

► Flomberegninger for Nidelvstien

Sammendrag/konklusjon

I forbindelse med planlegging av Nidelvstien har Norconsult utført en flomvurdering av Nidelva, mellom Fjæremfossen og Øvre Leirfossen, på oppdrag fra Trondheim kommune.

Det er planlagt to gangbroer over Nidelva, én ved Nordsetfossen og én øst for Tiller. Bro øst for Tiller vil ligge 1.8 km oppstrøms dam Øvre Leirfossen, mens broa ved Nordsetfossen vil ligge rett oppstrøms Nordsetfossen, ca. 1 km nedstrøms dam Fjæremfossen. Det er ikke tatt hensyn til at broene kan modifisere terrenget. Det vil si det er antatt at landkarene ligger utenfor flomsonen, det er ingen pilarer og underkant på broene har god klarering over flomvannstand. Hvis broene innsnevrer elven, kan dette også øke vannstanden i området.

Denne rapporten vurderer vannstand ved 200-årsflom ved tre tverrprofiler, to ved Nordsetfossen og ett øst for Tiller. Beregnet 200-årsflom for Fjæremfossen – Øvre Leirfossen er 878 m³/s. Flomvannstanden er beregnet til 83.7 – 73 moh. (NN2000), fra øverst til nederst på beregningsstrekningen. I profil 1 er den 81.9 moh og 80.75 moh. i profil 2. I profil 3 er vannstanden 74.6 moh.

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

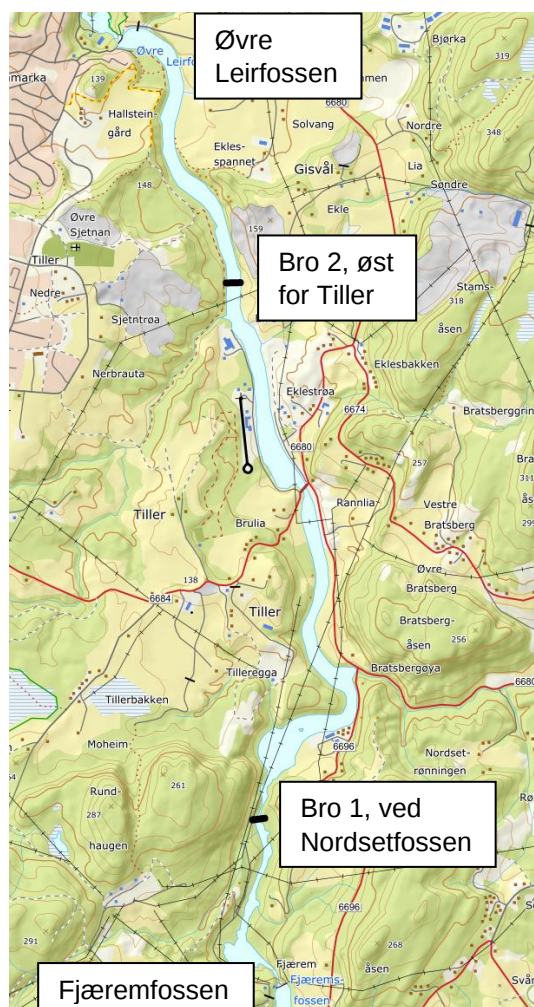
E01	2021-09-30		Julie Nymark Eikeland	James William Lancaster	
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

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.

1 Feltbeskrivelse

I forbindelse med planlegging av ny Nidelvsti langs Nidelva i Trondheim kommune, planlegges det to nye gangbroer over Nidelva. En ved Nordsetfossen, ca. 1 km nedstrøms Fjæremfossen og en lenger nedstrøms, øst for Tiller ca. 1.8 km oppstrøms Øvre Leirfossen. Oversikt er vist på Figur 1. Det skal derfor ses på konsekvensen av en 200-årsflom i dette området. Helningen fra nedstrøms Nordsetfossen til Øvre Leirfossen er tilnærmet lik 0. Fra Fjæremfossen til Nordsetfossen er helningen 0,1 %. Nordsetfossen har en helning på 4 %.

Nidelva er kraftig regulert, og rett oppstrøms Nordsetfossen ligger Fjæremfossen vannkraftverk. I regulerte elver har små gjentakintervallflommer lite innvirkning, da magasinene oppstrøms ofte har god dempingeffekt. Ved større flommer vil derimot denne dempingeffekten ikke være like god, og man kan risikere at det blir større vannføringer.



Figur 1 Oversikt over området.

