

Oppdragsgiver: Tippetue Arkitekter AS

Oppdragsnr.: 5200392 Dokumentnr.: 01

Til: Tippetue Arkitekter AS

Fra: Kuganesan Sivasubramaniam

Dato: 2023-11-07

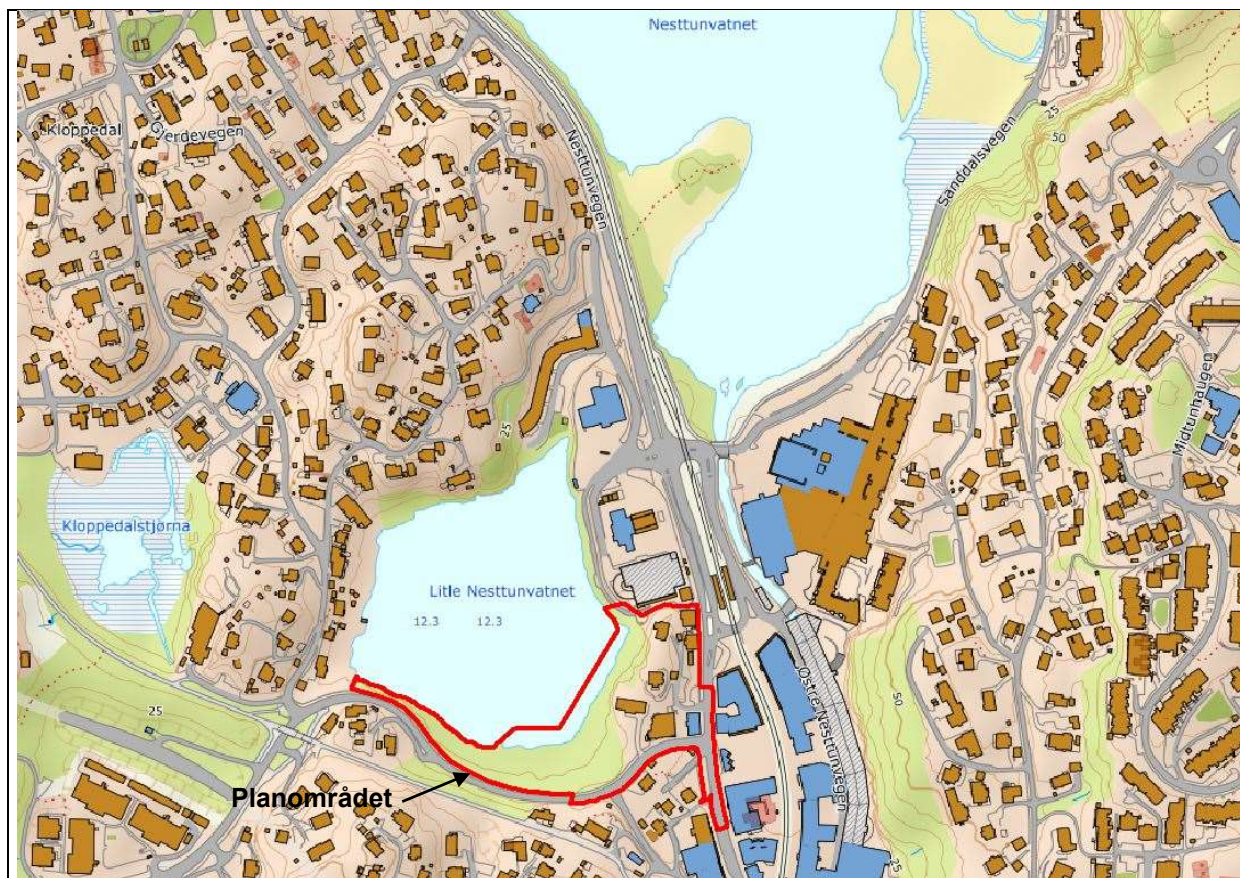
► Flomvurdering Litle Nesttunvatnet

Innledning

Norconsult AS er engasjert av Tippetue Arkitekter AS for å vurdere flomfaren knyttet til Litle Nesttunvatn i Bergen kommune. Arbeidet gjøres i forbindelse med utarbeidelse av detaljregulering for Bustadprosjekt Litle Nesttunvatnet. Oversiktskart med markering av det aktuelle planområdet for Litle Nesttunvatnet er vist i Figur 1.

