

Dato: 2021-11-16

## DS4 – Flomvurdering Dalaelven

### Sammendrag og oppsummering

Det er gjennomført flomvurdering av Dalaelven, i forbindelse med reguleringsplan for bybane fra sentrum til Åsane. Dalaelven er hovedløpet i Midtbygdavassdraget, og strekker seg fra Langavatnet i nordøst til utløp i Kvernevika i sørvest. Bybaneprosjektet berører den delen av Dalaelven som går igjennom Nyborg og Åsane sentrum. Vurderingen er utført for 200-årsflom i fremtidens klima (inkludert 40% klimapåslag).

Midtbygdavassdraget ble flomsonekartlagt i 2021, og den todimensjonale hydrauliske modellen som ble utarbeidet ifm. med denne kartleggingen i programmet HEC-RAS er videreført i dette arbeidet. Det er forutsatt at flomtunnelen i vassdraget, som har hovedinntak i Liavatnet og utløp ved Kvernevikstemma, er i drift og fungerer med full kapasitet.

Hydraulisk analyse av eksisterende situasjon viser at flommen holder seg stort sett innenfor elveløpet til Dalaelven, og at vannflaten er tilnærmet horisontal (på ca. 88 moh) i området hvor bybanen berører vassdraget. Dette kommer av at vassdraget er svært flatt i dette området. Ved Hjortland/Liaflaten og Rolland/Hesthaugen får en oversvømmelser som følge av manglende kapasitet i avgreninger til flomtunnelen. Dette berører imidlertid ikke bybanen, kun veg-infrastruktur (primært GS-veg).

Det utført hydraulisk analyse av fremtidig/planlagt situasjon, hvor tiltak som skal utføres ifm. bybaneprosjektet er lagt inn i den hydrauliske modellen. Disse tiltakene omfatter nye veg- og banefyllinger, samt 7 nye elvekryssinger. Det er tatt utgangspunkt i at elvekryssingene skal snevre inn tverrsnittet til elven i minst mulig grad i forhold til eksisterende situasjon, noe som resulterer i at alle konstruksjonene klassifiseres som bru i hht. Statens Vegvesens definisjoner (spennvidde  $\geq 2.5$  meter). Dimensjoneringskrav for bruer er omfattet i *Håndbok N400 Bruprosjektering*; for bruer over vassdrag skal det være minimum 0.5 meter klaring mot overbygningen ved beregnet vannstand for 200-årsflom. Dette oppnås for alle konstruksjonene, med unntak av den som går under Hesthaugvegen (K404). Her skal det anlegges to lengre løp, og på grunn av krav til overdekning er det ikke mulig å ha en større lysåpningshøyde enn 2 meter – noe som tilsvarer vanndybden her. Det er derfor mulig at det må søkes fravik til krav om fribord for denne konstruksjonen. Det er imidlertid god begrunnelse for at dette kan aksepteres; i en hydraulisk sammenheng fungerer den som en kulvert og ikke en bru, den ivaretar krav for kulverter, og vannhastighetene er så lave at faren for erosjon er liten.

Hydraulisk analyse av fremtidig/planlagt situasjon viser at sikkerheten mot flom er ivarettatt for bybanen. Videre har tiltakene en minimal innvirkning på flomsituasjonen i Dalaelven, og medfører ikke en økning i flomfare i vassdraget.

Versjon	Beskrivelse	Dato	Utarb. av	Fagkontroll	Tverf.kontr.	Godkj. av
02J	Godkjent og for bruk.	2022-04-08	HMK	IDB	AK	IOV
01B	Nytt dokument	2021-11-16	HMK	IDB	AK	IOV

Dette dokumentet er utarbeidet av rådgiver som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører rådgiver. 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.

## Forord

Asplan Viak AS har utført flomvurdering av Dalaelven, i forbindelse med reguleringsplan for Bybanen fra sentrum til Åsane. Dette notatet beskriver vurderingens grunnlag, forutsetninger og resultater, samt anbefalinger for håndtering av flomproblematikk.

Hege Merete Kalnes har utført flomvurderingen, og utarbeidet notatet. Ingri Dymbe Birkeland og Audun Kvam i Asplan Viak har utført henholdsvis fagkontroll og tverrfaglig kontroll, og notatet er godkjent av Ivar Øvretvedt fra Norconsult.

Bergen, 16.11.2021

## Innholdsliste

<b>1</b>	<b>Innledning</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Forutsetninger og grunnlag</b> .....	<b>4</b>
2.1	Flomsonekart Midtbygdavassdraget .....	4
2.2	Krav til dimensjonering og utforming av elvekryssinger.....	4
<b>3</b>	<b>Beskrivelse av eksisterende situasjon</b> .....	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Vurdering av tiltak / fremtidig situasjon</b> .....	<b>9</b>
4.1	Beskrivelse av tiltak .....	9
4.2	Hydraulisk analyse av fremtidig situasjon .....	11
4.3	Endringer grunnet tiltak .....	13
<b>5</b>	<b>Konklusjon og anbefalinger</b> .....	<b>16</b>
	<b>Kilder</b> .....	<b>17</b>
	<b>Vedlegg</b> .....	<b>18</b>

## 1 Innledning

I forbindelse med utarbeidelse av reguleringsplan for bybane til Åsane i Bergen, er det utført flomvurdering av Dalaelven og nye elvekryssninger som skal opparbeides ifm. prosjektet.