2 Dimensjonerende flom

2.1 Målestasjoner

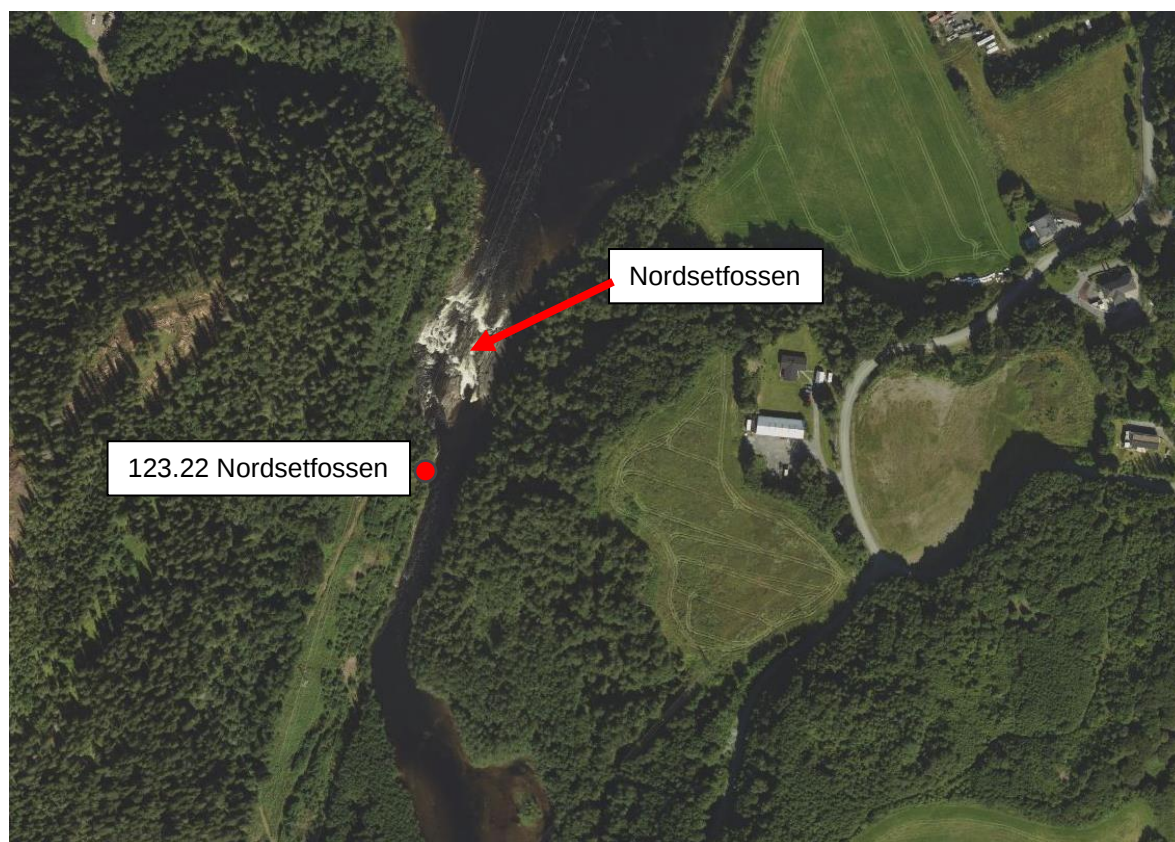
I NVE sin flomberegning av Nidelva fra 2001 [2] er det brukt data fra 1888 til 1999. De har sett på 8 målestasjoner i feltet, men av disse er det bare en stasjon som fortsatt er operativ, 123.20 Rate. De andre ble lagt ned før 1999. I 1950 ble 123.20 Rate regulert, og NVE har derfor gjort en flomfrekvensanalyse for 1950-1999.

Data fra 123.20 Rate fram til 2020 er brukt for å finne skaleringsfaktor for å dimensjonere 200-årsflom ut fra NVE sin flomberegning og Norconsult sin flomberegning for Nea-Nidelva [3].

For å finne vannstand ved 200-årsflom ved Nordsetfossen ble målestasjon 123.22 Nordsetfossen anvendt. Den ligger rett oppstrøms Nordsetfossen, vist i Figur 2. Verdier for målestasjonene er vist i Tabell 1.

Tabell 1 Målestasjoner brukt for Nidelva.

Målestasjon	Areal (km ²)	Periode	Høyde moh (min-med-max)	Eff. Sjø (%)	Årsavløp (l/s/km ²)	Snaufjell (%)
123.23 Rate	3058	1950-2020	14-686-1772	2.4	30.43	35.92
123.22 Nordsetfossen	3006	1965-2017	79-694-1772	2.49	30.68	36.54



