

► Flomvurdering for deponeringsområde og sarkofag for lav-radioaktive masser ved Søve Gruver, Nome kommune

Sammendrag/konklusjon

I forbindelse med etablering av sarkofag for deponering av lav-radioaktive avfallsmasser fra den tidligere driften ved Søve gruver, er det utført en flomvurdering av området for tenkt plassering. Ut fra NVE sitt aktsomhetskart for flom, vil sarkofagen ligge helt på grensa til det definerte aktsomhetsområdet. Tiltaket er i utgangspunktet vurdert å falle inn under sikkerhetsklasse F2 og dermed skal sikres mot 200-årsflommen, da sarkofagen er tenkt bygd som en helt lukket konstruksjon uten fare for utslipp til omgivelsene. Det er imidlertid også tatt med resultater for sikkerhetsklasse F3 og 1000-årsflommen for sammenligning.

Flomberegningen er utført direkte på de observerte vannstandene i Norsjø, da vassdraget er helt gjennomregulert og vanskeliggjør bruk av vannføringsdata med en tilhørende hydraulisk vannlinjeberegning. Datagrunnlaget er vurdert som brukbart med en meget lang tidsserie tilgjengelig fra målestasjon 16.15 Norsjø v/Løveid ovf. Det er sammenhengende observasjoner helt tilbake til 1852. På grunn av utbyggingene av reguleringskapasiteten gjennom årene, er tidsserien delt opp i tre perioder som ansees homogene. Datagrunnlaget som er benyttet for flommer med gjentakintervall ≥ 100 år, er avgrensa til perioden 1907 – 1959.

Flomsikker byggehøyde er beregnet til 20.0 moh. (NN2000) for sikkerhetsklasse F2 og 20.8 moh. (NN2000) for F3. Det er inkludert et sikkerhetspåslag på 0.2 m for begge høydene.



E01	2025-03-06	For bruk i oppdraget	Frode Randen	Anton Hasselquist Evensen	Aksel Askeland
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

Innhold

1	Introduksjon og beskrivelse av oppdrag	3
1.1	Beskrivelse av oppdrag	3
1.2	Krav til flomsikring	3
1.3	Formål og omfang	4
1.4	Tilgjengelig informasjon og datagrunnlag	5
2	Flomberegning	6
2.1	Beskrivelse av benyttet beregningsmetodikk	6
2.2	Nedbørfelt og flomregime	7
2.3	Flomfrekvensanalyse	11
2.4	Erfaringstall	12
2.5	Valg av flomstørrelse og klimapåslag	12
3	Sikkerhetsmargin, kvalitet og usikkerheter	13
3.1	Vurdering av sikkerhetsmargin, kvalitet og usikkerheter	13
4	Vedlegg og referanser	15
4.1	Vedlegg	15
4.2	Referanser	17

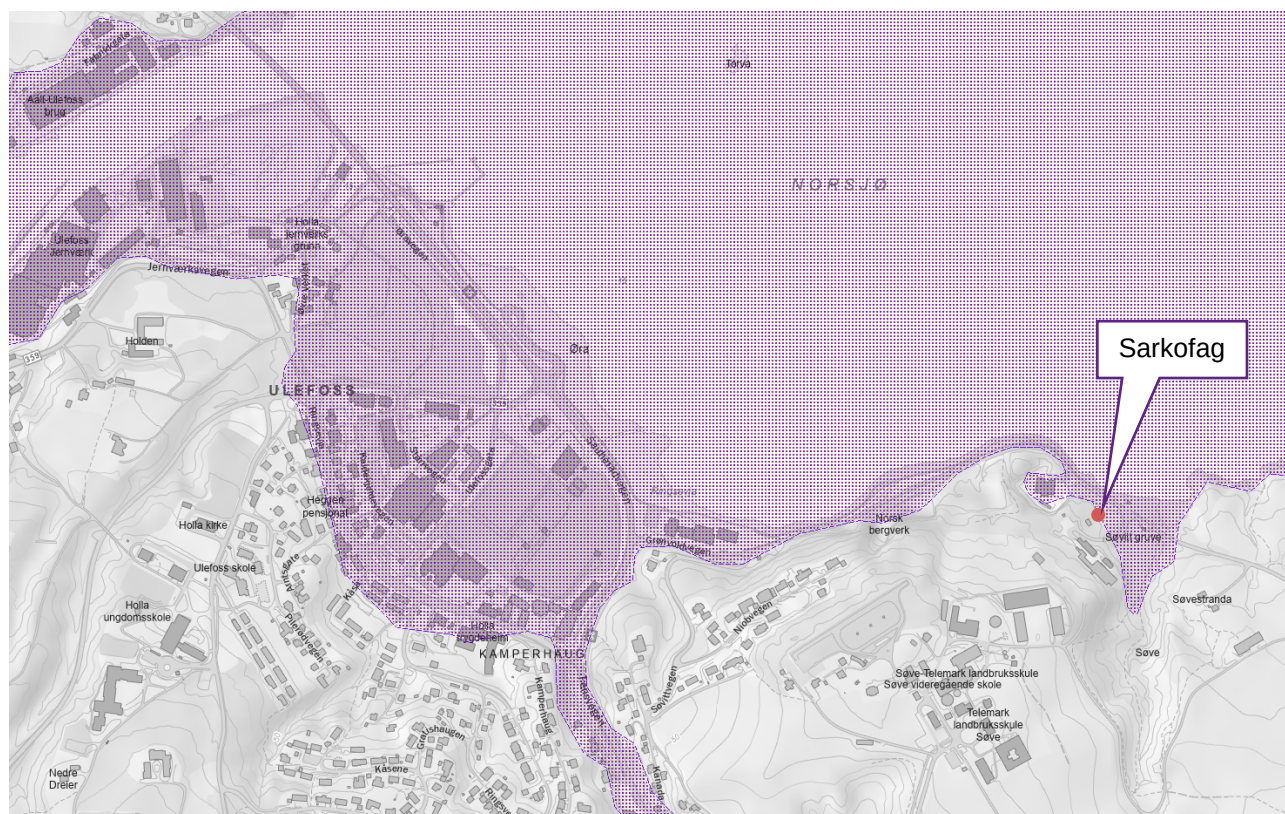
1 Introduksjon og beskrivelse av oppdrag

1.1 Beskrivelse av oppdrag

Som del av det pågående arbeidet med å etablere en sarkofag for sikker lagring av lav-radioaktive avfallsmasser fra Søve gruver, har Norconsult utført en flomvurdering for det aktuelle området som er tenkt benyttet. Tomta ligger inntil Grønvoldvegen (gnr./bnr. 24/95) nær Ulefoss sentrum, Nome kommune.

Tomta ligger delvis innenfor NVEs aktsomhetssone for flom (Figur 1), og det er derfor ønskelig å utføre en mer detaljert flomfarevurdering for avklaring av reell flomsone i henhold til gjeldende krav til sikkerhet mot naturfare i TEK17.

Beregningene er utført i henhold til gjeldende praksis for denne typen flomvurderinger. Detaljer omkring vurderingene som er utført, er gitt nedenfor.



Figur 1 Kartutsnitt med aktsomhetsområde flom. Planlagt plassering av sarkofag er markert med rødt punkt.

1.2 Krav til flomsikring

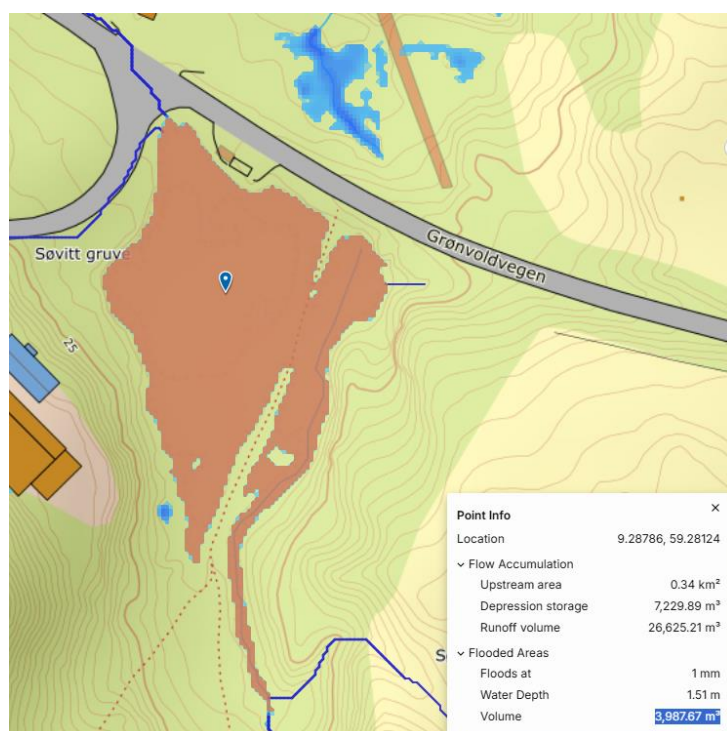
I TEK17 er det for byggverk der konsekvensene av flom er særlig store, satt krav til at bygget ikke skal plasseres i flomutsatte områder. Videre heter det at byggverk plasseres, dimensjoneres eller sikres mot flom med bestemte gjentakintervall. Det er konsekvensomfanget av en flomskade på bygget som bestemmer hvilket gjentakintervall som skal brukes. De forskjellige sikkerhetsklassene med tilhørende gjentakintervall presenteres i listen under.