Dalaelven er hovedløpet i Midtbygdavassdraget, og strekker seg fra Langvatnet i nordøst til utløp i Kvernevika i sørvest. Bybaneprosjektet berører den delen av Dalaelven som går igjennom Nyborg og Åsane sentrum – se Figur 1-1.

Det er vurdert at tiltakene faller under sikkerhetsklasse F2 for flom, i henhold til TEK 17 §7-2 *Sikkerhet mot flom og stormflo*, med en dimensjonerende returperiode på 200 år. Følgelig er flomvurderingen utført for 200-årsflom i fremtidens klima.



Figur 1-1 Kartutsnitt som viser hovedløpet i Midtbygdavassdraget (Dalaelven), og området hvor bybaneprosjektet berører vassdraget.

## 2 Forutsetninger og grunnlag

### 2.1 Flomsonekart Midtbygdavassdraget

Midtbygdavassdraget ble flomsonekartlagt i 2021 av Asplan Viak. Analyseområdet til denne kartleggingen går fra Langavatnet til utløp i sjø ved Kvernavika, og inkluderer også den delen av Dalaelven som påvirkes av bybaneprojektet.

Den hydrauliske modellen i programmet HEC-RAS v. 5.0.7 som ble utarbeidet i forbindelse med flomsonekartleggingen, er videreført i dette arbeidet. I beskrivelse av eksisterende situasjon (se kapittel 3), er det direkte hentet ut resultater fra den foreliggende flomanalysen. For å kartlegge endringer i flomsituasjonen er det lagt inn nytt terreng og nye elvekryssinger som beskrevet i kapittel 4.

Det er en ca. 3 km lang flomtunnel (Midtbygdattunnelen) i vassdraget. Tunnelen har hovedinntak i Liavatnet, og mottar flombidrag fra fire avgreninger; Hjortlandselven, Forvatnet, Åsane senter og Rolland/Hesthaugen. Tunnelen har utløp til Dalaelven ved Kverneviksstemma. Det er forutsatt at denne flomtunnelen er i drift, og fungerer med full kapasitet.

Det vises til kartleggingens tilhørende rapport, for beskrivelse av grunnlag og beregningsforutsetninger som ligger til grunn for kartleggingen.

### 2.2 Krav til dimensjonering og utforming av elvekryssinger

I *Teknisk regelverk for prosjektering og bygging* (2019) for bybanen er det ikke gitt noen spesifikke krav til dimensjonering og utforming av elvekryssinger. Det er imidlertid henvist til Statens vegvesens *Håndbok N200 Vegbygging* (2021), for dimensjonering og utførelse av tiltak for håndtering av drenering og overvann. Det er følgelig valgt å ta utgangspunkt i retningslinjer/anbefalinger gitt i *Håndbok N200*.

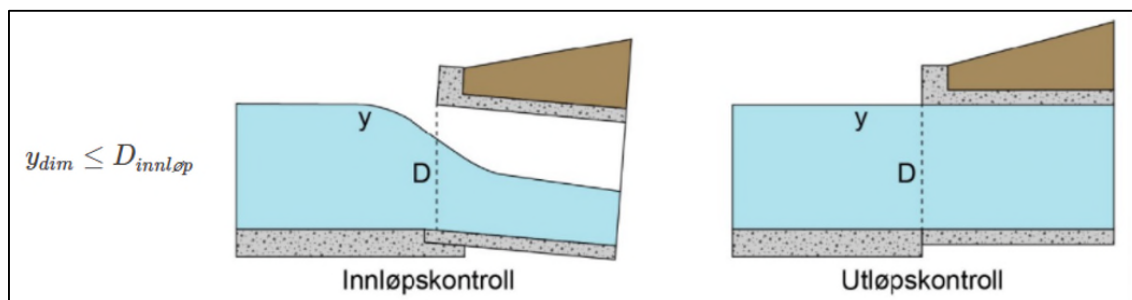
Elvekryssinger defineres som kulvert eller bru avhengig av diameter/spennvidde – se Tabell 2-1.

Tabell 2-1 Definisjon av kulvert og bru i henhold til Staten vegvesens håndbøker.