Figur 2 Oversikt over området ved Nordsetfossen

2.2 Flomberegning

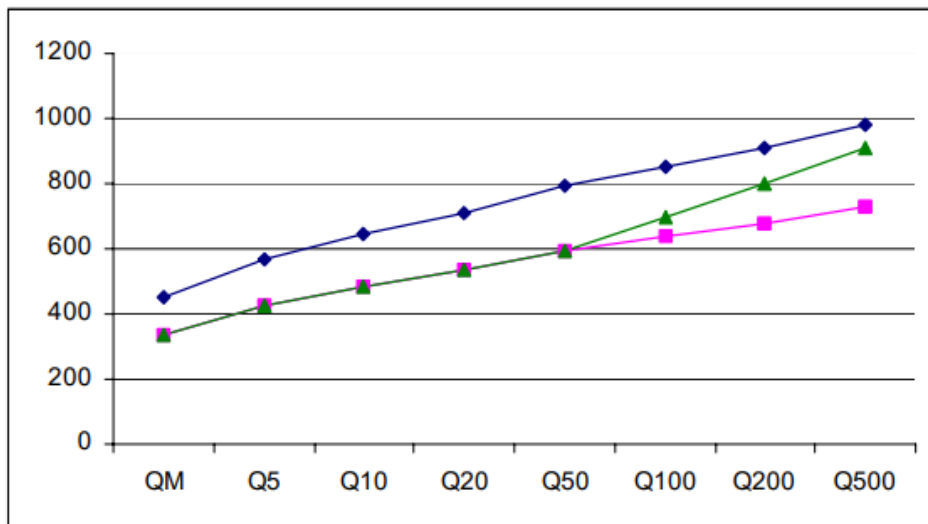
Ved å sammenligne NVE sine beregninger med flomfrekvensanalysen av 123.20 Rate, vises det at middelflommen (kulminasjonsverdi) er redusert litt når det legges til mer data fra 1999 til 2020 i flomfrekvensanalysen, fra ca. 355 (1950 til 1999) til 343 m³/s (1950 til 2020). 200-årsflommen (kulminasjonsverdi) er gått ned fra ca. 712 til 702 m³/s. Det er blitt brukt kulminasjonsfaktor 1.05 for begge beregninger.

Tallene i Tabell 2 er basert på regulerte vannføringer i Nidelva som målt ved Rate. Ved større flommer kan det forventes at reguleringen vil ha mindre dempende effekt enn ekstrapolering av observerte vannføringer tilsier, og verdiene underestimerer derfor trolig vannføringer ved de største flommene.

Tabell 2 Flomverdier for ulike gjentakintervall, før korrigering mot uregulerte forhold.

Gjentaksintervall (år)	Q _T /Q _M	Q _T (m ³ /s)	Q _{kulminasjon} (m ³ /s)
Middel	1	326	343
5	1.26	412	432
10	1.44	469	493
20	1.60	521	547
50	1.79	583	612
100	1.92	627	658
200	2.05	668	702
500	2.21	721	758
1000	2.33	760	798

Fra NVEs rapport 5-01 kunne graf vist i Figur 3 hentes. Denne viser regulerte forhold ved store gjentakintervall som beregnet av NVE. Man kan se at etter Q₁₀₀ nærmer vannføringene seg mer og mer uregulerte forhold. I Tabell 3 er verdier for store gjentakintervall vist. NVEs beregninger fra 1950-1999 er hentet fra NVEs rapport 5-01. For å vite hvor mye som skulle legges til på Norconsults beregninger for Q_{kulminasjon} fra 1950-2020 for store gjentakintervall, er det sett på NVEs beregninger. Forholdet mellom resultater fra NVEs flomfrekvensanalyse og deres anslåtte verdier for store gjentakintervall er brukt som skaleringsfaktor for å anslå vannføring for store gjentakintervall. Norconsults beregninger ligger mellom 13 og 18 m³/s lavere enn NVEs beregninger. Dette kommer fra flomfrekvensanalysen Norconsult har gjort.



Figur 3 Flomverdier for 123.20 Rate i m³/s. Øverste kurve viser uregulert forhold og nederste kurve viser regulerte forhold, mens midtre kurve antas å representere regulerte forhold ved store gjentakintervall

Tabell 3 Flomverdier for 123.20 Rate. Anslåtte regulerte verdier ved store gjentakintervall fra NVEs og Norconsults beregninger.

Q	NVEs beregninger 1950 – 1999	Norconsults beregninger 1950 – 2020
	Anslått for store gjentakintervall m ³ /s	Anslått for store gjentakintervall m ³ /s
Middel	355	343
5		432
10	505	493
20	560	547
50	625	612
100	735	720
200	840	822
500	955	938

Fra flomberegningene til Norconsult [3] er Q₁₀₀₀ for Øvre Leirfoss 992 m³/s. Dersom rutingmodellen som ble benyttet i flomberegningene blir benyttet med skaleringsfaktorene fra NVE sin rapport, får man verdiene vist i Tabell 4. Det er disse verdiene som er brukt i den hydrauliske vannlinjeberegningen. Disse verdiene er høyere enn NVEs beregninger for 200-årsflom med 38 m³/s.