Vurderinger basert på NVEs nye veileder for flomfarekartlegging viser at bebyggelsen i vestre del av planområdet ikke berøres som følge av nye anbefalinger til vurdering av usikkerhet i flomberegninger, inkludert sikkerhetsmargin. Dette fordi området ligger høyere enn beregnet flomvannstand, også med anbefalte påslag.

Det er gjort beregninger for flom med gjentakintervall på 200 år uten og med klimapåslag.



Figur 1: Oversiktskart med markering av det aktuelle planområdet, Litle Nesttunvatnet.

Hydrologiske beregninger

Flomberegninger for Nesttunvatnvassdraget ble utført av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) i 2014, og beregningene er beskrevet i rapporten «Flomberegning for Nesttunvassdraget» [1]. Litle Nesttunvatnet er et mindre sidefelt til Nesttunvassdraget ved Nesttun. Beregning av flomstørrelse for Litle Nesttunvatnet er i dette notatet utført ved bruk av nasjonalt formelverk for små nedbørfelt og den rasjonale formel. Feltegenskaper til Litle Nesttunvatn er vist i Tabell 1, og resultatet fra flomberegninger vha. de to metodene er vist i Tabell 2.



Figur 2: Nedbørfelt til Litle Nesttunvatnet

Tabell 1: Feltegenskaper Litle Nesttunvatnet nedbørfelt (inkl. Litle Nesttunvatnet)

Felt	Areal (km ²)	Eff. sjø (%)	Skog (%)	Bebyggd og samferdsel (%)	Årstilsig (NVE avrenningskart 1961-90) (l/s/km ²)
Litle Nesttunvatn	0,46	7,8	9	79	65

Basert på formler for små nedbørfelt gitt i nasjonalt formelverk [3] er 200-årsflom beregnet. Beregnet flomstørrelse gjelder avløpsflommen fra Litle Nesttunvatnet.

Avrenningen (Q) i den rasjonelle formelen er basert på målt nedbør, gitt ved:

$$Q = C * I * A$$

her C = avrenningsfaktor
i = dimensjonerende nedbørintensitet, (l/s* ha)
A = feltareal (ha)

I denne analysen er IVF-kurven (Intensitet-varighet-frekvenskurver) for 50480 Bergen–Sandli brukt for å beregne nedbørintensiteten med 200-års returperiode. Konsentrasjonstiden er beregnet ved bruk av formler gitt i Statens Vegvesens håndbok N200 [4] for naturlige felt, da nedbørfeltet ut fra flyfoto i hovedsak består av villabebyggelse med overvekt av gressbevekste hager. Avrenningsfaktor (C=0,5) for 10-års returperiode er valgt for parkområder og grusveger basert på feltegenskaper, og C for 200 års returperiode fås ved å multiplisere med 1,3, som angitt i håndbok N200. For å ta hensyn til usikkerheten ved beregning av dimensjonerende avrenning er det brukt sikkerhetsfaktor (F_u) som anbefalt i Statens vegvesens håndbok [4].

Tabell 2: 200 årsflom beregnet med to metoder (Kulminasjonsverdi)

Felt	Nasjonalt formelverk for små nedbørfelt		Rasjonale formel			
	Q ₂₀₀ (l/s*km ²)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)	Konsen- trasjonstid (min)	Q ₂₀₀ spes. (l/s*km ²)	Q ₂₀₀ med sikkerhetsfaktor (F _u =1,2)	
					(l/s/km ²)	(m ³ /s)
Litle Nesttunvatnet	2800	1,29	308	2275	2730	1,26

Området er med stor andel bebygd og samferdsel. Som sett i Figur 2 er likevel feltet dekket med betydelig grøntareal, og høy effektiv sjøprosent i tillegg. Vi har valgt rasjonale metode for naturlige felt. Den rasjonale formel for naturlige felt inkl. sikkerhetsfaktor gir sammenlignbar verdi for 200-årsflom som nasjonalt formelverk for små nedbørfelt. Spesifikk 200-års kulminasjonsvannføring i Nesttunvassdraget er 3333 l/s/km² fra [1], og den tilsvarer ca. 1,5 m³/s for Litle Nesttunvatn. Ut fra dette har vi valgt 200-årsflom lik 1,5 m³/s for Little Nesttunvatn.