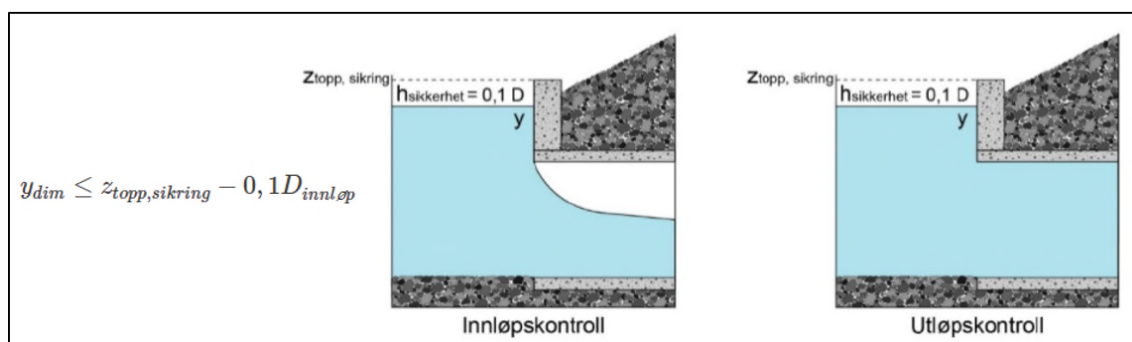
Type elvekryssning	Definisjon
Kulvert	Vanngjennomløp på tvers av vegen, med spennvidde/diameter opptil 2,5 meter.
Bru	Bærende konstruksjon med spennvidde større enn eller lik 2,5 meter og som skal bære trafikklaster. Med bru menes også nedfylte konstruksjoner som kulverter og rør med spennvidde eller diameter på 2,5 meter eller mer.

#### 2.2.1 Dimensjoneringskrav for kulverter

Dimensjoneringskrav for kulverter er omfattet i *Håndbok N200 Vegbygging* (SVV,2021), og er illustrert i Figur 2-1 og Figur 2-2. For fyllinger uten tett sikring skal vannstanden ved innløpet ikke være høyere enn toppen av innløpet ved dimensjonerende flom. Ved bruk av tett sikring ved innløpet, tillattes en vannstand opptil 0.1D under toppen av sikringen.



Figur 2-1 Dimensjoneringskriterier for vannstand ved kulvertinnløp for fyllinger uten tett sikring. Figuren er hentet fra Håndbok N200 (SVV, 2021).



Figur 2-2 Dimensjoneringskriterier for vannstand ved kulvertinnløp for fyllinger med tett sikring. Figuren er hentet fra Håndbok N200 (SVV, 2021).

### 2.2.2 Dimensjoneringskrav for bruer

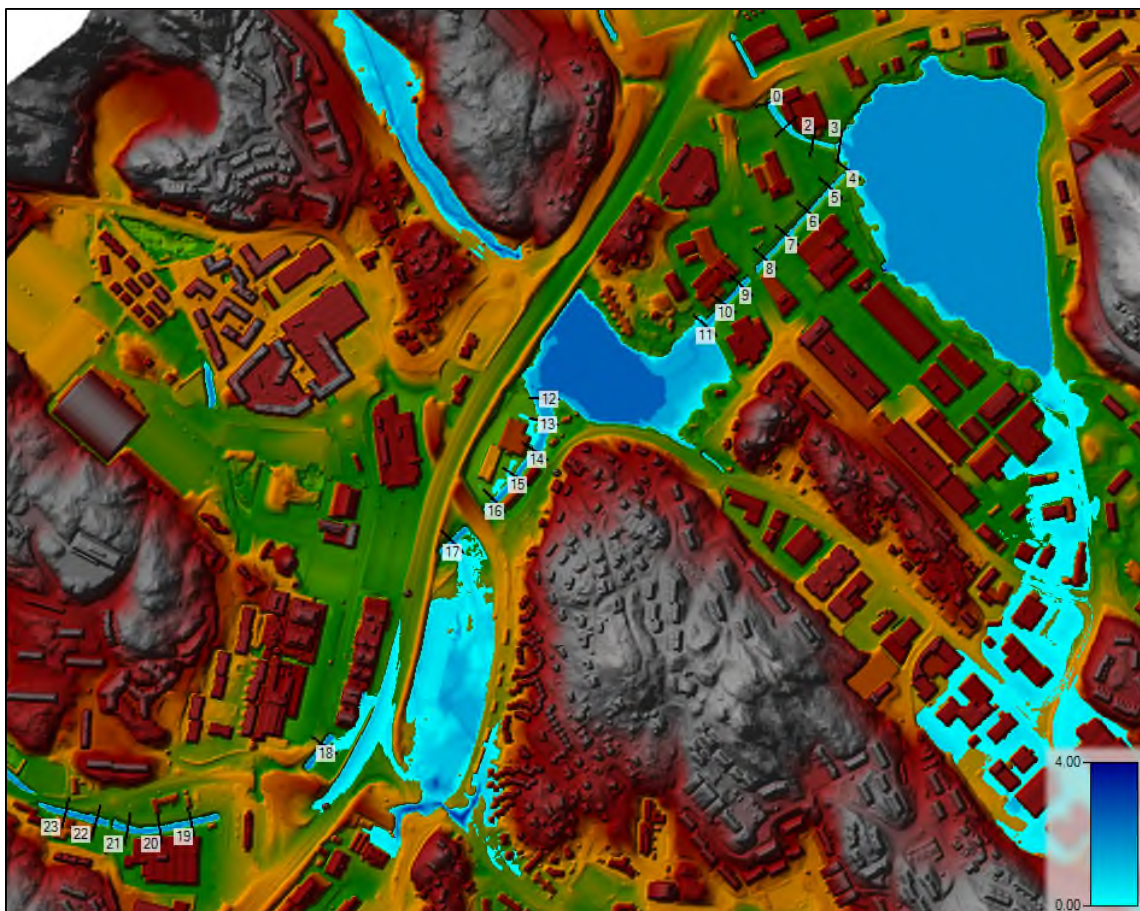
Dimensjoneringskrav for bruer er omfattet i *Håndbok N400 Bruprosjektering* (SVV, 2015). For bruer over vassdrag, er det gitt krav til at det skal være minimum 0.5 meter klaring mot overbygningen ved beregnet vannstand for 200-årsflom. Det er ikke spesifisert om klimapåslag skal hensyntas, men det er her konservativt valgt å dimensjonere med et klimapåslag på 40%.

