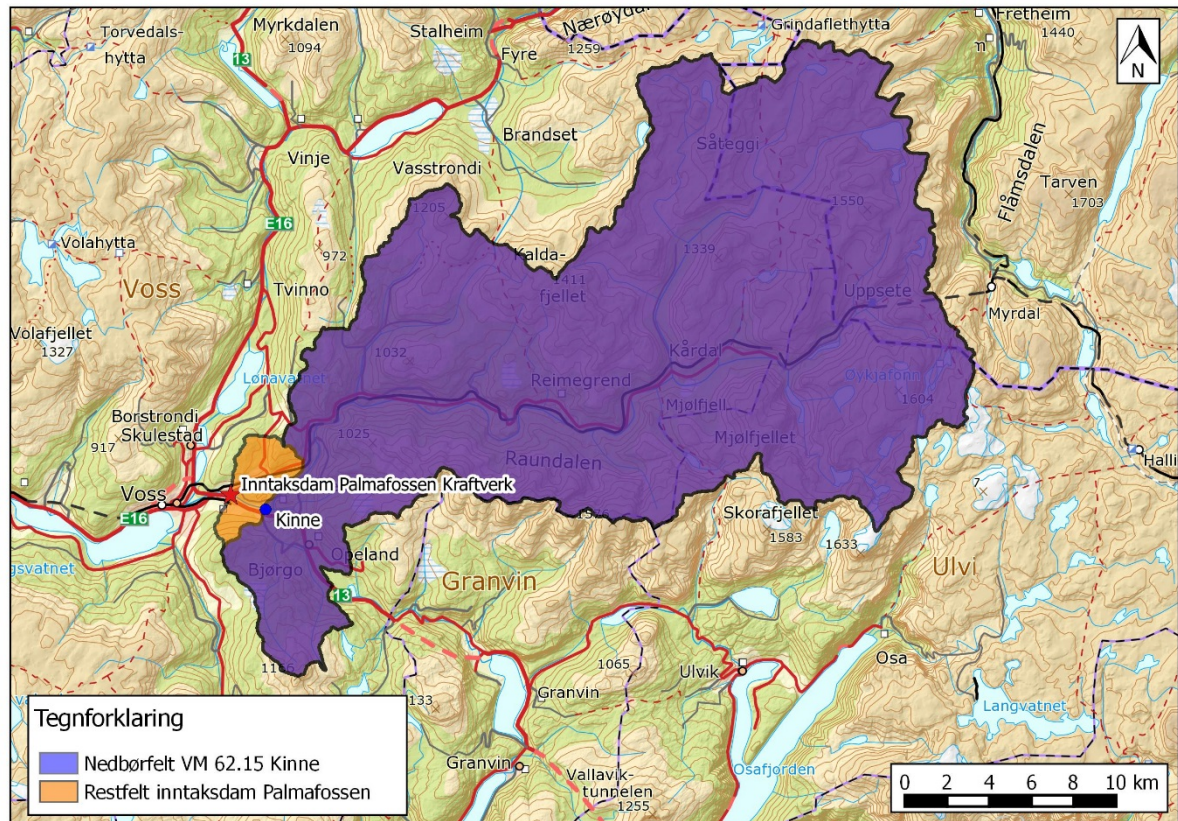
3 Flomfrekvensanalyse

3.1 Datagrunnlag

Målestasjonen VM 62.15 Kinne ligger ca. 2 km oppstrøms inntaksdam Palmafossen. Stasjonen har 34 år med vannføringsdata. Kvaliteten på vannføringskurva er ikke oppgitt av NVE, men høyeste målte vannføring er omtrent 350 m³/s. Høyeste målte vannføring ved stasjonen er ca. 460 m³/s, kurvas kvalitet på flom antas derfor å være god. Vannføringskurva for VM 62.15 er vist i vedlegg 1.

Siden vi har et godt datagrunnlaget fra VM 62.15 og stasjonen ligger relativt nært inntaksdammen er flomberegningen kun basert på flomfrekvensanalyse for denne målestasjonen. Det er benyttet samme spesifikke flomverdier som for målestasjonen, men skalert til riktig feltareal for inntaksdammen. Flomhistorikk for målestasjonen er vist i avsnitt 3.2.