- F1 – Liten konsekvens (Garasje, lager, boder uten personopphold) – 20-årsflom (Q20)
- F2 – Middels konsekvens (Bolighus, fritidsbolig, skole, kontorbygg) – 200-årsflom (Q200)
- F3 – Stor konsekvens (Sykehjem, brann-/politistasjon, avfallsdeponi) – 1000-årsflom (Q1000)

Sarkofagen som skal etableres for lagring av de lav-radioaktive massene, skal bygges på en slik måte at det ikke vil være fare for utslipp av forurensede masser eller fra avrenning. Den skal fundamenteres ned på fjell og gjøres helt vanntett. Toppen av sarkofagen skal enten forsegles som resten av konstruksjonen, eller føres opp til et kotenivå som vil være godt over flomutsatt nivå. Med det at selve konstruksjonen skal bygges helt flomsikkert, vurderes sikkerhetsklassen til å falle inn under F2. Altså at det skal sikres mot en 200-årsflom. Det vil også bli tatt med resultater for en flomstørrelse tilsvarende 1000-års flom (F3) for sammenligning.

1.3 Formål og omfang

Denne rapporten har til hensikt å fastsette sikker byggehøyde, tilsvarende kotehøyden for vannstanden i Norsjø ved 200-års flomhendelse (H_{200}). Det er vurdert at det er vannstanden i Norsjø som vil utgjøre den reelle flomfaren ved tiltaksområdet. Bekken som kommer ned og krysser hovedveien noe øst for tiltaksområdet, vurderes å ikke utgjøre noen reell fare. Ved flom i bekken og eventuell utilstrekkelig kapasitet gjennom de to stikkrørene under Grønvoldvegen, vil vannet renne over vegen og ut i Norsjø og ikke inn mot området der sarkofagen er tenkt plassert. Nedbørfeltet til bekken er ca. 37 ha. Vannet som eventuelt stuves opp på oppstrøms side av stikkrennene, vil først fylle opp en forsenkning på ca. 4000 m³ før det renner over vegen (se Figur 2-Figur 3).



Figur 2 Terrengforsenking øst for tiltaksområdet som vil fylles opp med vann fra bekken ved eventuell utilstrekkelig flomkapasitet gjennom stikkrenner under Grønvoldsvegen (Utklipp fra Scalgo).



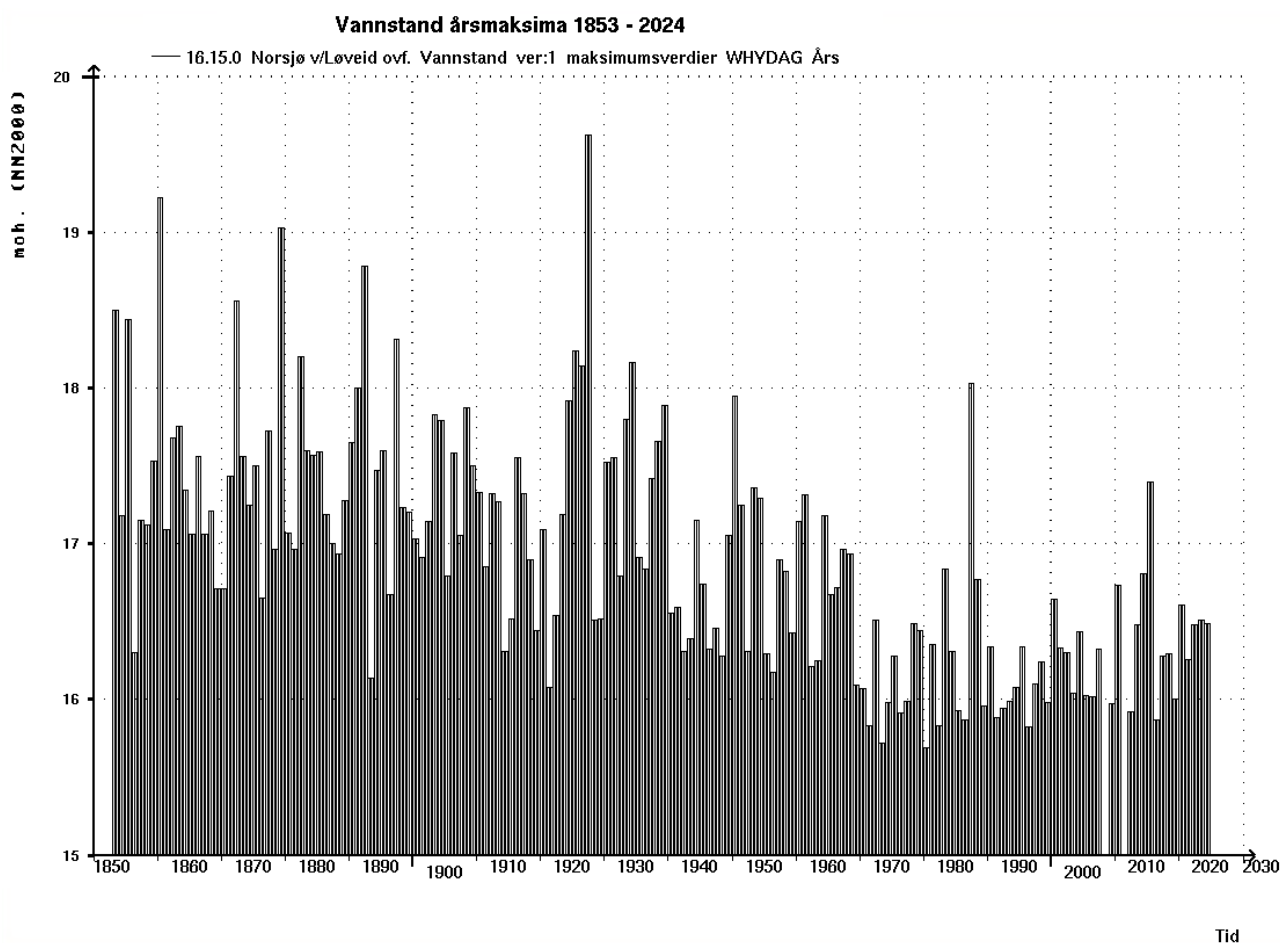
Figur 3 Vannveier nær tiltaksområdet. Stikkør for hovedbekken er fjernet i Scalgo for å simulere hvor vannet vil gå ved eventuell underkapasitet ved flom.

1.4 Tilgjengelig informasjon og datagrunnlag

Alle høyder som er lagt til grunn i denne flomsonekartleggingen, refererer til høydegrunnlaget NN2000 hvis ikke annet er spesifisert. Datagrunnlaget er hentet fra målestasjonen 16.15 Norsjø v/Løveid øvf. Vannstandsverdiene som ligger lagret i Hydra II databasen til NVE, er referert til et annet høydegrunnlag. For at vannstandene skal være referert til NN2000, er det lagt til 0.34 m for alle verdier som er registrert på databasen. Dette er i tråd med det som ble gjort i *Flomberegning for Skienselva* i 2001 [1]. Her ble alle verdier korrigert opp med 0.29 m for å at de skulle være referert til NN1954. For området ved Norsjø, ligger

NN2000-høydene rundt 5 cm over NN1954-høydene. Videre er verdiene som er benyttet representert som døgnmidler.