Tabell 4 Skalerte vannføringer for Øvre Leirfoss fra rutingmodell med skaleringsfaktorer.

Situasjon	Skaleringsfaktor	Øvre Leirfoss (m ³ /s)
Q ₁₀₀₀	1	992
Q ₅₀₀	0.93	926
Q ₂₀₀	0.88	878

2.2.1 Klimapåslag

Klimafaktor for Nidelva er satt til 0, fra NVEs rapport Klimaendring og framtidige flommer i Norge [5]. Det er derfor ikke tatt med noe klimapåslag i beregningene.

3 Vannlinjeberegning

Det er utført 2D vannlinjeberegning i HEC-RAS 6.0.0. Den hydrauliske modellen er bygget opp av terrengdata hentet fra hoydedata.no. Denne terrengdataen er i NN2000, mens høydene hentet fra Norconsult sin flomberegning baserer seg på Statkraft sin lokalhøyde. Der Statkraft oppgir 73 moh. som HRV ved Øvre Leirfoss, er det 71.629 moh. i NN2000. Høydene er derfor justert til NN2000 for modellen. Laserdata gir vannstand ca. 71.6 m på skannedato, som stemmer godt med NN2000 sin verdi for HRV.

Modellen blir først kjørt på laserdata. Dette er rød LiDAR og tar dermed ikke hensyn til elvebatymetrien, da den ikke gjennomtrenger vannoverflaten. Det er altså vannoverflaten som settes til elvebunn. Dette gir et veldig konservativt resultat.

For Nordsetfossen er det sett på to tverrsnitt, da det ikke er planlagt eksakt hvor broen skal ligge. Siden sideterrenget varierte såpass mye i ved dette området er det sett på to tverrsnitt for å vise flomsituasjonen ved flere punkt. For gangbro ved Tiller er det kun sett på ett tverrsnitt, da terrenget ikke varierer i dette området.

3.1 *Elvebatymetri*

Statkraft har målt inn elvebunnen fra nedstrøms Nordsetfossen til Øvre Leirfoss. Dette ble utført 8. juli 2020 av GeoSubSea AS. Koter ligger i NN2000.

Det er ikke innmålt elvebatymetri for Fjæremsfossen til Nordsetfossen, men fra www.norgebilder.no kan man se at elva er grunn i dette området. Der broa skal krysse kan man se steiner som bryter vannoverflaten. Det er derfor valgt å ikke gjøre endringer på batymetrien på denne strekningen.

3.2 *Mannings n-tall*

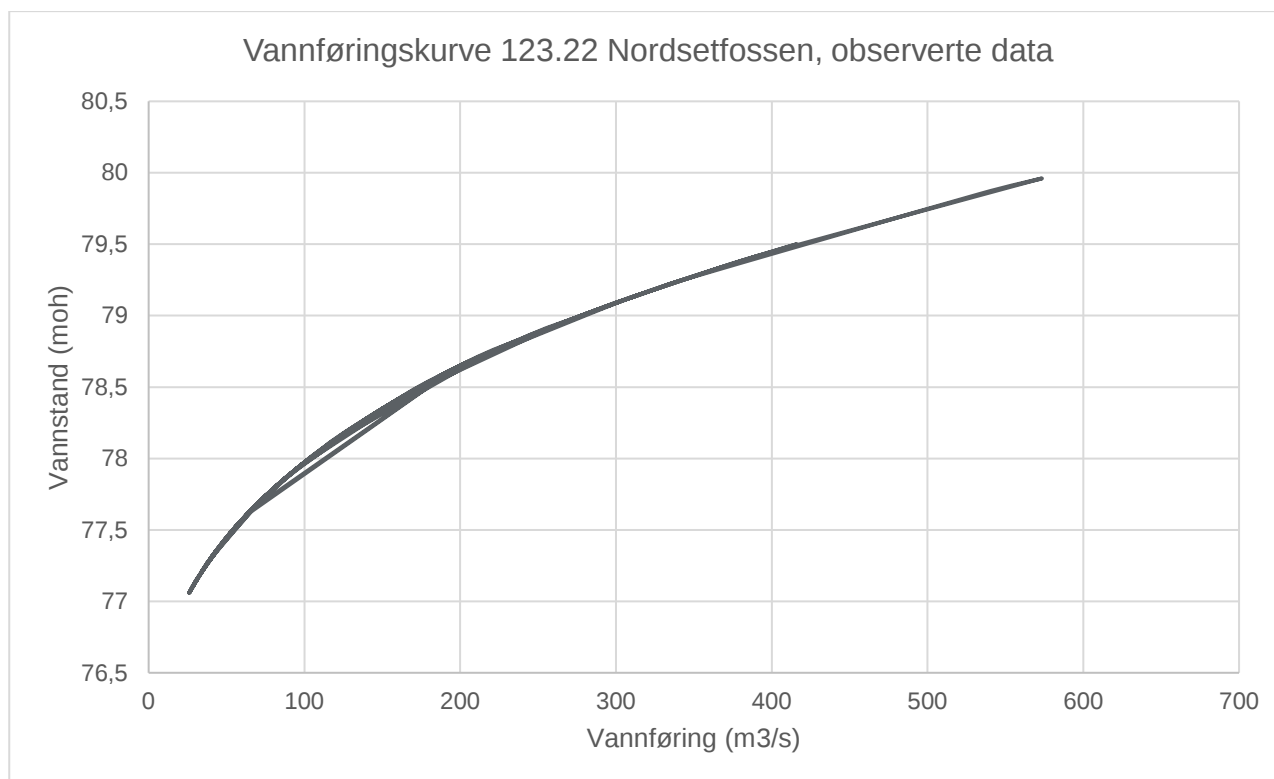
Mannings n-tallet beskriver ruheten i modellen, og er satt til 0.033 for elvekanalen og 0.05 for landskapet ved siden av, vist i Tabell 5. Landskapet har høyere ruhet grunnet at det er trær, busker og ujevnt terreng, men også landbruksområde noen steder. Verdiene er hentet fra Vassdragshåndboka [4].