Nedbørfelt for inntaksdam Palmafossen og målestasjon 62.15 Kinne er vist i Figur 3-1. Feltparametere for stasjonen og inntaksdammen er presentert i Tabell 3-1. Feltparameterne for målestasjonen er hentet fra NVEs database Hydra II (bortsett fra feltarealet hvor vi har benyttet samme areal som NVE gjorde i sin flomberegning fra 2015), mens feltparametre for inntaksdammen er beregnet i NVEs applikasjon NEVINA (bortsett fra feltarealet, hvor vi benytter oppgitt areal fra oppdragsgiver). Hypsografisk kurve for nedbørfeltet til inntaksdammen er vist i vedlegg 2.



Figur 3-1: Kart over målestasjoner med nedbørfelt

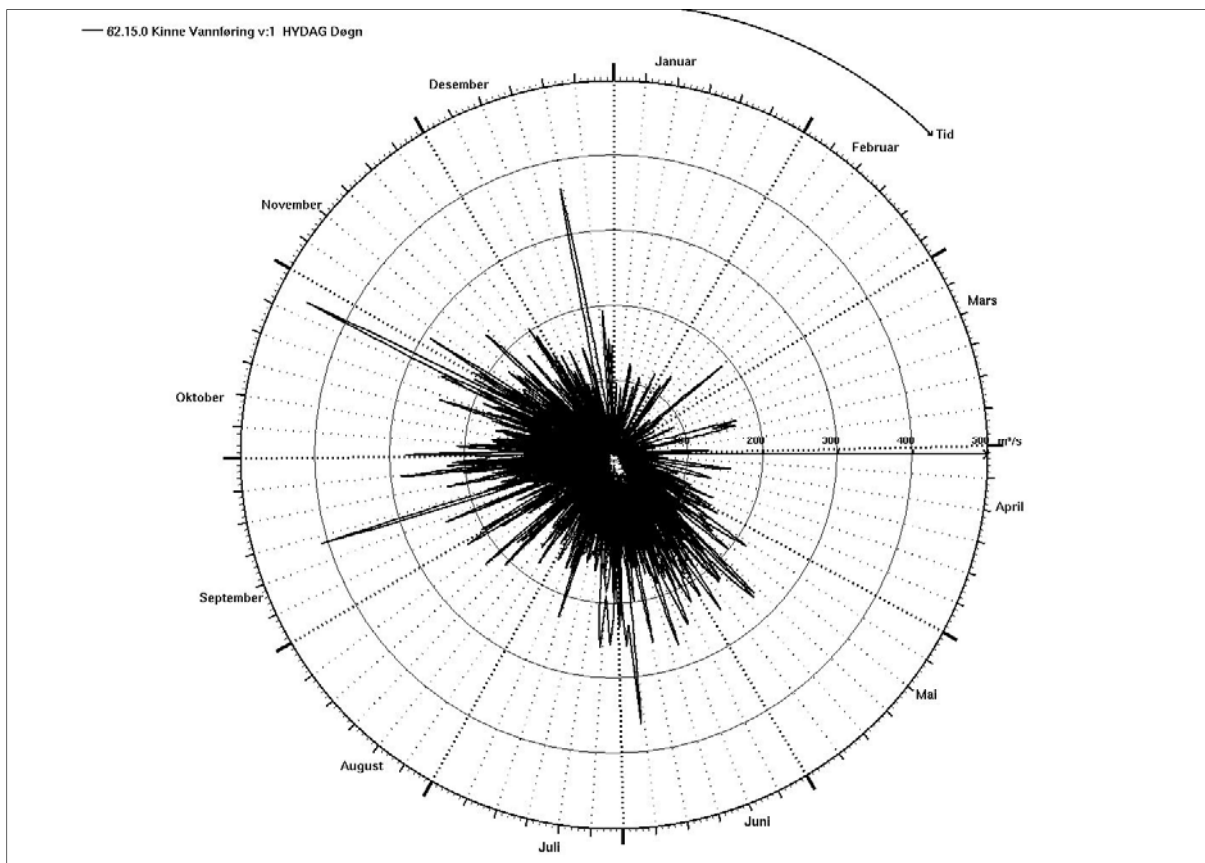
Tabell 3-1: Feltparametere for aktuelle målestasjoner

Navn	Periode	Antall år	Feltareal	Spesifikk avrenning	Snaufjell	Eff. Sjø	Høyde
			km ²	l/s/km ²	%	%	min-maks
62.15 Kinne	1983-2016	34	512	60,2	62,0	0,05	95-1602
Inntaksdam Palmafossen	-	-	520,3	60,7	60,9	0,05	79-1602