Klimaframskrivninger for Norge tilsier endringer i fremtidig temperatur- og nedbørforhold. I rapporten «Klimaendring og fremtidige flommer i Norge» [7], har NVE sett på hvordan klimaendringer vil føre til endringer i flomstørrelser frem mot år 2100. I rapporten [7] anbefales det et klimapåslag på 20% for Nesttunvassdraget. NVEs veileder for flomberegninger anbefaler et klimapåslag på 40% for alle nedbørfelt mindre enn ca. 10 km² [6]. Det er valgt å bruke et klimapåslag på 20% for Nesttunelva og 40% for Litle Nesttunvatn. Flomverdier for Litle Nesttunvatn og Nesttunelva er presentert i Tabell 3.

Tabell 3: Valgte flomverdier (kulminasjonsverdi) i hydraulisk modell (20% klimapåslag for Nesttunelva og 40% for Litle Nesttunvatn).

Felt	Q ₂₀₀ (m ³ /s)	Q ₂₀₀ inkl. klimapåslag (m ³ /s)
Litle Nesttunvatn	1,5	2,1
Nesttunelva*	110	132

* hentet fra [1]

Hydrauliske beregninger

Vannstandsstigning og flomutbredelse langs Nesttunelva og Litle Nesttunvatnet er beregnet ved bruk av en 2-dimensjonal hydraulisk modell satt opp i dataprogrammet HEC-RAS. Grunnlaget for modellen er detaljert høydemodell fra Scalgo (<https://scalgo.com/>) basert på laserdata over området, og den har en oppløsning på 1 m x 1 m [5]. Høydene i modellen refererer til høydedatum NN2000. Vannstand, vannføring og vannhastighet i modellen beregnes for celler i et «beregningsmesh». Cellestørrelsen i modellen er satt til 2x2 meter i elven og områdene tett på. Områder med mindre krav til stor nøyaktighet har cellestørrelse på 4x4 meter.

Modellen som beregner flomutbredelse knyttet til Litle Nesttunvatnet starter rett etter brua langs Nesttunelva og rett oppstrøms Litle Nesttunvatnet. Modellen dekker området mellom Litle Nesttunvatn og Nesttunelva, og er avsluttet i Nesttunvatnet. Oversiktskart som viser modellert område, er vist i Figur 3.

Grensebetingelser

2D-modellen er satt opp med en øvre og nedre grensebetingelse hvor oppstrøms grensebetingelse er flomvannføring inn på beregningsstrekningen. Flomvannføringen er momentanverdi for flom, som vist i Tabell 3 og konstant for hele beregningsstrekningen.