Tabell 5 Mannings n-tall for modellen.

	Mannings n	Beskrivelse
Elveløp	0.033	Rene, svinget, noen kulper
Flom over åpent landskap	0.05	Busker og trær, noe åpent landskap

3.3 *Vannstand ved Nordsetfossen*

For å verifisere vannstanden ved Nordsetfossen ble det hentet ut observerte data om vannstands nivå og tilsvarende vannføringer i årene 1965-2017 fra NVEs database Hydra II. Disse dataene er hentet fra 123.22 Nordsetfossen, som har en lang måleserie som går fra 1965-2017. Det var noen dårlige år som ble plukket ut. Disse observerte dataene ga vannføringskurven vist i Figur 4.



Figur 4 Vannføringskurve basert på observerte data i Nordsetfossen

Målestasjonen 123.22 Nordsetfossen er privat, og eies av Statkraft. Statkraft bruker lokalhøyder for sine kraftverk, og i Norconsults flomberegninger for Nea / Nidelva i 2020 [3] er lokalhøydene til Statkraft sammenlignet med NN2000. Tabell 6 viser at det i Fjæremfossen er en differanse på 2.43 moh. fra NN2000 og i Øvre Leirfoss er det 1.37 moh. Siden Nordsetfossen ligger nærmest Fjæremfossen er det rimelig å anta at den vil være nærmere denne i høyde.

Tabell 6 Lokalhøyder for Statkraft sammenlignet med NN2000.

Dam	HRV (lokalhøyde) moh.	HRV (NN2000) moh.	Differanse m
Fjæremfossen	105,0	102,574	2,43
Øvre Leirfoss	73,0	71,629	1,37

Punktskyen terrengmodellen er laget av, ble skannet 2. juli 2015 og har en punkttetthet på 5pkt/m². I høydemodellen er vannstanden 74.77 moh., mens den observerte vannstanden er 77.84 moh. denne dagen. Dette gir en differanse på 3.07 m. Det ble også lastet ned en annen punktsky som ble skannet 6. juni 2008 med punkttetthet 1pkt/m², for å sjekke om differansen mellom punktsky og observert var det samme ved flere tidspunkt. 6. juni 2008 var differansen på 2.98 m. Dette betyr at det ikke var et engangstilfelle at differansen mellom punktsky og observert var på ca. 3 meter.

Heretter vil observert vannstand ved 123.22 Nordsetfossen bli justert ned med 2,4 – 3 m. Ved å hente ut observert vannstand ved 581 m³/s fra vannføringskurven og kjøre en simulering for å gjenskape denne vannstanden i den hydrauliske modellen, kan modellen verifiseres.

Tabell 7 Observert og justert vannstand ved 123.22 Nordsetfossen for vannføring på 580.96 m³/s.

	Q m ³ /s	Observert vannstand moh.	Justert vannstand moh.
123.22 Nordsetfossen	580.96	79.98	77 – 77.6

3.4 Grensebetingelse

Oppstrøms grensebetingelse er flomvannføring (kulminasjonsverdier) beregnet innledningsvis. For 200-årsflom er nedstrøms grensebetingelse vannstand ved Øvre Leirfoss. For største observerte vannføring ved Nordsetfossen er nedre grensebetingelse 71.629 moh., som er HRV ved Øvre Leirfoss. Begge nedre grenseverdier er hentet fra kapasitetskurve for Øvre Leirfoss i Norconsults flomberegninger for Nea/Nidelva [3]. Her er høydene konvertert til NN2000, altså er det trukket fra 1,4 m. Grensebetingelsene er vist i Tabell 8.