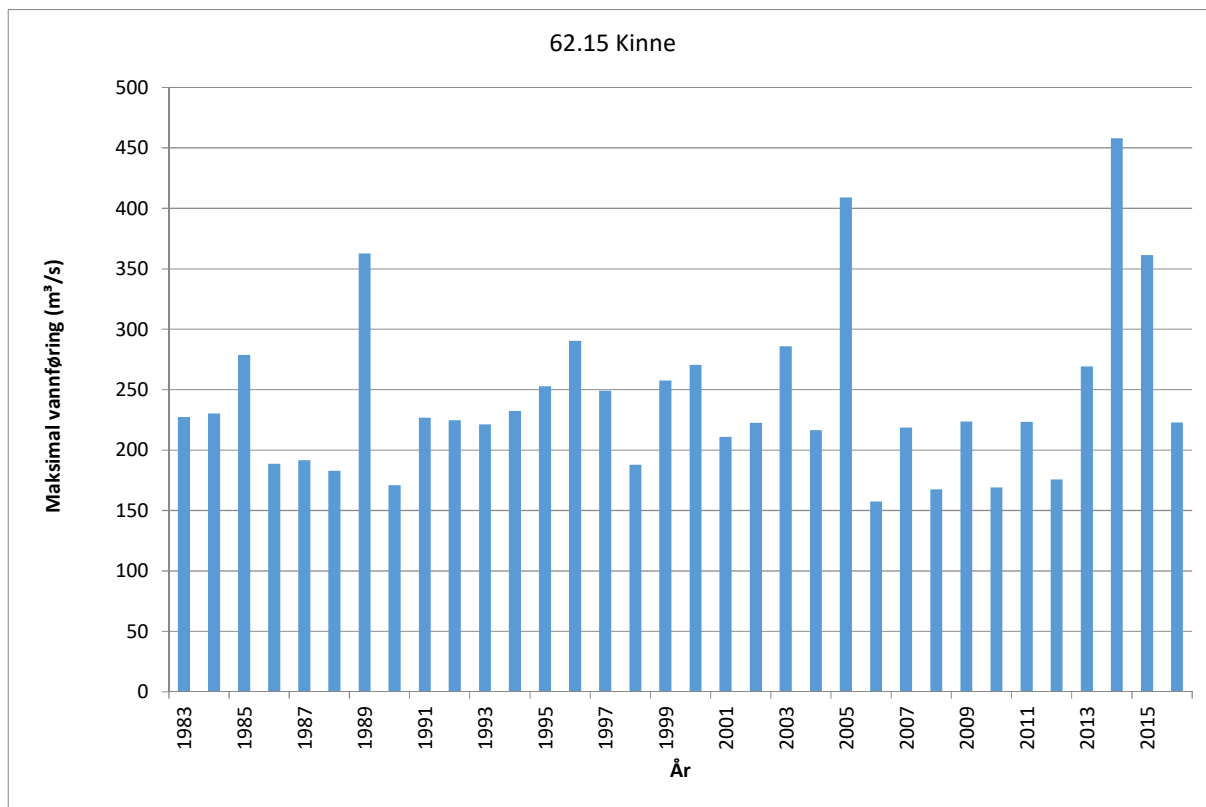
3.2 Flomhistorikk

Figur 3-2 viser flomrose for VM 62.15, hvor hele måleserien er plottet (1983-2016). Som det kommer fram i figuren er det registrert både vår- og høstflommer ved denne stasjonen. De største observerte avløpsflommene har størrelse på ca. 460 m³/s.