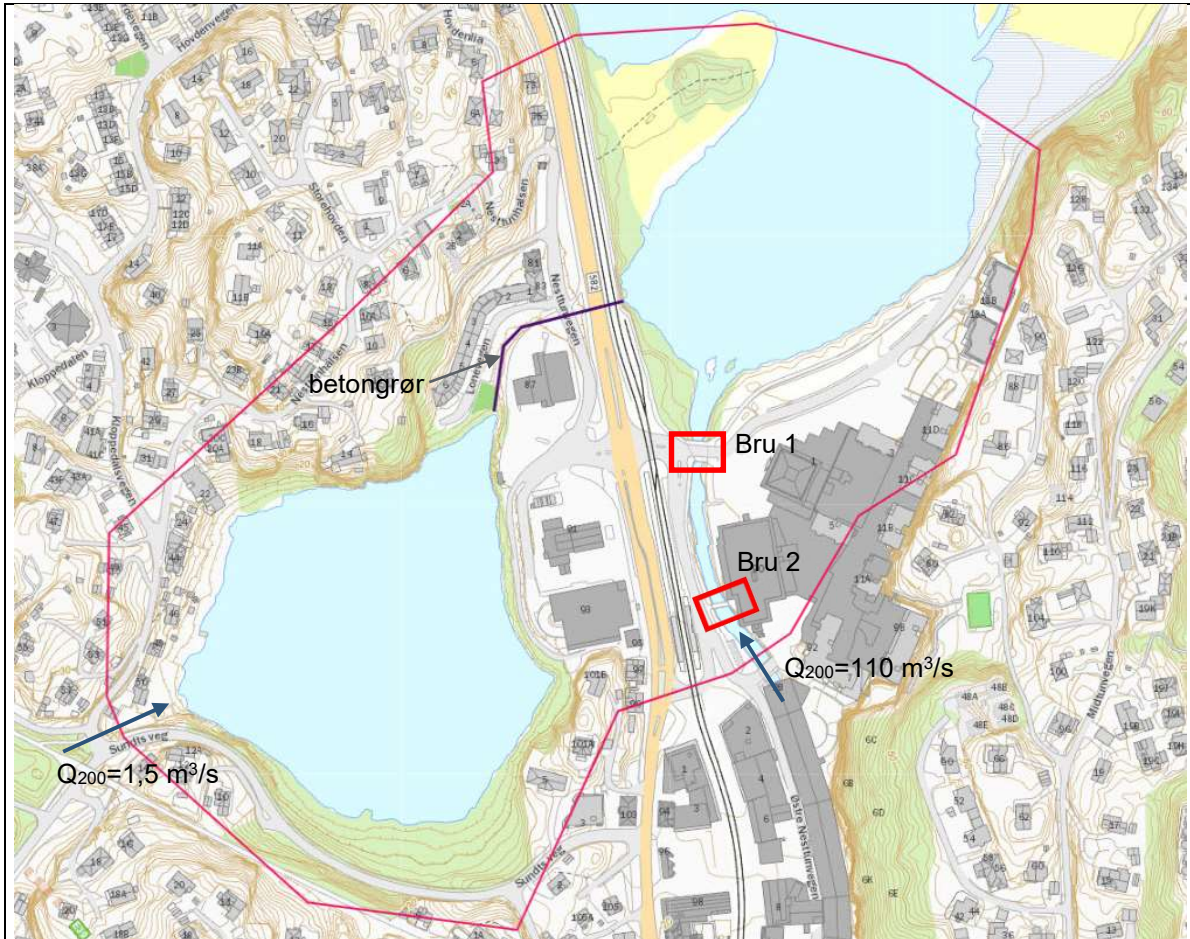
Nedre grensebetingelse er satt lik forventet vannstand i Nesttunvatnet ved 200 og 200-årsflom inkl. klimapåslag i Nesttunvassdraget. Flomvurdering for Nesttunvatnvassdraget er utført av NVE, og beregnet vannstand ved tverrprofiler langs vassdraget er vist i rapporten «Flomsonekart Delprosjekt Nesttun» [2]. Fra denne rapporten er flomvannstanden ved Nesttunvatnet for aktuelle gjentakintervall hentet. Friksjonsfaktoren for beregningsstrekningene er basert på Manningstall (n), og Manningstallet satt til 0,04.

Infrastruktur i modellen

På beregningstrekningen langs Nesttunelva er det to bruer. De to broene er lagt inn i den hydrauliske modellen med høyder som oppgitt i NVEs rapport [2]. I denne rapporten brukes høydesystem NN1954, mens høydemodellen fra Scalgo er i NN2000. Vi har derfor konvertert høyder i NN1954 til NN2000 med referanse til Landsnettpunkt-SØRÅS (B34T0171), og høydene fra NVEs rapport er senket 9 cm. Det er et betongrør på 1250 mm i diameter som fører vannet fra Litle Nesttunvatn til Nesttunvatnet. Broene og betongrøret er markert på kart i Figur 3, og dimensjoner er vist i Tabell 4.