Tidsserien fra 16.15 Norsjø går helt tilbake til 1852 med nær sammenhengende registreringer. For noen av årene mangler en del verdier, men det antas allikevel at årets høyeste vannstand er registrert. For årene 2008 og 2011 er det ingen data registrert på databasen. Total serielengde tilgjengelig for analyse, settes til perioden 1853 – 2024 og gir 170 år med data. De høyeste årlige flomvannstandene er vist i Figur 4.



Figur 4 Årets høyeste vannstand registrert i Norsjø for perioden 1853 – 2024 (NN2000).

2 Flomberegning

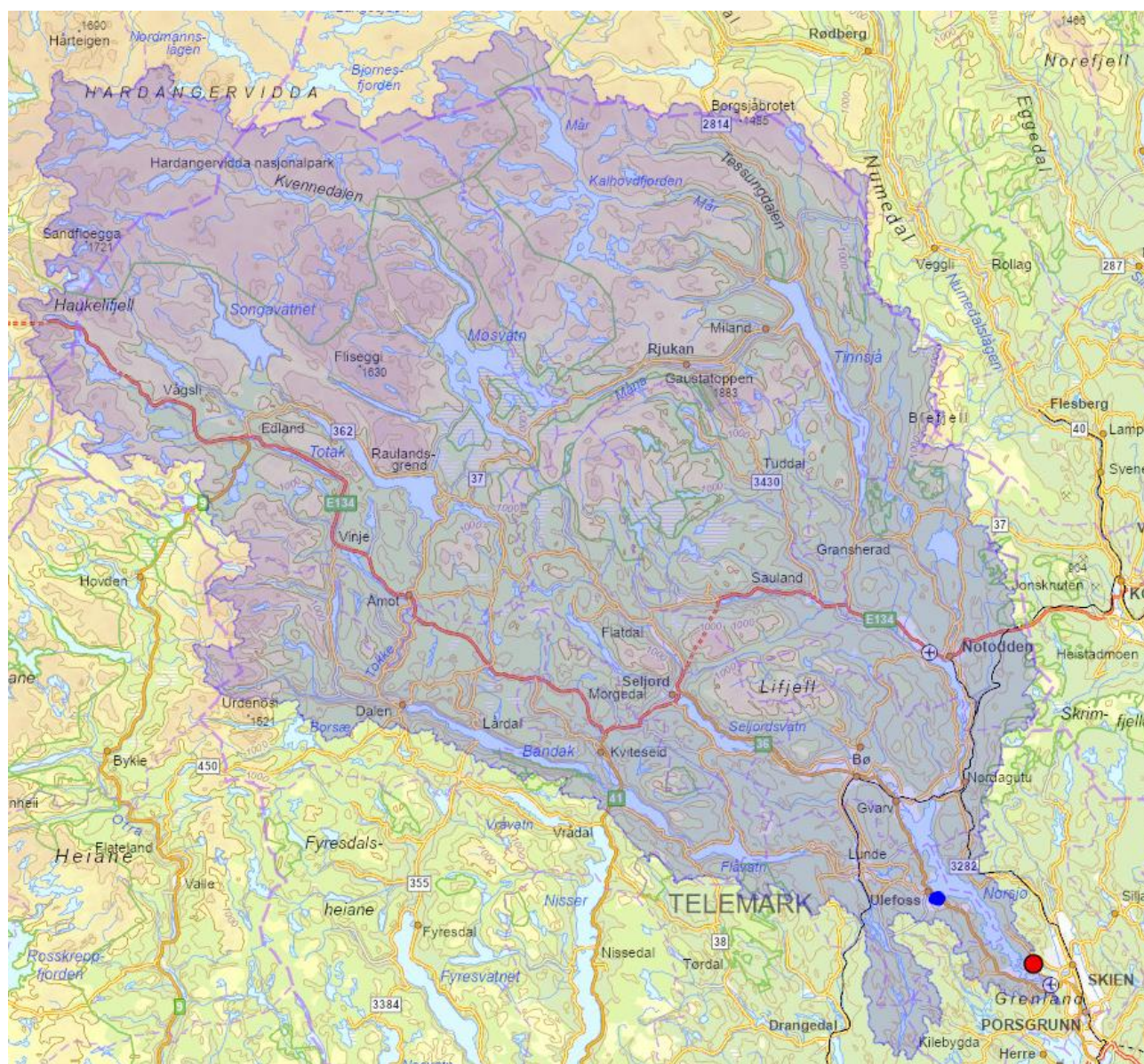
2.1 Beskrivelse av benyttet beregningsmetodikk

På grunn av at Skiensvassdraget er sterkt regulert, er det vanskelig å bestemme returperiodene for flommer basert på tilgjengelige tidsserier fra vassdraget. Det vil heller ikke være et entydig forhold mellom flomstørrelsene i Norsjø og vannføringene som kommer inn og går ut av sjøen. Beregningsmetoden for å bestemme vannstanden ved 200-års flom, vil her baseres direkte på den tilgjengelige vannstandstidsserien i Norsjø. Det er vurdert at en analyse basert på tilgjengelige vannføringsdata, sammen med etablering av

hydraulisk modell for fastsettelse av tilhørende vannlinjer, vil være beheftet med store usikkerheter og at en slik tilnærming ikke vil gi noen fordel mot analyse direkte på observerte flomvannstander.

2.2 Nedbørfelt og flomregime

Nedbørfeltet ved utløpet av Norsjø er ca. 10383 km² og strekker seg mot nord-vest til høyfjellsområdet på Hardangervidda. Feltet inkluderer store magasiner som Møsvatn, Mår/Kalhovdfjorden og Tinnssjø i de sentrale og østlige delene, mens Songavatn, Totak og Bandak befinner seg i de vestre delene. Et oversiktskart er vist i Figur 5 og nøkkeltall for nedbørfeltet er presentert i Tabell 1.

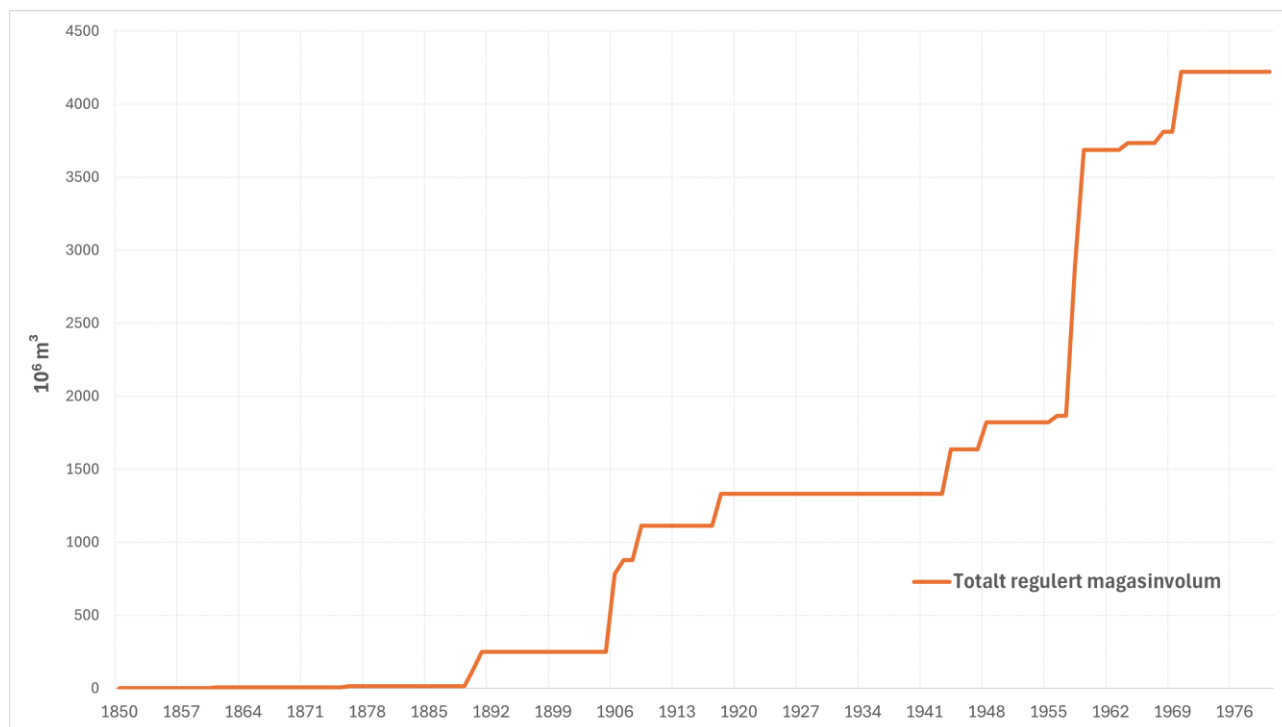


Figur 5 Oversiktskart nedbørfelt Norsjø. Blått punkt angir plassering av analyseområde, mens rødt punkt angir utløpet.