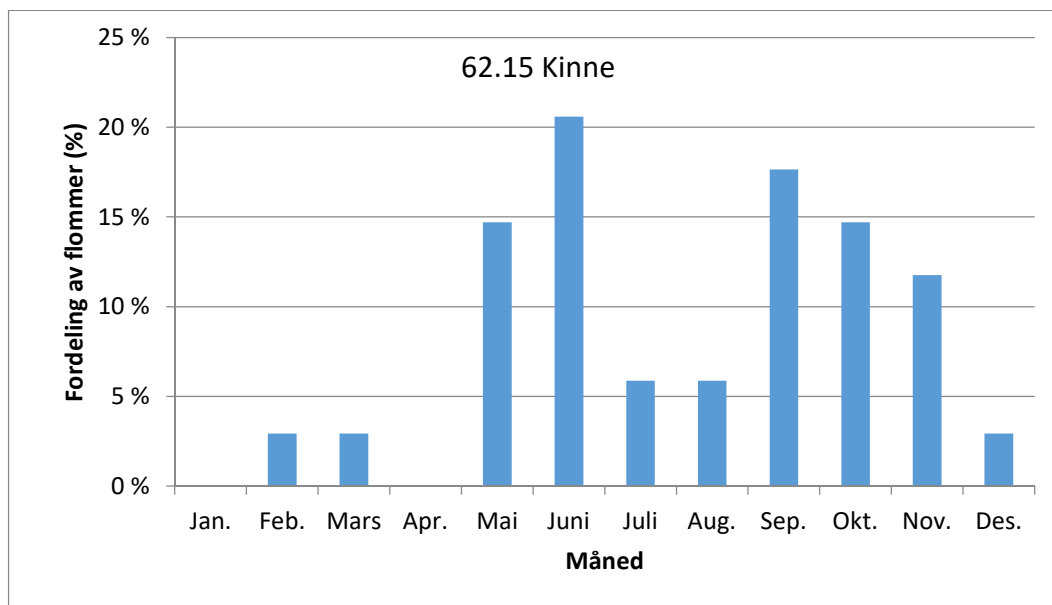
Videre er figurer for årlig flomhistorikk for målestasjonen samt fordeling av flommer over året vist.



Figur 3-2: Flomrose for VM 62.15 Kinne



Figur 3-3 Flomhistorikk for 62.15 Kinne



Figur 3-4 Fordeling av flommer over året ved 62.15 Kinne

3.3 Statistisk analyse

Det er utført flomfrekvensanalyse for VM 62.15. Nedbørfeltet ligger i høstflomregion H1/H2 og vårflomregion V1/V2. De største flommene i måleserien er høstflommer. Flomfrekvensanalysene er derfor gjort for høstflommer (1/8-31/12), og med 1 døgns varighet. Det er kontrollert at vårflommer ikke gir høyere verdier enn høstflommer.

Tabell 3-2: Flomfrekvensanalyse for VM 62.15 Kinne, høstflommer. Flomvarighet 1 døgn.

Navn		Q_M	q_M	Valgt fordeling	Q_{500}/Q_M	Q_{500}	q_{500}
		m^3/s	$l/s/km^2$			m^3/s	$l/s/km^2$
62.15	Kinne (høst)	212	414	Gumbel	2,662	565	1103
		212	414	GEV	2,675	567	1108
		212	414	Gen. Log.	3,105	659	1286
Inntaksdam Palmafossen		216	414	-	2,89	623	1197

*Kvalitet ikke vurdert i Hydra. Vurdering basert på vannføringskurva.

I flomfrekvensanalysen er det plottet tre ulike fordelingsfunksjoner; Gumbel, General Extreme Value (GEV) og Generalized Logistic-fordeling (GL). Kurver for de ulike fordelingsfunksjonene for målestasjonen er vist i Vedlegg 3. Gumbel og GEV gir nesten identiske kurver, mens kurven for Gen.Log. ligger noe høyere. I NVEs flomberegning (NVE, 2015) er GL valgt som fordelingsfunksjon for måleserier som har mer enn 30 år med data, da analyser for andre stasjoner i vassdraget viser at GEV gir for lave verdier historisk sett. Siden vi kun har litt mer enn 30 år med data for VM 62.15, samt at Gumbel og GEV gir såpass like resultater, fremstår likevel disse fordelingsfunksjonene som aktuelle for VM 62.15. Det er derfor valgt å benytte et snitt av frekvensfaktoren fra GEV og GL på $Q_{500}/Q_M=2,89$.

3.3.1 Momentanflom

Forholdet mellom døgnmiddelflom og momentanflom for årsflommer er i retningslinjene (NVE, 2011) oppgitt til å være 1,36 for VM 62.15 Kinne. I NVEs flomberegning (NVE, 2015) er det imidlertid benyttet

en momentanfaktor på 1,6 for dette feltet, dette stemmer bedre med observerte verdier for høstflommer. Vi velger å benytte samme momentanfaktor som NVE, dvs. $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}} = 1,6$.