Tabell 4: Dimensjoner av infrastruktur i modellen (NN2000 høydesystem)

	Bru 1	Bru 2	Betongrør
Dimensjon (BxH / Diameter) (m)	11,0 x 2,5	10,0 x 1,7	1,25
Lengde kulvert (m)	13,2	3,1	128,3
Bunnivå innløp (m o.h.)	12,36	13,60	11,19
Bunnivå utløp (m o.h.)	12,36	13,60	11,32
Mannings koeff., n	0,035	0,035	0,015



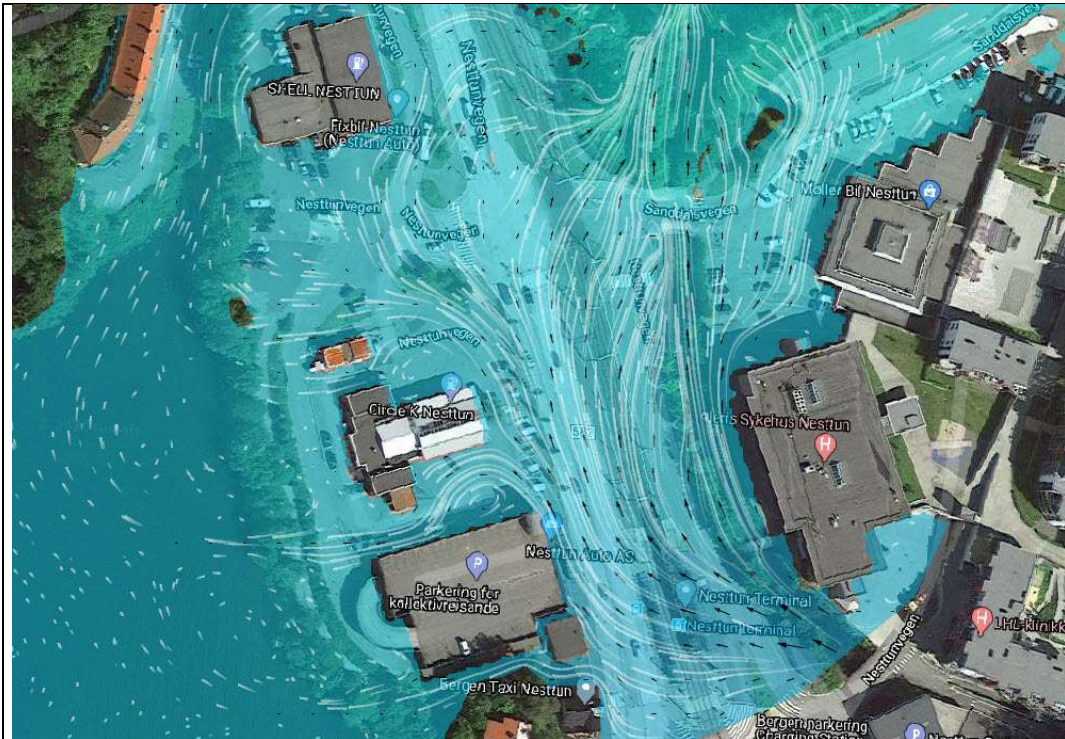
Figur 3: Oversiktskart over Litle Nesttunvatnet som viser modellert område og infrastruktur.

Resultater

Flomsonekart som viser flomutbredelsen langs Nesstunelva og i området rundt Litle Nesttunvatnet ligger vedlagt (Vedlegg 1 og 2). Flomutbredelsen er vurdert for flom med gjentaksintervall på 200 år, samt 200 år i et fremtidig klima (200-årsflom inkludert klimapåslag).