Tabell 1 Nøkkeldata nedbørfelt.

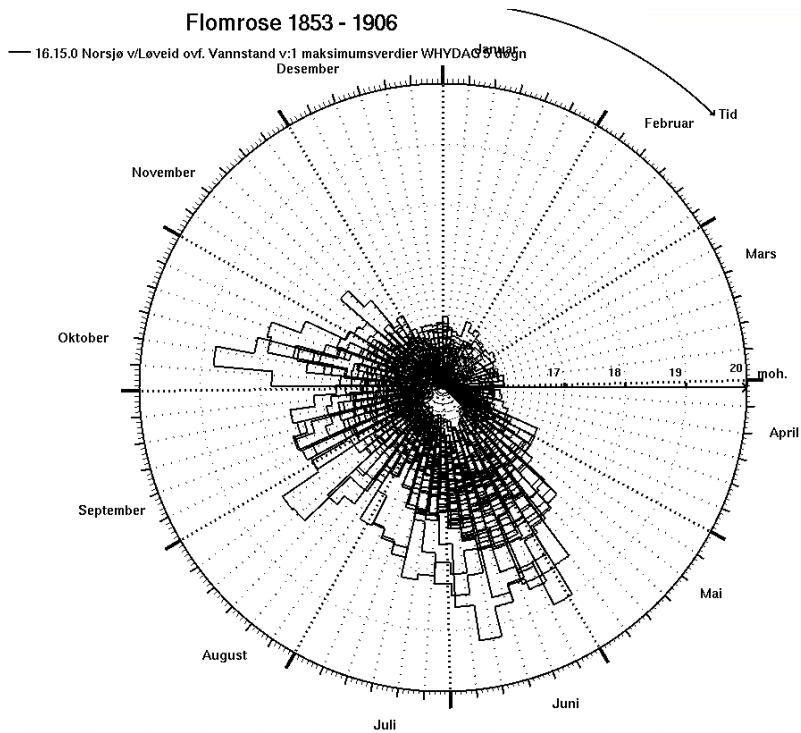
	Areal (km ²)	Eff.sjøandel (%)	Høyde (moh.)	Middelavrenning (l/s/km ²)	Elvelengde (km)	Reg. magasin- volum (10 ⁶ m ³)
Norsjø (utløp)	10383	1.1	15 – 1016 - 1876	26	256	4222

Reguleringene av vassdraget er kommet til over en periode på rundt hundre år, fra slutten av 1800- til slutten av 1900-tallet. I Figur 6 vises utviklingen av det totale regulerede magasinivolumet for Norsjø og Norsjø sitt nedbørfelt. Periodene med de største endringene i reguleringsvolum er i starten og midten av 1900-tallet. Fram til 1907 var det liten reguleringskapasitet, fulgt av en periode fram til slutten av 50-tallet hvor reguleringene gjorde seg mer gjeldende. Fra ca. 1960 kom det en ny periode med stor kapasitetsøkning. Etter 1970 har det ikke vært noen større endringer. Reguleringsgraden definert som forholdet mellom tilgjengelig regulerbart magasinivolum og normal årsavrenning, er tilnærmet 50%.

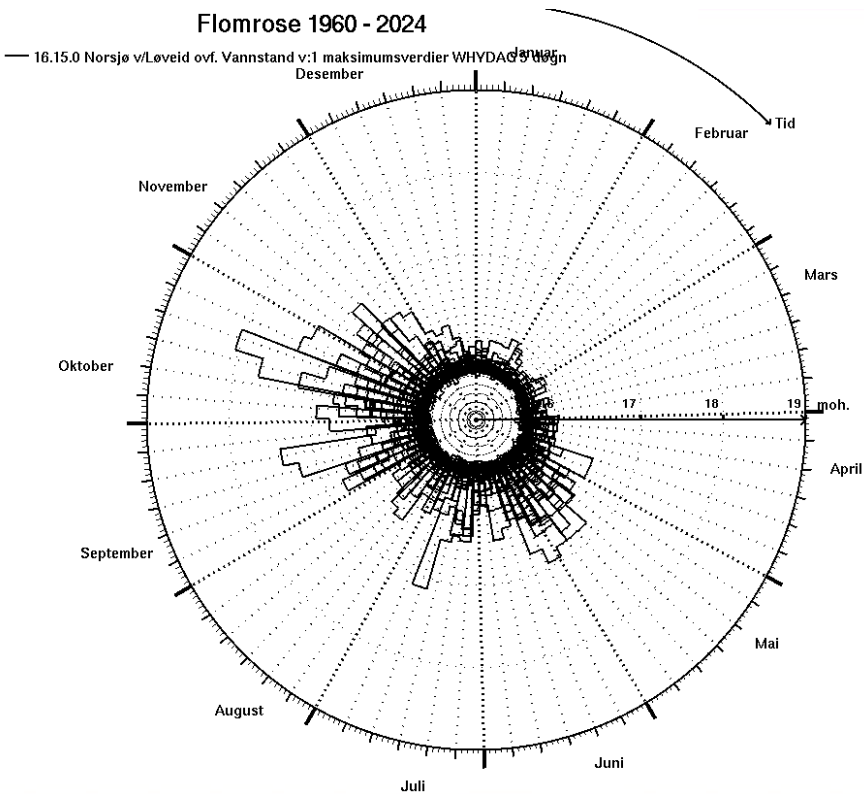


Figur 6 Utviklingen av totalt regulerbart magasinivolum i Norsjø sitt nedbørfelt. Kilde: [1].

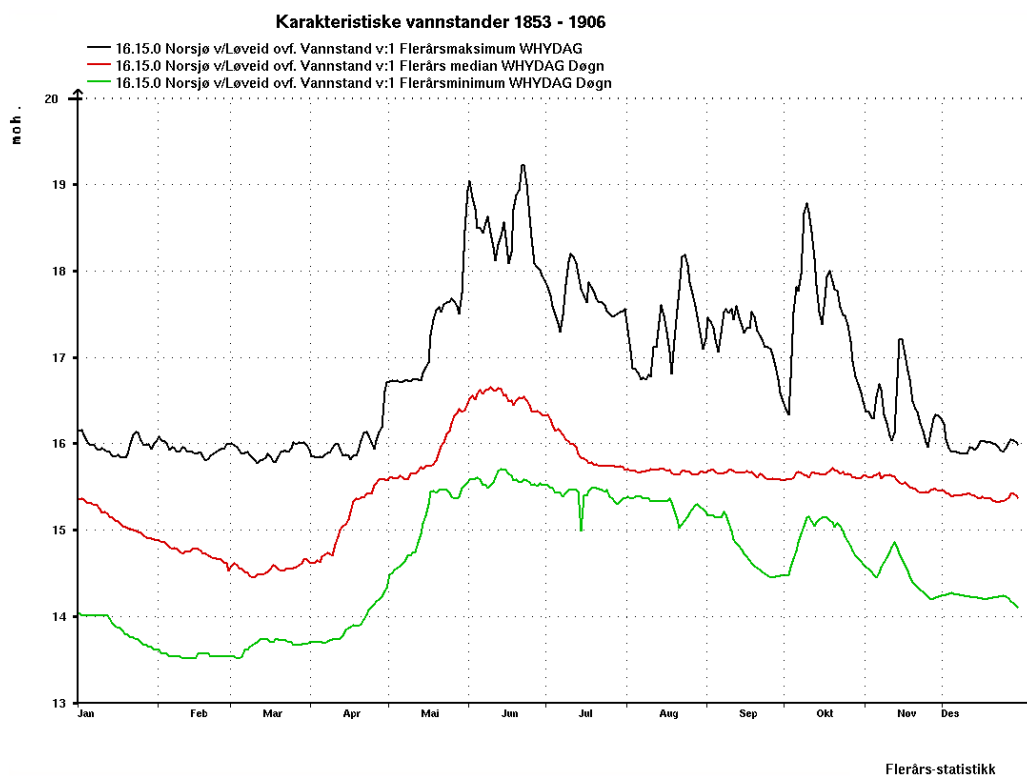
På grunn av reguleringene er både flomsesongen og -størrelsene blitt endret med tiden. Av samme grunn er også variasjonen i vannføringen som passerer gjennom Norsjø glattet ut gjennom året, dermed vil også vannstanden variere mindre gjennom året. I perioden med lite utbygd reguleringskapasitet fram til starten av 1900-tallet, var forsommeren den dominerende flomperioden, drevet hovedsakelig av snøsmeltingen i de høyereliggende fjellområdene. Det kunne også være større regnflommer på høsten. Med økt reguleringskapasitet utover 1900-tallet, blir flommene mer likt fordelt på våren og høsten. Etter den siste store utbyggingsperioden på slutten av 50-tallet, er høsten blitt den mest dominerende flomperioden. I Figur 7 - Figur 10 illustreres endringene som har funnet sted mellom den tidligste og seneste perioden, mens perioden i midten er vedlagt.