3.3.2 Datakvalitet

Som nevnt tidligere i rapporten er ikke kvaliteten på vannføringskurva for VM 62.15 oppgitt av NVE, men høyeste målte vannføring er omtrent 350 m³/s. Høyeste målte vannstand ved stasjonen tilsvarer en vannføring på ca. 460 m³/s. Videre er kvaliteten på vannføringsmålingene som ligger til grunn for vannføringskurva stort sett middels eller gode, dette sett sammen med at det er forholdsvis liten spredning rundt vannføringskurva og at kurvetilpasninga ser ut til å være god gjør at vi vurderer datagrunnlaget fra målestasjonen til å være godt. Vannføringskurva for VM 62.15 er vist i vedlegg 1.

4 Evaluerer av flomberegninger

4.1 Sammenligning av resultater

Det er ikke gjort beregning med forenklete metoder da eksempelvis regionale flomformler skal brukes med forsiktighet for felt som er over 100 km² (dammen har felt på ca. 500 km²) og metoder for små felt er selvsagt ikke egnet. Nedbør-avløpsmodellering antas å ikke gi mer pålitelige resultater enn flomfrekvensanalysen siden datagrunnlaget er såpass godt. Flomberegningen er derfor kun basert på flomfrekvensanalyser.

Erfaringsverdier oppgitt i Retningslinjer for flomberegninger (NVE, 2011) angir at døgnmiddelverdier for q_{1000} på Vestlandet kan være større enn 1000 l/s/km² for felt større enn 500 km², ellers varierer de ned til under 300 l/s/km² i meget store felt (større enn 6000 km²). Siden feltet til Palmafossen så vidt er over 500 km² har vi også sett på erfaringsverdier for felt på 50-500 km², der døgnmiddelverdier for q_{1000} stort sett ligger mellom 700-2500 l/s/km². For sammenligningens skyld er q_{1000} for VM 62.15 beregnet, med samme valg av frekvensfaktor som for Q_{500} . Dette gir $q_{1000}=1327$ l/s/km². Dette virker rimelig sammenlignet med erfaringsverdiene.

Flomberegninger utført av NVE i 2015 gir ifølge tabell 4 i rapporten en døgnmiddelverdi på $q_{1000}=1714$ l/s/km² for VM 62.15 Kinne. Beregnede verdier for inntaksdam Palmafossen ligger noe lavere enn dette pga. valg av sesong og fordelingsfunksjon i flomfrekvensanalysen.

4.1.1 Sammenligning med tidligere beregninger og observerte flommer

Det finnes ikke noen tidligere flomberegninger for Inntaksdam Palmafossen, men NVE har nylig gjort en flomberegning for vassdraget (NVE, 2015). I Multiconsults beregning er det benyttet høstflommer i stedet for årsflommer, samt et noe annet valg av fordelingsfunksjon. Begge disse valgene medfører noe lavere flomverdier enn i NVEs rapport. Basert på oppgitt middelflom og frekvensfaktorer i tabell 4 i NVEs rapport får de en døgnmiddelverdi på $q_{500}=1443$ l/s/km² for VM 62.15 Kinne, mens vi får en døgnmiddelverdi på $q_{500}=1197$ l/s/km². Beregnede verdier i denne rapporten er imidlertid i øvre sjikt av erfaringsdata for felt over 500 km² fra retningslinjene, og virker derfor ikke underestimert.

Det bemerkes at tabell 5 og sammendraget i NVEs rapport angir lavere flomverdier for Raundalselvi enn frekvensfaktorene for VM 62.15 i tabell 4 i samme rapport tilsier, men vi antar at det er verdiene i tabell 4 som blir riktig å benytte til sammenligning i dette tilfellet.

4.1.2 Klassifisering av usikkerhet

Flomberegningen for inntaksdam Palmafossen er basert på observasjoner fra en målestasjon like oppstrøms dammen. Stasjonen har 34 år med målinger og vannføringskurva antas å ha god kvalitet.

Det er derfor valgt å plassere beregningen i klasse 1, «Godt hydrologisk grunnlag, med observasjoner i vassdraget».