Tabell 8 Grensebetingelser.

Område	Scenario	Øvre grensebetingelse Vannføring (m ³ /s)	Nedre grensebetingelse Vannstand (moh.)
Fjæremsfossen – Øvre Leirfoss	200-årsflom	878	73
Fjæremsfossen – Øvre Leirfoss	Største observerte vannføring ved Nordsetfossen	581	71.629 (HRV ved Øvre Leirfoss)
Tillerbroa – Øvre Leirfoss	200-årsflom	878	73

4 Resultat og konklusjon

Det ble simulert vannstand ved største observerte vannføring, 581 m³/s, og 200-årsflom ved målestasjon 123.22 Nordsetfossen. Resultatet av dette er vist i Tabell 9. Simulert vannstand er høyere med 0.2-1 meter, men dette anses som rimelig, siden det ikke er tatt hensyn til elvens batymetri, og observert vannstand er justert ned. Vi anser derfor simulert vannstand for 200-årsflom ved Nordsetfossen som rimelig og eventuelt noe konservativ.

Tabell 9 Simulert vannstand mot observert vannstand ved 123.22 Nordsetfossen.

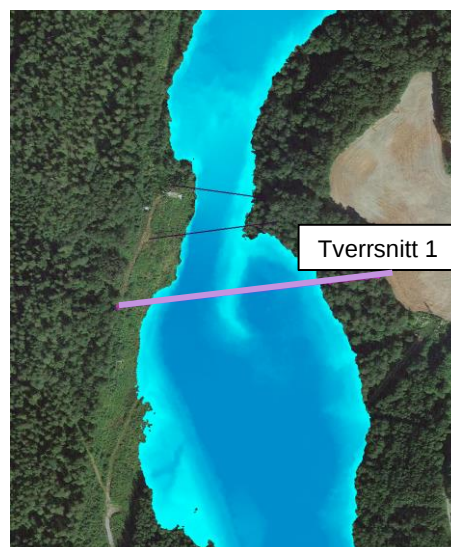
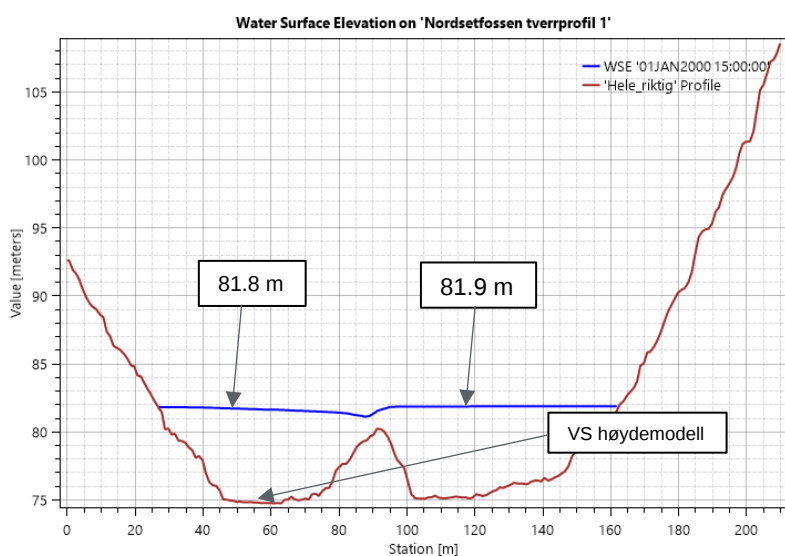
	Q m ³ /s	Vannstand ved målestasjon 123.22 moh.
Observert	581	77 – 77.6
Simulert i 2D vannlinjeberegning	581	77.8 – 78
Simulert i 2D vannlinjeberegning	878	78.33 – 79.06

Tabell 10 viser beregnet vannstand for 200-årsflom ved de to planlagte broene. Vannstanden for de to tverrsnittene ved Nordsetfossen ligger mellom 79.1 moh. og 81.9 moh., vist i Figur 5 og Figur 6. I profil 3 er vannstanden 74.6 moh., vist i Figur 7.