### 3 Beskrivelse av eksisterende situasjon

Resultater fra hydraulisk analyse av 200-årsflom inkl. 40% klimapåslag er vist i Figur 3-1 (samt Vedlegg 3). Det er tatt ut 24 tverrprofiler (0 til 23) av elveløpet, hvorav modellerte vannstander, vanndybder og vannhastigheter er gitt i Tabell 3-1 (samt Vedlegg 2).

Resultatene viser at flommen holder seg stort sett innenfor elveløpet til Dalaelven, og at vannflaten er tilnærmet horisontal (på ca. 88.1 moh) i området ved Liavatnet og Forvatnet. Dette kommer av at vassdraget er svært flatt i dette området. Over en lengde på ca. 1.9 km (fra profil 0 til 23), er det kun en høydeforskjell i elvebunn på rundt 1.4 meter, noe som tilsvarer et fall på ca. 0.7‰. Dette resulterer også i lave vannhastigheter.

Merk at oversvømte områder fra sør, ved Hjortland/Liaflaten og Rolland/Hesthaugen, opptrer som følge av manglende kapasitet i avgreninger til flomtunnelen.



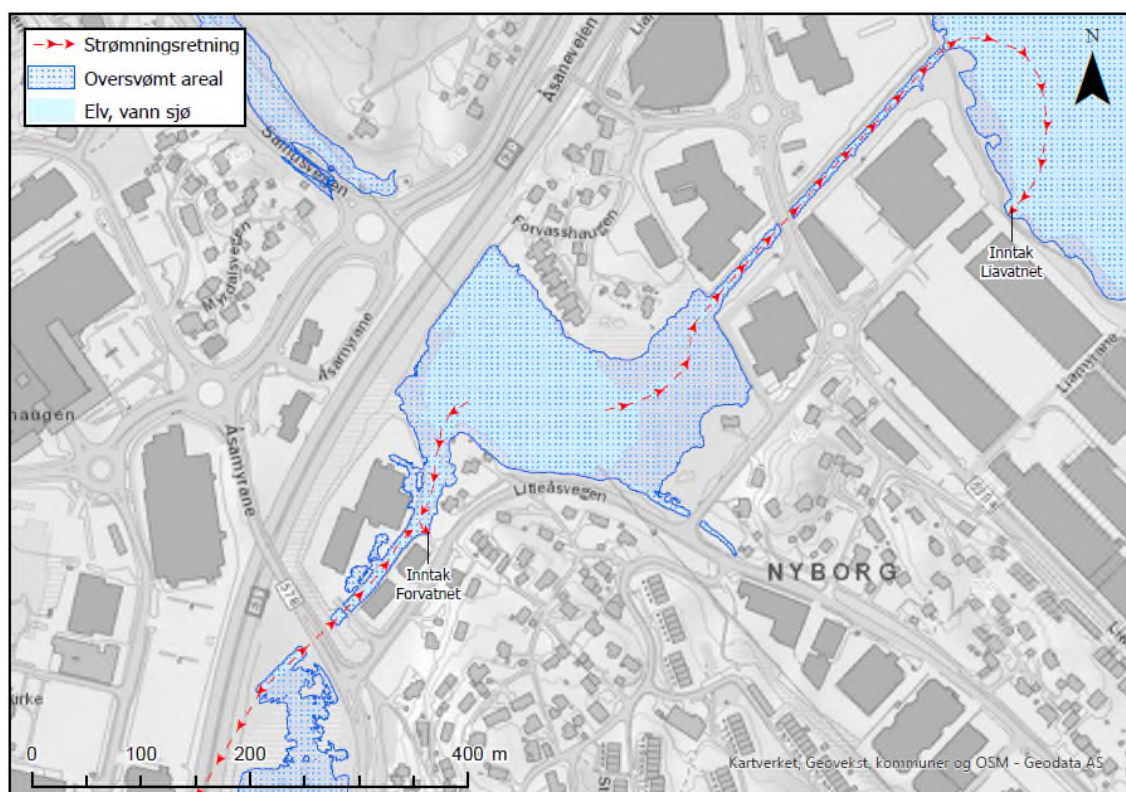
Figur 3-1 Resultater fra hydraulisk analyse av 200-årsflom inkl. 40% klimapåslag for eksisterende situasjon. Fargeforklaring viser modellert vanndybde i meter.