5 Klimaendringer

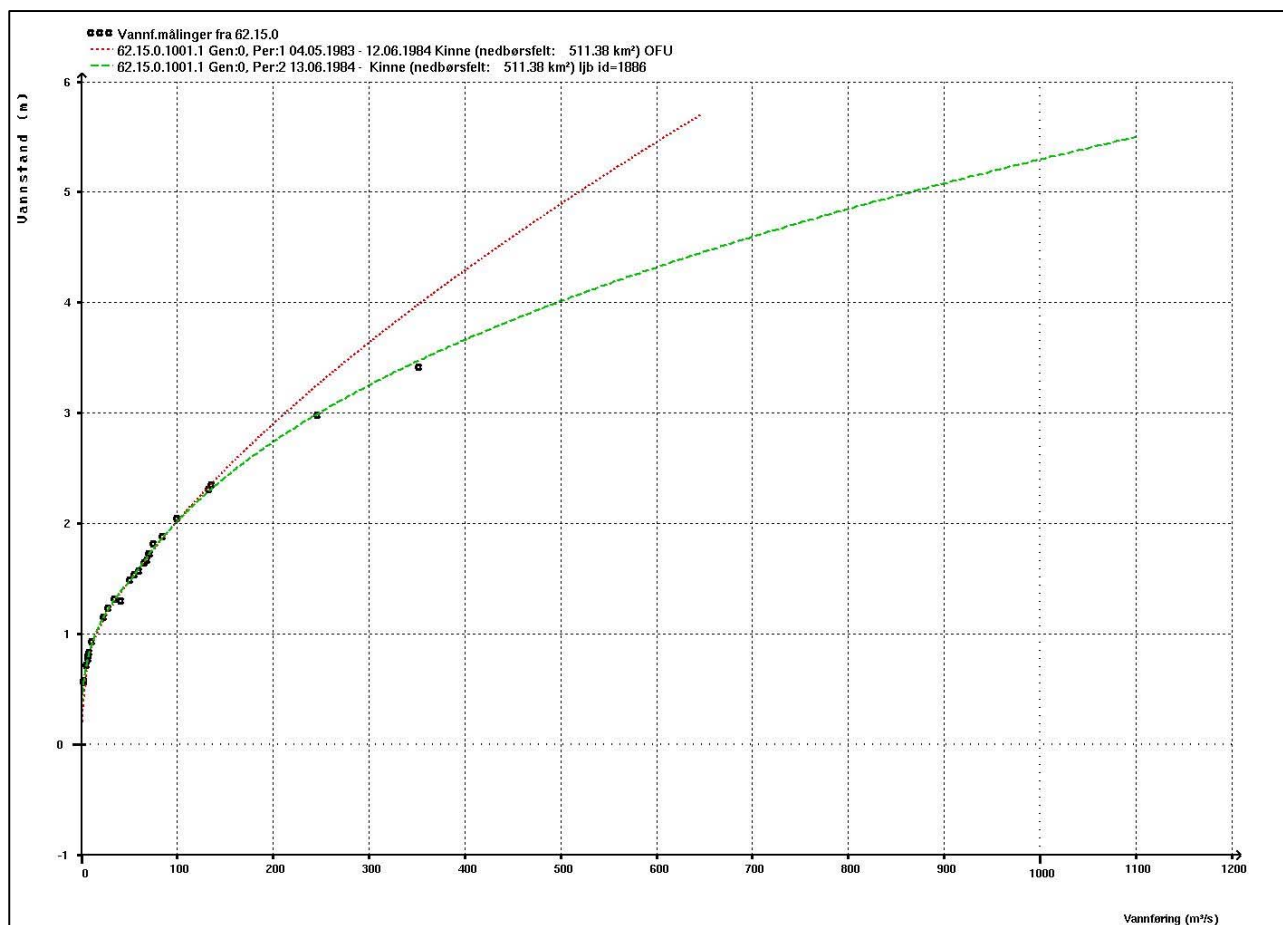
I (NVE, 2016) er forventet utvikling i flomstørrelser fra i dag og frem mot 2100 beskrevet. I nærheten av Palmafossen er det gjort beregninger for et felt (62.5 Bulken) hvor det forventes en økning på 31-40 %. Vi anbefaler derfor at det tas høyde for en økning i flommer på 40 % på grunn av klimaendringer ved dimensjonering av ny inntaksdam Palmafossen. I NVEs informasjonsskriv «Damsikkerhet – informasjonsskriv 2017» anbefales det å også benytte klimapåslag for ulykkesflommen når denne er beregnet ved skalering av dimensjonerende flom som her (dvs. $Q_{ULYKKE}=1,5 \cdot Q_{DIM}$).