Flomvannføringen i Nesttunelva fører til stor flomutbredelse. Oppstrøms Bru 2 er imidlertid flomutbredelsen større på grunn av at avledningskapasiteten er begrenset av brua, og her vil flomvannet gå over veibanen og på overflaten mot Litle Nesttunvatnet ved 200-årsflom. For Bru 1 er avledningskapasiteten begrenset for 200-årsflom, der flomvannet til dels følger lavliggende terreng parallelt med elva.

På grunn av flomvannet fra Nesttunelva som overtopper veibanen og fyller Litle Nesttunvatnet, stiger vannstanden i Litle Nesttunvatnet (se Figur 4). Tabell 5 viser beregnet vannstand ved ulike gjentaksintervall for de to innsjøene.



Figur 4: 200-års flomsone med strømningsmønster

Tabell 5: Beregnet vannstand ved flomvannføring med 200-års returperiode (NN2000 høydesystem) (forskjell til Nesttunvatnet i parentes).

Innsjø	Beregnet vannstand (m o.h.)	
	Q ₂₀₀	Q ₂₀₀ inkl. klimapåslag
Nesttunvatnet	15,06	15,16
Litle Nesttunvatnet	15,99 (+0,93)	16,07 (+0,91)

Diskusjon og vurdering av resultat

Terrengmodellen som vannlinjemodellen er basert på, er laget med punktoppmåling registrert fra fly. Eventuelle endringer i terrenget etter scanningstidspunktet er ikke tatt høyde for. Punktoppmåling fra fly har i utgangspunktet høy nøyaktighet, men nøyaktigheten reduseres i områder med skog og der vanddybden er stor. Mer detaljert terrenggrunnlag vil kunne øke nøyaktigheten i beregningene.

Beregningene indikerer at området mellom Nesttunelva og Litle Nesttunvatn blir overtoppet allerede ved relativt lave gjentaksintervall. Det er utenfor dette oppdraget å gå nærmere inn i dette, men dette tyder på at kapasiteten i selve elveløpet i Nesttunelva på aktuell strekning er vesentlig lavere enn NVEs beregnede flomvannføringer fra 2014, også ved moderat store flommer.

Nesttunelva krysser gjennom to bruer i beregningstrekkningen, og i beregningene er det forutsatt at disse er åpne (ikke tilstoppet). Eventuell tilstopping vil føre til høyere vannstand og større flomutbredelse sammenlignet med det flomsonekartene viser.

Det er kjørt simulering med 100% tilstoppet betongrør som fører vannet fra Litle Nesttunvatn til Nesttunvatnet. Dette gir endring i flomvannstand på ca. 2 cm i Litle Nesttunvatn. Beregningene er altså ikke sensitive for tilstopping av det aktuelle røret.

Følsomhet og sikkerhetsmargin

NVEs veileder for sikkerhet mot flom [8] anbefaler et prosentvis påslag på vannføringen for å beregne et sikkerhetspåslag i form av en ekstra høyde, som legges til den beregnede vannstanden. Sikkerhetspåslaget bestemmes ut fra kvalitetsklassifiseringen til flomberegning og hydraulisk modell.

Følsomhet til Manningstall

Det er utført en sensitivitetsvurdering der Mannings tall for terreng og kulvert/ broer er variert med ± 20 %. Dette gir et utslag i resultatene på om lag ± 2 cm. Ut fra dette kan sensitiviteten til valg av Manningstall ventes å være liten.

Følsomhet til estimert flomvannføring

Det er kjørt simulering med 20% økning i flomvannføringen (200-årsflom inkl. klimapåslag). Dette gir en endring i resulterende flomvannstand i Litle Nesttunvatn på opp mot 9 cm.

Prosentvist påslag på vannføringen

Det er ikke foreliggende data fra målestasjoner med vannføring/vannstand i Nesttunvassdraget. Det foreligger brukbart hydrologisk datagrunnlag, med observasjoner i nærheten av vassdraget, men store variasjoner i flomstørrelsene (se NVEs flomberegningsrapport for Nesttunvassdraget [1]). Med henvisning til Tabell 10-2 i NVEs veileder for sikkerhet mot flom [8] er det hydrologiske datagrunnlaget for beregningene vurdert til å være flomberegningsklasse 3.