Tabell 3-1 Resultater fra hydraulisk analyse av 200-årsflom inkl. 40% klimapåslag for eksisterende situasjon ved utvalgte tverrprofiler.

Profil nr.	Elvebunn [moh]	Eksisterende situasjon		
		Vannstand [moh]	Vanddybde (maks) [m]	Hastighet (maks) [m/s]
0	87.20	88.29	1.09	0.73
1	87.20	88.27	1.07	0.93
2	87.17	88.08	0.91	1.90
3	86.80	87.86	1.06	1.46
4	86.70	87.86	1.16	0.76
5	86.69	87.98	1.29	0.79
6	86.63	88.02	1.39	0.78
7	86.55	88.05	1.50	0.74
8	86.47	88.07	1.60	0.80
9	86.38	88.09	1.71	0.49
10	86.36	88.10	1.74	0.56
11	86.34	88.11	1.77	0.31
12	86.34	88.11	1.77	0.25
13	86.32	88.11	1.79	0.35
14	86.30	88.11	1.81	0.50
15	86.27	88.12	1.85	0.26
16	86.25	88.12	1.87	0.29
17	86.20	88.12	1.92	0.42
18	85.96	88.00	2.04	0.76
19	85.83	87.84	2.01	0.78
20	85.82	87.82	2.00	1.09
21	85.80	87.80	2.00	0.80
22	85.78	87.78	2.00	0.79
23	85.77	87.77	2.00	0.78
<b>Gjennomsnitt:</b>			<b>1.64</b>	<b>0.72</b>
<b>Maks:</b>			<b>2.04</b>	<b>1.90</b>
<b>Min:</b>			<b>0.91</b>	<b>0.25</b>

Hovedinntaket til flomtunnelen i Liavatnet, samt sekundærinntaket i Forvatnet, har generelt god kapasitet til å lede bort flomvannmengdene. I kombinasjon med at terrenget er svært flatt, resulterer dette i at vannet strømmer (med svært lav hastighet) i motsatt retning under flomtoppen i enkelte elvestrekninger i området ved Liavatnet og Forvatnet – se Figur 3-2.

For nærmere beskrivelse av eksisterende situasjon, vises det til rapporten som tilhører flomsonekartleggingen av Midtbygdavassdraget (Asplan Viak, 2021).