6 Konklusjon

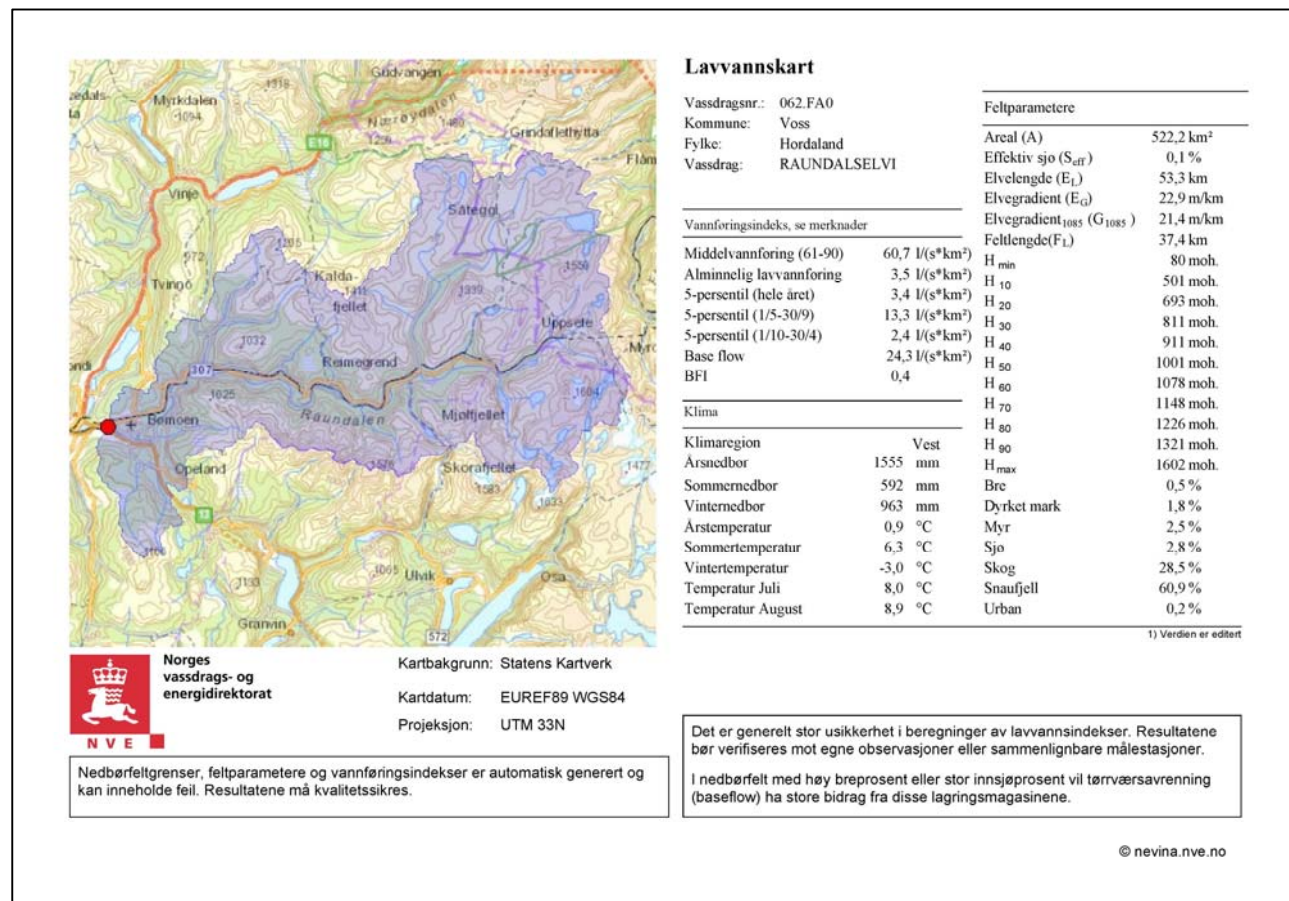
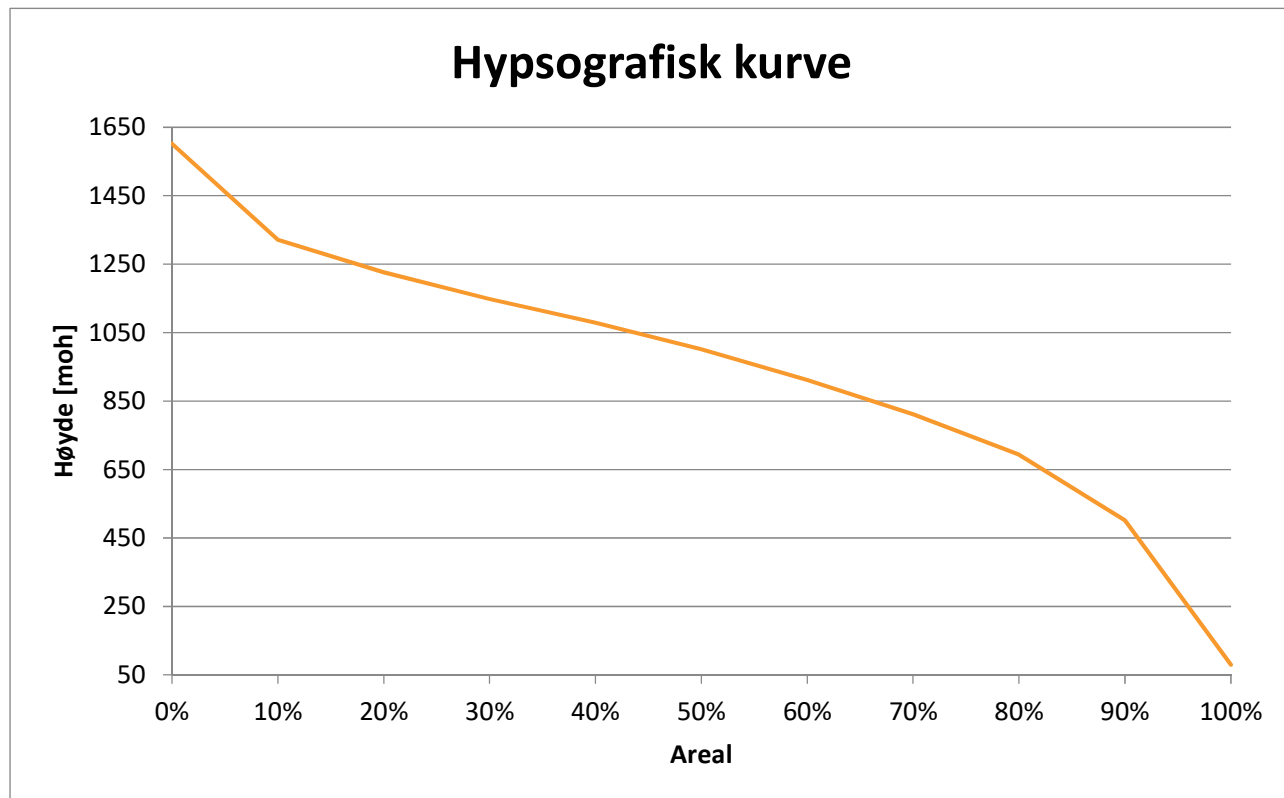
Dimensjonerende tilløpsflom (Q_{500}) er beregnet med flomfrekvensanalyse. Det er ikke medregnet tilstopping, og det er ikke gjort noen ruting av tilløpsflommen siden inntaksbassenget ikke vil gi noen betydelig flomdemping. Flomfrekvensanalysen gir en dimensjonerende flom med kulminasjonsverdi $997 \text{ m}^3/\text{s}$, og vannstandsstigning på 3,0m. Inkludert klimapåslag på 40 % får vi kulminasjonsverdi $1396 \text{ m}^3/\text{s}$, og vannstandsstigning på 3,78m. Beregnede flomvannstander forutsetter at hele flomvannføringen holdes til flomløpet, og at det ikke renner vann over terrenget langs vederlagene. Det planlegges ca 1m høy flomvoll langs sørsida av elva, denne vil da håndtere flomstigning opp til k. 82,30.

Ulykkesflom ($1,5 \cdot Q_{500}$) er også beregnet med flomfrekvensanalyse (basert på beregning av dimensjonerende flom). Dette gir en ulykkesflom på $1495 \text{ m}^3/\text{s}$, og vannstandsstigning på 3,96 m.

Vedlegg 1 Vannføringskurve VM 62.15 Kinne



Vedlegg 2 NEVINA-rapport og hypsografisk kurve for inntaksdam Palmafossen



Vedlegg 3 Plott av fordelingsfunksjoner fra flomfrekvensanalyse

VM 62.15 Kinne, høstflommer