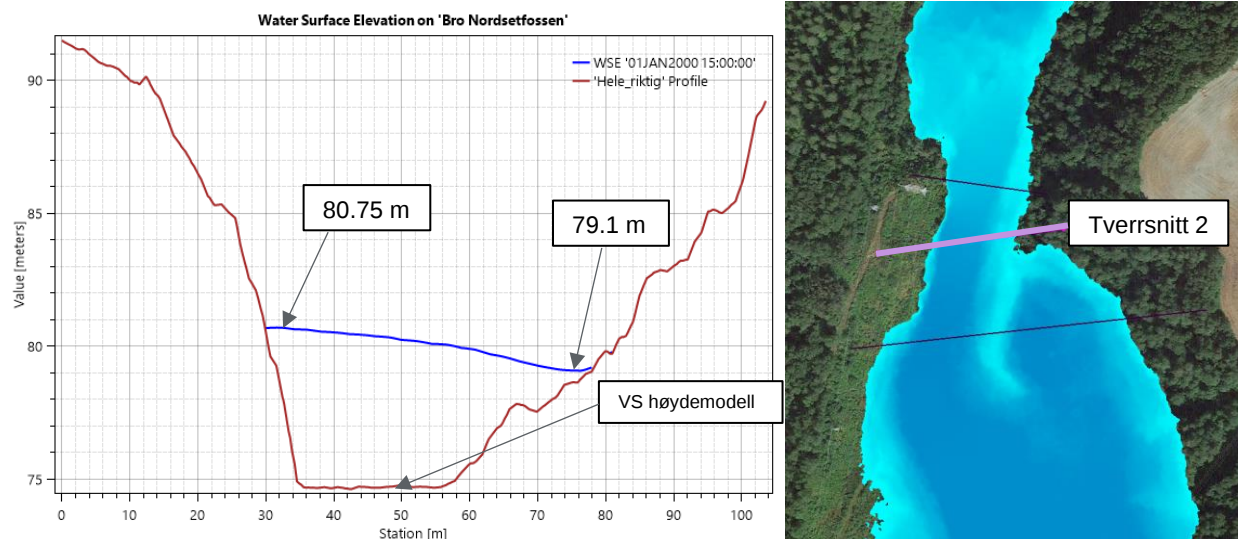
Som man kan se fra tverrsnittprofilene 1 og 2 blir en del av terrenget druknet ved Nordsetfossen ved 200-årsflom. Det er derfor viktig at både bro og gangveier blir lagt høyere i terrenget enn dette.

Tabell 10 Resultat for vannstand ved de to planlagte broene

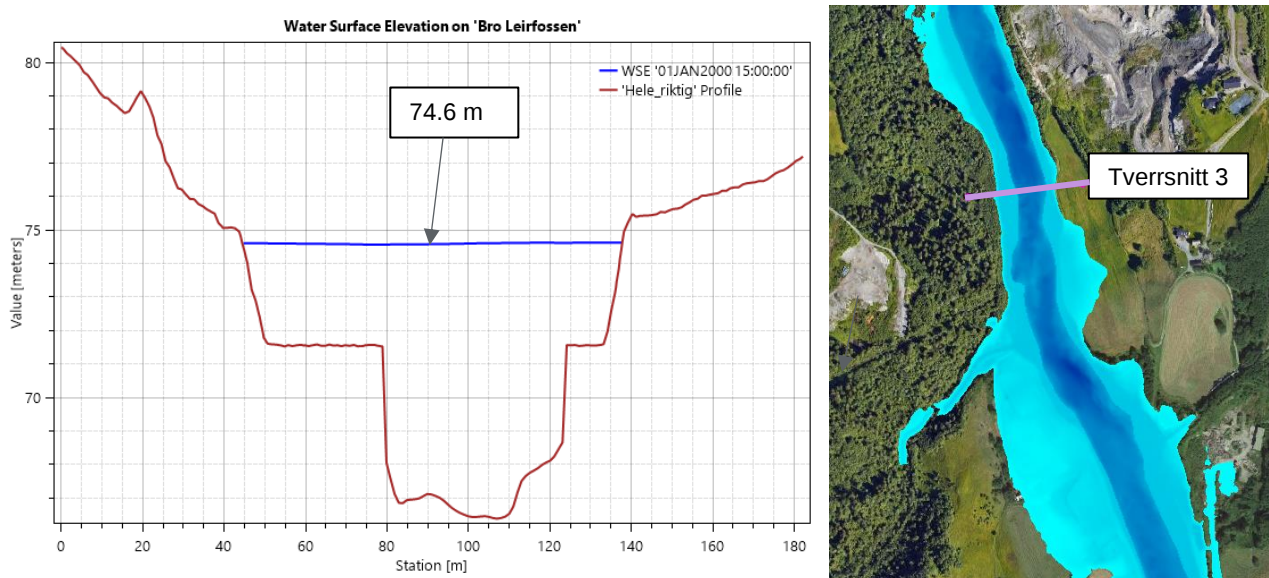
Bro	Tverrsnitt nr.	200-årsflom Vannstand moh.
Nordsetfossen	1	81.8 – 81.9
	2	79.1 – 80.75
Øst for Tiller	3	74.6



Figur 5 Tverrsnitt 1, Vannstand for 200-årsflom ved Nordsetfossen bro (venstre) og flomsone og tverrsnitt plassering (høyre).