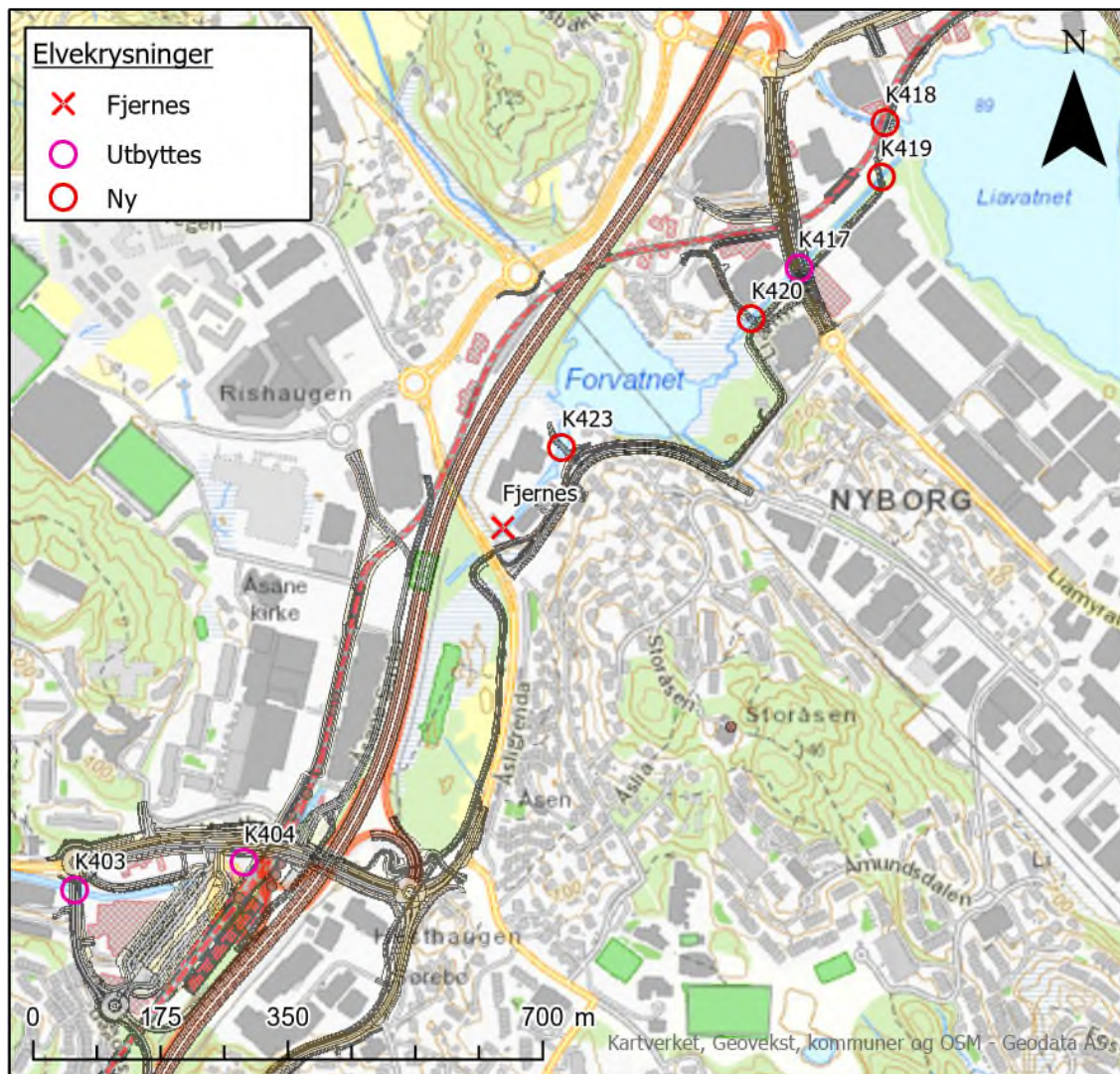
Figur 3-2 Kartutsnitt som viser strømningsretning ved Liavatnet og Forvatnet under flomtoppen.



## 4 Vurdering av tiltak / fremtidig situasjon

### 4.1 Beskrivelse av tiltak

Kartutsnitt som illustrerer tiltakene som skal utføres i forbindelse bybaneprojektet er vist i Figur 4-1. Det er planlagt flere nye og utbedrede elvekryssinger, samt nye veg- og banefyllinger langs med vassdraget.

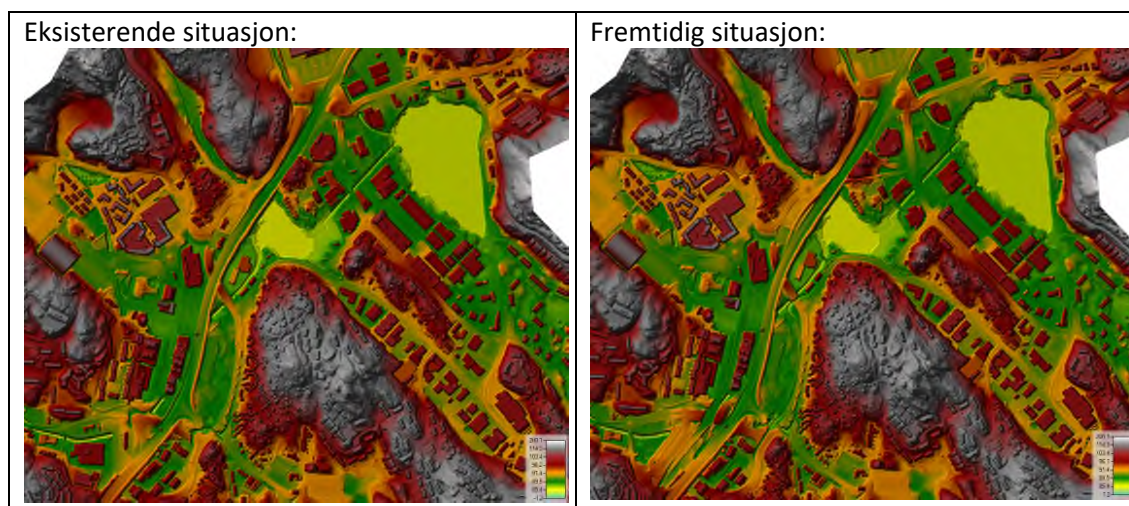


Figur 4-1 Kartutsnitt som viser foreløpige planer for bybane og tilhørende veg-infrastruktur, samt nye elvekryssinger.

Hydraulisk analyse av eksisterende situasjon viser at ny veg-infrastruktur (primært GS-veg) vil bli oversvømt i sørøst ved Hesthaugen/Rolland, som følge av manglende kapasitet i overvannssystemet som er knyttet til en avgrensning av flomtunnelen her. En eventuell utbedring av overvannssystemet for å unngå oversvømmelse, er ikke hensyntatt eller vurdert ifm. med dette arbeidet. Øvrig infrastruktur tilknyttet bybanen er imidlertid ikke utsatt for flom.