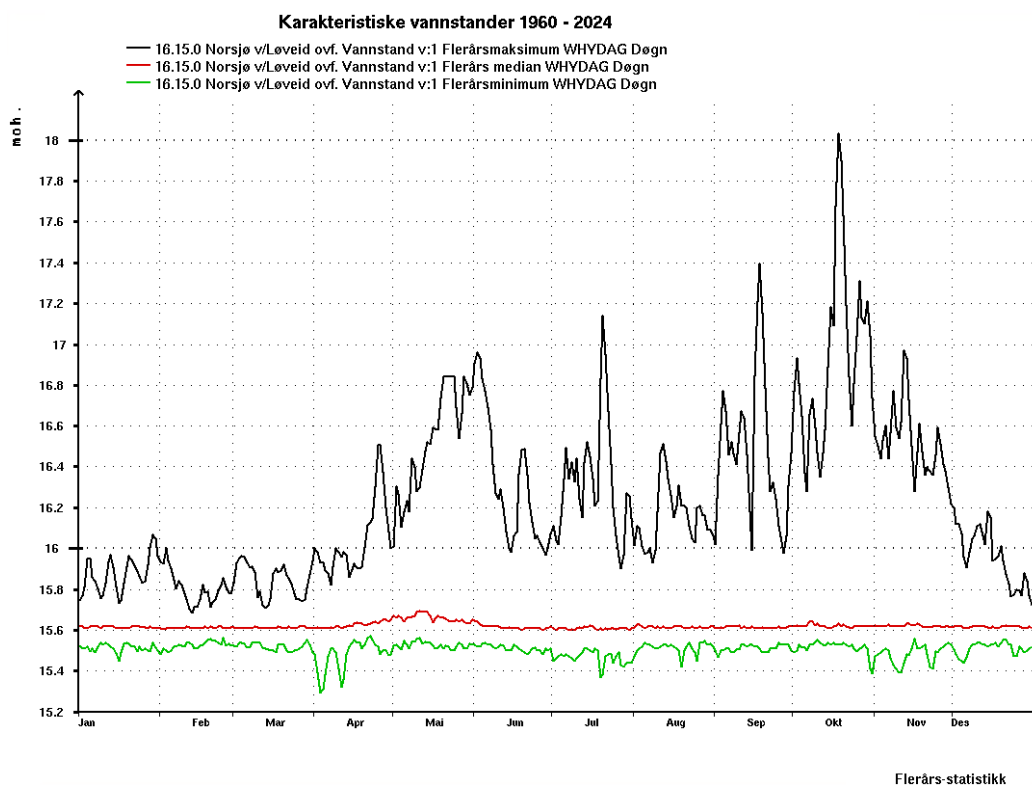
Figur 7 Flomrose for Norsjø (1853 – 1907), representert som polarplott av maksimalverdier for vannstand over 5 døgner.



Figur 8 Flomrose for Norsjø (1960 – 2024), representert som polarplott av maksimalverdier for vannstand over 5 døgner.



Figur 9 Vannstandsvariasjonen gjennom året for Norsjø (1853 – 1907).

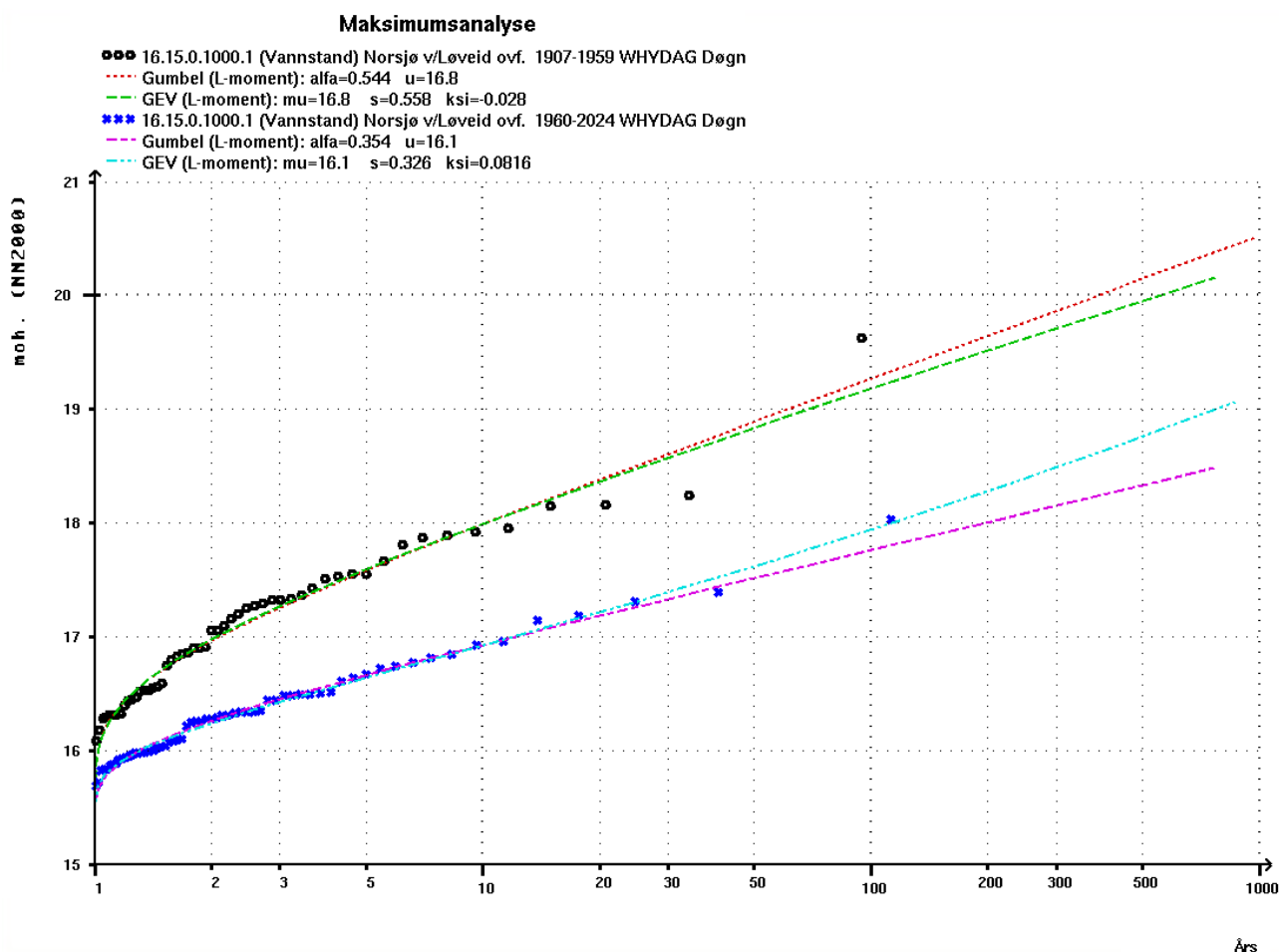


Figur 10 Vannstandsvariasjonen gjennom året for Norsjø (1960 – 2024).

2.3 Flomfrekvensanalyse

For å bestemme den dimensjonerende flomvannstanden, er det viktig å identifisere hvilke grunnlagsdata som bør inngå frekvensanalysen. Ut fra utbyggingshistorikken i vassdraget, kan en si at dagens flom- og avrenningsforhold representeres av dataperioden fra 1960 og fram til i dag. Dette grunnlaget vil gjelde for flommer opp til en viss størrelse, av den grunn at for økende flomstørrelser antas reguleringen å få stadig mindre innvirkning. For store gjentakintervall kan en anta at den tilgjengelige reguleringskapasiteten blir brukt opp og at en vil være i nærheten av et vassdrag under naturlige forhold. For gjentakintervall større enn 100 år, er det derfor valgt å bruke datagrunnlaget fra perioden 1907 – 1959, altså perioden der det var etablert noe reguleringskapasitet i vassdraget.