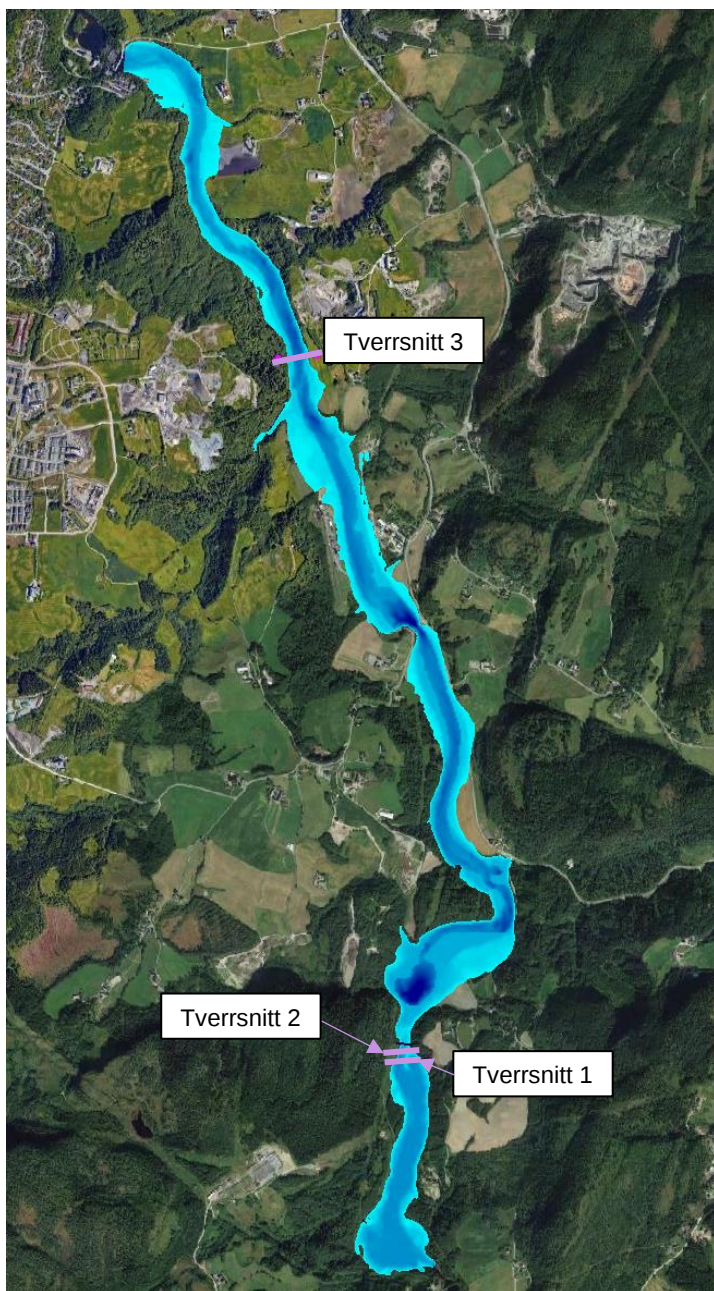


Figur 6 Tverrsnitt 2, Vannstand for 200-årsflom ved Nordsetfossen bro (venstre) og flomsone og tverrsnitt plassering (høyre)



Figur 7 Tverrsnitt 3, vannstand for 200-årsflom ved bro øst for Tiller.

I Figur 8 er flomsone for hele strekningen vist. Ser at ved 200-årsflom brer flomsone seg utover terrenget ved elva.



Figur 8 Flomsone for hele strekningen ved 200-årsflom.

5 Diskusjon og vurdering av resultat

Det er ikke tatt hensyn til at broene kan modifisere terrenget. Det vil si vi har antatt at landkarene ligger utenfor flomsone, det er ingen pilarer og underkant på broene har god klarering over flomvannstand. Hvis broene innsnevrer elven, kan dette også øke vannstanden i området.

Det er ikke tatt hensyn til batymetri i elven ved beregningene for Nordsetfossen, og det er derfor konservative resultat. Simuleringene er verifisert ved å simulere en observert vannføring, og resultatene for

dette stemte overens med det som ble observert. Det var derfor ikke nødvendig å modifisere elvebatymetrien for Nordsetfossen.

6 Referanser

1. NVE (2009), Nidelva og Gaula, Report 1-2009.
2. NVE (2001), Flomberegning for Nea-Nidelvassdraget, Report 5-2001.
3. Norconsult (2020), Flomberegning Nea / Nidelva
4. Fergus (2010). Vassdragshåndboka.
5. NVE (2016), Klimaendring og framtidige flommer i Norge, Report 81-2016.