Den hydrauliske modellen brukt for beregningene, er vurdert til å være klasse D [8]. Modellen er ikke kalibrert og vannstander er simulert basert på estimerte Manningstall. Følsomhetsanalysen viser at endringer i vannstanden er mindre enn 30 cm.

I henhold til veilederen [8] skal da sikkerhetspåslaget beregnes ut fra 40% prosent påslag på vannføringen. Simulering med 40% økning i flomvannføringen gir en endring i resulterende flomvannstand for 200-årsflom med klimapåslag i Litle Nesttunvatnet på 0,17 m. Da blir flomvannstand i Litle Nesttunvatnet inkl. 40% sikkerhetspåslag 16,24 moh.

Anbefalt sikkerhetsmargin

Sikkerhetspåslag som omtalt ovenfor bør ansees som et minimumspåslag. All infrastruktur som kan bli skadet av flom bør sikres til minst dette nivået [8]. Det foreslås at det benyttes beregnede flomvannstander inkl. sikkerhetspåslag for plassering av bygninger. Bygninger/infrastruktur bør ligge minst på dette nivået (flomvannstander inkl. sikkerhetspåslag), eventuelt høyere i området nærmest vassdraget. Terrengendringer og øvrig infrastruktur bør utformes slik at flomvannstander i området ikke øker.

Referanser

- [1] NVE (2014), Flomberegning for Nesttunvassdraget, rapport nr. 16/2014
- [2] NVE (2013), Flomsonekart Delprosjekt Nesttun, rapport nr. 74/2013
- [3] NVE (2015), Nasjonalt formelverk for flomberegning i små nedbørfelt, rapport nr. 13/2015
- [4] Statens vegvesen (2018), Vegbygging Håndbok N200
- [5] <https://scalgo.com/en-US/scalgo-live-documentation/country-specific/norway>
- [6] NVE (2022). Veileder for flomberegninger. NVE-rapport 1-2022.
- [7] NVE (2016). Klimaendring og framtidige flommer i Norge. NVE-rapport 81-2016.
- [8] NVE (2022). Sikkerhet mot flom. Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak.

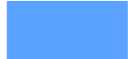


Vedlegg

1. Flomsonekart 200-årsflom for Litle Nesttunvatnet
2. Flomsonekart 200-årsflom inkl. klimapåslag for Litle Nesttunvatnet

C02	2023-11-07	Oppdatert flomvurdering Litle Nesttunvatnet	Kuganesan Sivasubramaniam	Jon Olav Stranden	Inge Hommedal
B01	2020-02-28	Flomvurdering Litle Nesttunvatnet	Kuganesan Sivasubramaniam	Jon Olav Stranden	Hans Martin Skjefstad
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.