Resultater av frekvensanalysen for perioden 1907 – 1959 og 1960 – 2024 er vist i Figur 11 og representerer gjentakintervall for hhv. $H_{100} - H_{1000}$ og $< H_{100}$. Gumbel- og GEV-fordelingen gir sammenfallende tilpasning til dataene for begge periodene. Det velges å bruke den mer robuste Gumbel-fordelingen for begge. Resulterende vannstander for forskjellige gjentakintervall er presentert i Tabell 2.



Figur 11 Frekvensplott for periodene 1907 – 1959 (noe regulert) og 1960 – 2024 (betydelig regulert).

Tabell 2 Vannstander for forskjellige gjentakintervall fra flomfrekvensanalysen (moh., NN2000).

Norsjø v/Løveid ovf. Dataperiode	H ₂₀	H ₅₀	H ₁₀₀	H ₂₀₀	H ₅₀₀	H ₁₀₀₀
1907 – 1959 (53 år)	-	-	19.27	19.65	20.14	20.52
1960 – 2024 (65 år)	17.18	17.51	-	-	-	-

I analysen over er det brukt døgnmiddelverdier av vannstand, da det ikke er data tilgjengelig på finere tidsskritt i tiden før 2001. Kulminasjonsflommen vil imidlertid alltid være større enn døgnmiddelflommen, slik at en må søke å fastsette et forholdstall mellom dem for å kunne estimere kulminasjonsverdier. Det er i utgangspunktet ikke ventet å være store forskjeller mellom døgn- og kulminasjonsverdier på grunn av den store selvreguleringen som er i vassdraget, inkludert selve Norsjø. En måte å estimere kulminasjonsfaktoren på, er ved å sammenligne kulminasjons- og døgnverdier for de største flommene i perioden det finnes findata. Den største differansen som er funnet er på 0.3 %, mens gjennomsnittet ligger ned mot 0.1 %. Om en utfører frekvensanalyse på både fin- og døgnverdier etter 2001 og sammenligner resultatene, ser en at H₂₀₀ gir 6 cm differanse og H₁₀₀₀ gir 7 cm. Dette tilsvarer en differanse på mellom 0.3 og 0.4 %. På bakgrunn av dette, legges det til grunn en kulminasjonsfaktor på 1.003 for fastsettelse av kulminasjonsflommen.

2.4 Erfaringstall

I forbindelse med flomsonekartleggingen utført på 2000-tallet, ble det utført en flomberegning for Skienselva inkludert Norsjø. I *Flomberegning for Skienselva* [1], er det gjort en tilsvarende vurdering rundt fastsettelsen av datagrunnlaget. Her benyttes en kortere dataperiode fra Norsjø (1937 – 1959) for de største gjentakintervallene. Avgrensningen er begrunnet mest for å kunne sammenligne resultatene direkte med tilsvarende tilgjengelige dataperioden for vannføring i Skienselva. Her finnes det ikke data tilgjengelig i tiden før 1937. Omregnet til NN2000-høyder, gav denne analysen H₂₀₀ lik 19.00 moh. og H₅₀₀ lik 19.42 moh., altså hhv. 0.65 m og 0.72 m lavere vannstand for døgnmiddelflommen enn det som er estimert her. Det må sies at et datagrunnlag på 23 år er i korteste laget for å estimere flommer for store gjentakintervall, så det forventes stor usikkerhet i analysen som ble utført i 2001. Et annet moment er at største observerte flom inntraff i 1927 og dermed ikke er med i datagrunnlaget som ble brukt da, mens den er med i analysen utført her. Det er dermed å forvente at analysen utført i 2001 vil gi lavere verdier for gjentakintervall ≥ 100 år.

I *Flomberegning for Ulefoss* [2], refereres det til en kulminasjonsfaktor på 0.3 % framkommet ved routing av Q₁₀₀₀ tilløpsflom gjennom Vestvatna for å fastsette avløpsflommen til Hogga kraftverk. Altså kom de fram til samme forholdstallet som er brukt her.

2.5 Valg av flomstørrelse og klimapåslag

For å ta hensyn til fremtidige endringer i klimaet er det utarbeidet klimaprofiler for ulike deler av landet (www.klimaservicesenter.no). I klimaprofilen for Telemark er det som følge av økte nedbørsintensiteter og -mengder anbefalt å legge til et klimapåslag på minst 20% for nedbørfelt der en i dag kan få større regnflommer. For de store elvene er det imidlertid ikke forventet noen økning i flomstørrelsene i framtiden. Ulefoss er nevnt spesielt, med en anbefaling om 0 % klimapåslag.

I Tabell 3 oppsummeres de estimerte flomvannstandene i Norsjø.

Det velges på dette grunnlaget å legge til grunn en kulminert 200- og 1000-års flomvannstand på hhv. 19.71 moh. og 20.58 moh.

Tabell 3 Flomvannstander for H_{200} og H_{1000} i Norsjø (NN2000).

Metode	H_{200} (moh.)	H_{1000} (moh.)
FFA (døgnmiddel)	19.65	20.52
FFA (kulminert)	19.71	20.58
Erfaringstall (døgnmiddel)	19.00	-
Valgt flomverdi (0% klimapåslag)	19.71	20.58

3 Sikkerhetsmargin, kvalitet og usikkerheter

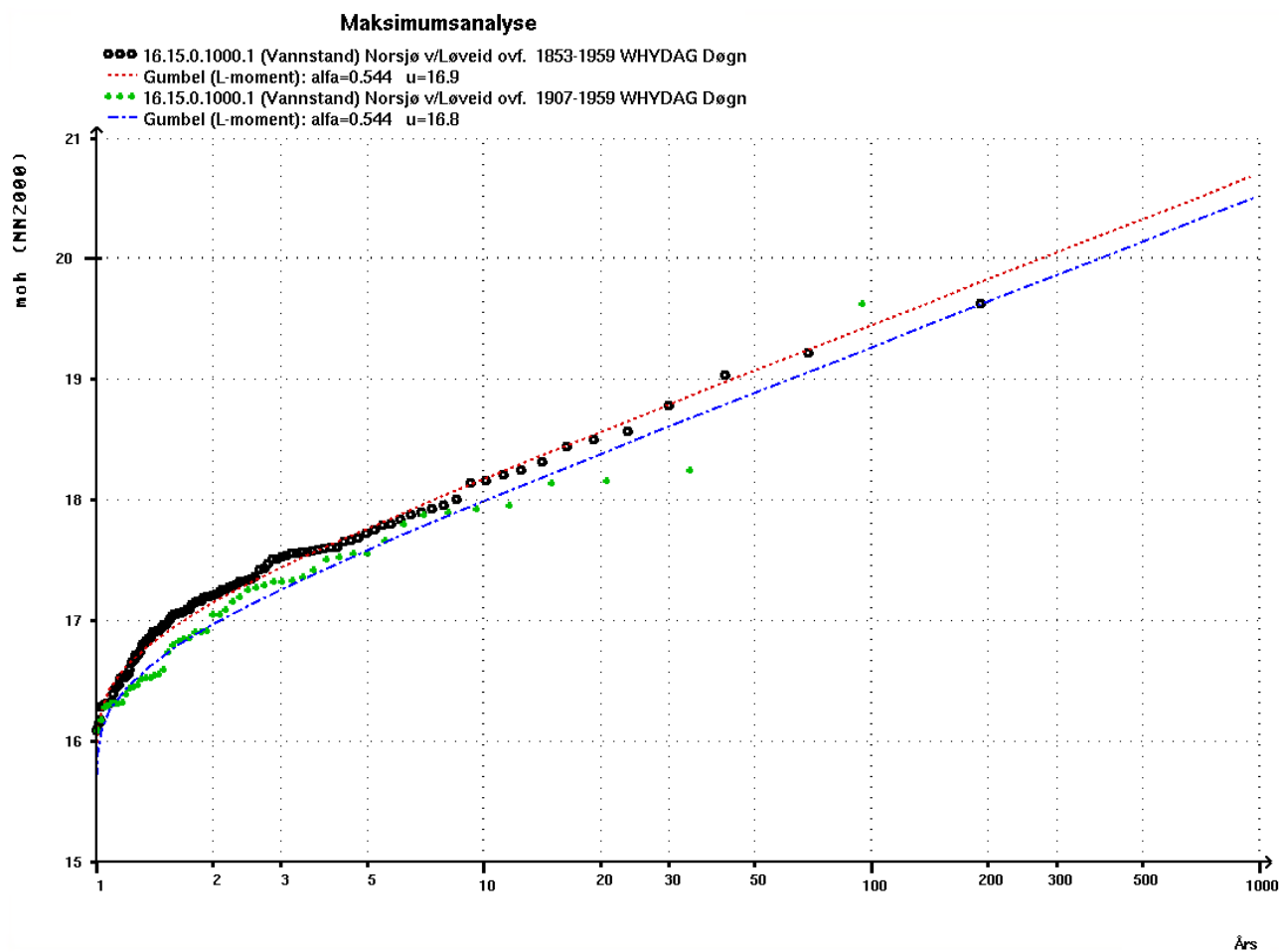
3.1 Vurdering av sikkerhetsmargin, kvalitet og usikkerheter