#### 4.1.1 Terrengendringer

For å få inn terrengendringer i hydraulisk modell for fremtidig situasjon, er det benyttet utarbeidede 3D-modeller for veg og bane (pr. 28.09.2021). Bygninger som skal rives ifm. prosjektet er også fjernet.



Figur 4-2 Utsnitt av terrengmodell for eksisterende og fremtidig situasjon.

#### 4.1.2 Elvekryssinger

Det skal opparbeides 7 nye elvekryssinger i Dalaelven. Beskrivelse og dimensjoner for disse er gitt i Tabell 4-1.

Det er tatt utgangspunkt i at konstruksjonene skal snevre inn tverrsnittet til elven i minst mulig grad i forhold til eksisterende situasjon. Der de nye elvekryssingene erstatter eksisterende, er det lagt inn en større spennvidde enn det som er i dag. Dette resulterer i at alle konstruksjonene får en spennvidde slik at de defineres som bru i hht. Staten Vegvesens definisjoner (spennvidde  $\geq 2.5$  m – se Tabell 2-1).

Dimensjoneringskrav for bruer (se kapittel 2.2.2), er at overbygningen til konstruksjonen skal være minimum 0,5 meter over beregnet vannstand for 200-årsflom. Det er følgelig tatt utgangspunkt i at broene skal ha en overbygning som ligger minst 0.5 meter over modellert vannstand i eksisterende situasjon.

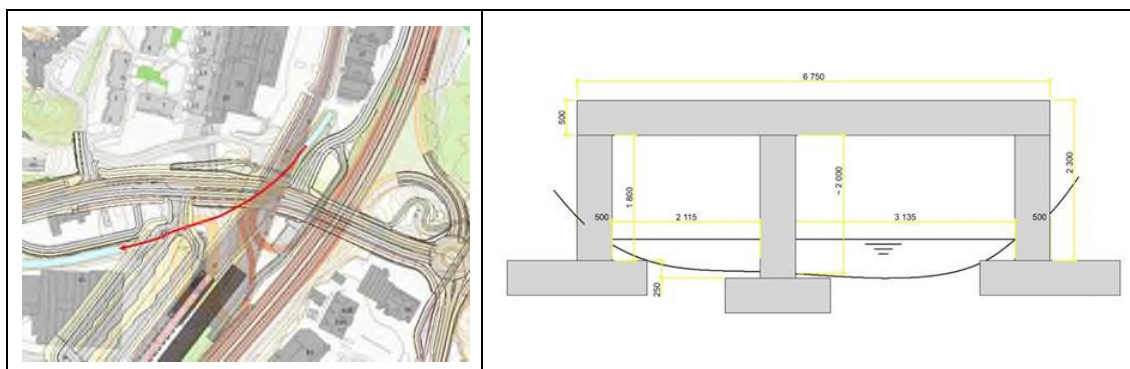
Tabell 4-1 Beskrivelse og dimensjoner for nye elvekryssinger i Dalaelven. Se Figur 4-1 for plassering av elvekryssingene.

Elve- kryssing	Beskrivelse	Min. kote overbygning [moh]	Dimensjoner (m)		
			Spenn- vidde	Høyde til elvbunn	Lengde
K418	Rektangulær betongkulvert	88.7	5.0	2.5	20.5
K419	Platebru med sider i betong	88.7	10.2	2.0	7.2
K417	Platebru med sider i betong	88.7	8.0	2.2	37.5
K420	Platebru med sider i betong	88.6	10.5	2.3	9.0
K423	Platebru med sider i betong	88.6	15.8	2.3	8.4
K404	Platebru med sider i betong - to løp med vegg på 0.5 m i mellom	88.0	3.1	2.0	235.0
			2.1	2.0	
K403	Platebru med sider i betong	89.4	10.5	3.6	15.0

For konstruksjon K404, som er to lengre løp som går under Hesthaugvegen, vil det bli problematisk å oppnå krav til 0,5 m fribord. Vanndybden ved konstruksjonen ligger på ca. 2 meter, og på grunn av krav til overdekning er det ikke mulig å ha en lysåpnings-høyde større enn 2 meter (overbygning på 88.0 moh). Det ansees som praktisk umulig å senke vannstanden for å oppnå kravet til fribord;

- Elveløpet har tilnærmet ingen lengdehelning oppstrøms og nedstrøms, så en økning i konstruksjonsbredde gir minimal reduksjon i vannstand.
- En eventuell utvidelse av elveløpet i kombinasjon med økt konstruksjonsbredde kan redusere vannstanden, men dette kan bli et omfattende tiltak som evt. må strekke seg langt ned i vassdraget. Videre må elveløpet sannsynligvis utvides betraktelig for å kunne oppnå ønsket fribord.