Tegnforklaring

-  200-årsflom
-  1250mm dia. betong rør
-  Planområde

Flomsonekartlegging i Litle Nesttunvatnet

Flomsituasjon: 200-årsflom

Målestokk: 1:2000

1 cm = 20 meter

Format: A3

Kartgrunnlag: Laserdata, Bergen 5pkt 2016

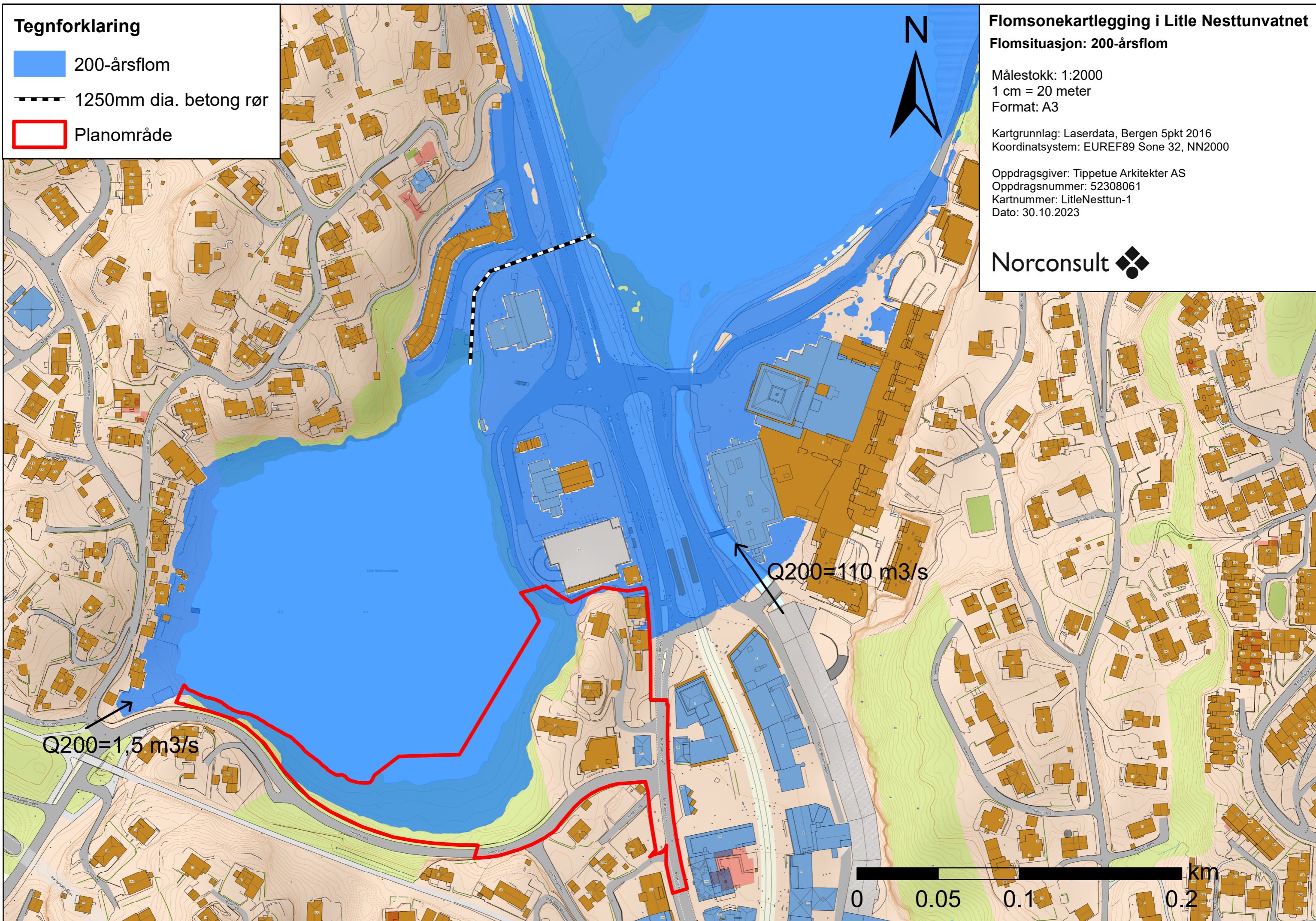
Koordinatsystem: EUREF89 Sone 32, NN2000

Oppdragsgiver: Tippetue Arkitekter AS

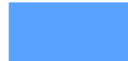


Oppdragsnummer: 52308061

Kartnummer: LitleNesttun-1

Dato: 30.10.2023



Tegnforklaring

-  200-årsflom inkl. klimapåslag
-  1250mm dia. betong rør
-  Planområde

Flomsonekartlegging i Litle Nesttunvatnet

Flomsituasjon: 200-årsflom inkl. klimapåslag

Klimapåslag: 20% i Nesttunelva, og
40% i Litle Nesttunvatn

Målestokk: 1:2000
1 cm = 20 meter
Format: A3

Kartgrunnlag: Laserdata, Bergen 5pkt 2016
Koordinatsystem: EUREF89 Sone 32, NN2000

Oppdragsgiver: Tippetue Arkitekter AS
Oppdragsnummer: 52308061
Kartnummer: LitleNesttun-2
Dato: 30.10.2023

Norconsult 