For alle byggesaker skal behovet for et vertikalt sikkerhetspåslag på beregnede flomnivåer vurderes. Det gjøres for å ta hensyn til usikkerheter i beregningene. For analyser der hydraulisk vannlinjeberegning inngår, fastsettes størrelsen på sikkerhetspåslaget ved å øke vannføringen med prosentvise påslag (Bakkan, Monica m.fl., 2022) og avhenger av kvaliteten på det hydrologiske grunnlaget og hvor bra kalibreringsdataene er. Analysen som er utført her, er gjort direkte på vannstandsdata uten behov for egen vannlinjeberegning. Sikkerhetspåslaget fastsettes derfor på bakgrunn av vurderinger rundt kvalitet og usikkerheter i datagrunnlaget og beregningsmetodikken.

Det største bidraget til usikkerhet i denne beregningen er å fastslå effekten av den omfattende vassdragsreguleringen for store gjentakintervall. Det finnes ingen måter å fastslå dette nøyaktig, slik at en er tvunget til å basere seg på faglige vurderinger og antagelser. For beregningsmetoden som er brukt her, er det antatt at effekten av reguleringene blir gradvis mindre med økende gjentakintervall større enn 100 år. Det er nærliggende å tro at for de virkelig store flommene, vil reguleringskapasiteten være nær fylt opp og gi liten mulighet for manøvrering av flommen i vassdraget. På bakgrunn av denne vurderingen, er datagrunnlaget avgrensa til perioden der vassdraget har vært noe regulert. Hvis en sammenligner denne frekvensanalysen med en utvidet periode som også inkluderer tilnærmet uregulerte forhold tilbake til 1853, får vi en økning i vannstandene på ca. 20 cm ved både H_{200} og H_{1000} (Figur 12). Dette kan være en god pekepinn for størrelsen på sikkerhetspåslaget.

Datagrunnlaget kommer fra en målestasjon som befinner seg i Norsjø og vil derfor gjelde direkte for analyseområdet ved Søve gruver. Det er en meget lang tidsserie, med sammenhengende observasjoner helt tilbake til 1852. Serien er ikke homogen, med det at vassdraget er blitt bygd ut gjennom årene. De største endringene i reguleringskapasiteten kom noe etter starten og midten av 1900-tallet, slik at tidsserien er delt opp i tre perioder som ansees tilnærmet homogene. Det endelige datagrunnlaget som er brukt, vurderes som brukbart.

Endelig fastsettelse av sikker byggehøyde er oppsummert i Tabell 4.



Figur 12 Frekvensplott for perioden 1853 – 1959 (ubetydelig og noe regulert) og 1907 – 1959 (noe regulert).

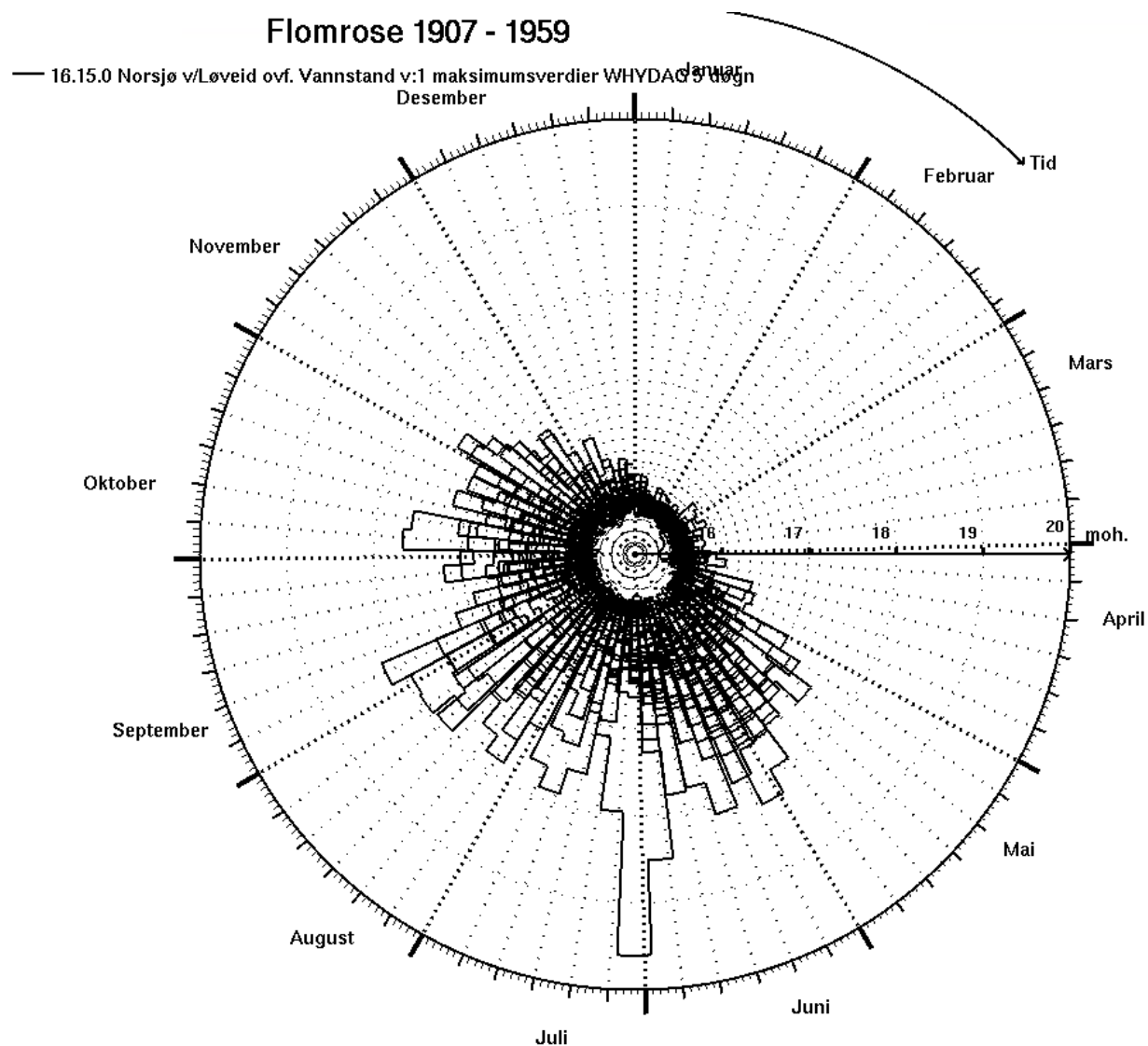
Tabell 4 Klassifisering av beregningskvalitet og påslag for endelig fastsettelse av sikker byggehøyde.

Hva	Klasse / nivå
Klassifisering av flomberegning	Klasse 2
Beregnet vertikal sikkerhetsmargin	0.20 meter
Sikker byggehøyde for F2 (avrundet opp til nærmeste hele 0.1 m)	20.0 moh.
Sikker byggehøyde for F3 (avrundet opp til nærmeste hele 0.1 m)	20.8 moh.

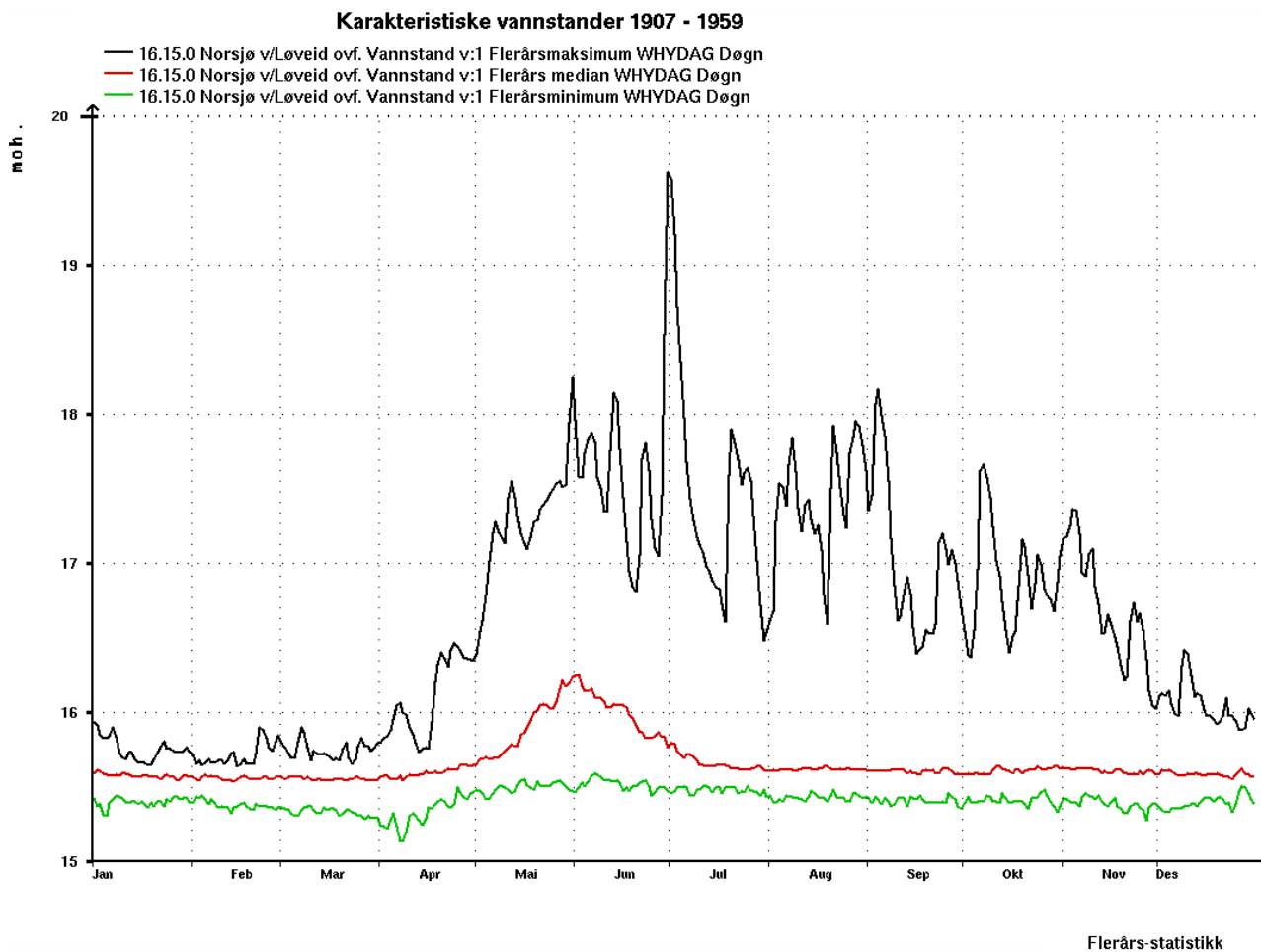
4 Vedlegg og referanser

4.1 Vedlegg

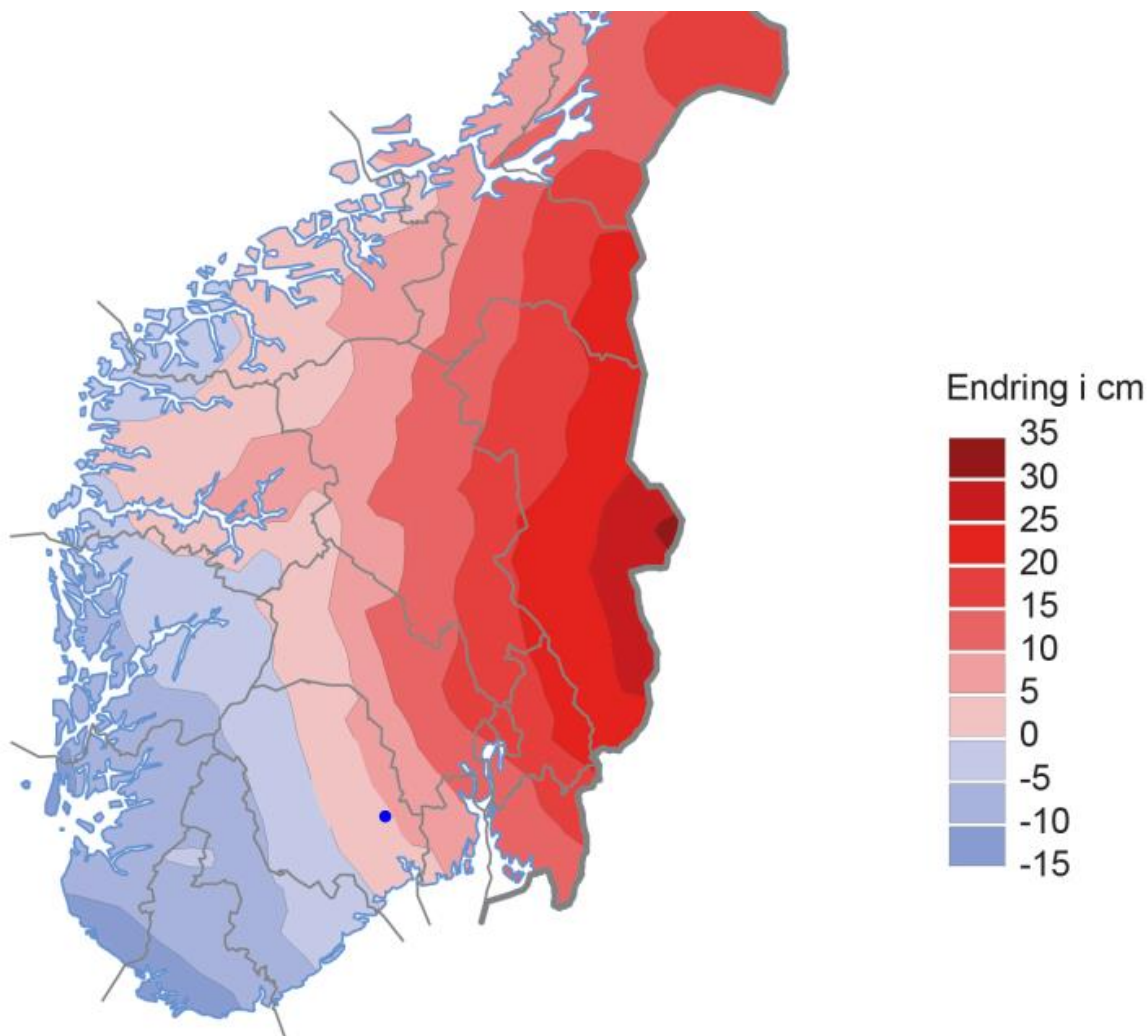
Vedlegg 1 Flomrose for Norsjø (1907 – 1959), representert som polarplott av maksimalverdier for vannstand over 5 døgn.



Vedlegg 2 Vannstandsvariasjonen gjennom året for Norsjø (1853 – 1907).



Vedlegg 3 Høydedifferanse mellom NN2000 og NN1954 fra Statens kartverk. Blått punkt angir analyseområdet.



Endring i høyde ved overgang fra NN1954 til NN2000

4.2 Referanser

- [1] Pettersson, Lars-Evan (2001). Dokument 16/2001 Flomsonekartprosjektet. Flomberegning for Skienselva. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.
- [2] Pettersson, Lars-Evan (2006). Dokument 5/2006 Flomsonekartprosjektet. Flomberegning for Ulefoss. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.
- [3] Bævre, Ingebrigt, Øydvin, Eli K. (2006). Flomsonekart 14/2006 Flomsonekart. Delprosjekt Ulefoss. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.