Altså vil det ikke være mulig å oppnå bruprosjekteringskravene for K404. Det poengteres imidlertid at konstruksjonen er et lengre vanngjennomløp gjennom en fylling, og at den hydrauliske situasjonen vil være som for en kulvert og ikke en bru. K404 oppfyller kravet for kulverter (ikke stående vann mot fyllingen – se kapittel 2.2.1), og vannhastighetene er svært lave slik at faren for erosjon er liten.

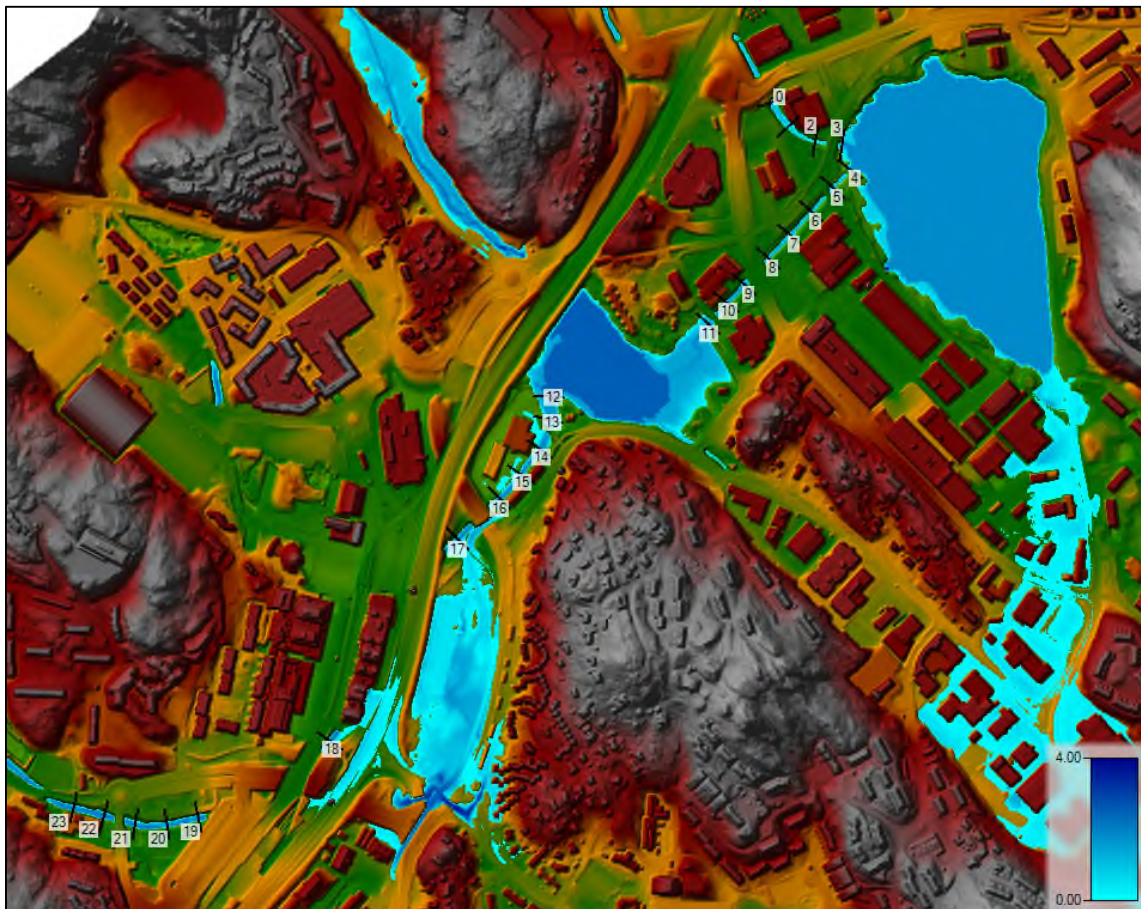


Figur 4-3 Konstruksjon K404 under Hesthaugvegen.

## 4.2 Hydraulisk analyse av fremtidig situasjon

For å kartlegge konsekvenser av tiltak på flomsituasjonen i Dalaelven, er det gjort en hydraulisk analyse av fremtidig situasjon. I denne analysen er prosjekterte terrengendringer (nye bane- og vegfyllinger) lagt inn, samt nye elvekryssninger. Den todimensjonale hydrauliske modellen er for øvrig lik den for eksisterende situasjon, med mindre endringer i rutenett-geometri for å hensynta nye fyllinger og elvekryssninger.

Resultater for fremtidig situasjon er vist i Figur 4-4 og gitt for profiler i Tabell 4-2 (samt Vedlegg 2 og Vedlegg 4). Flommen holder seg innenfor elveløpet, og nye veg- og banefyllinger ligger over modellert flomnivå. Unntaket er i sørøst ved Rolland/Hesthaugen, slik som i eksisterende situasjon.



Figur 4-4 Resultater fra hydraulisk analyse av 200-årsflom inkl. 40% klimapåslag for fremtidig situasjon. Fargeforklaring viser modellert vanndybde i meter.

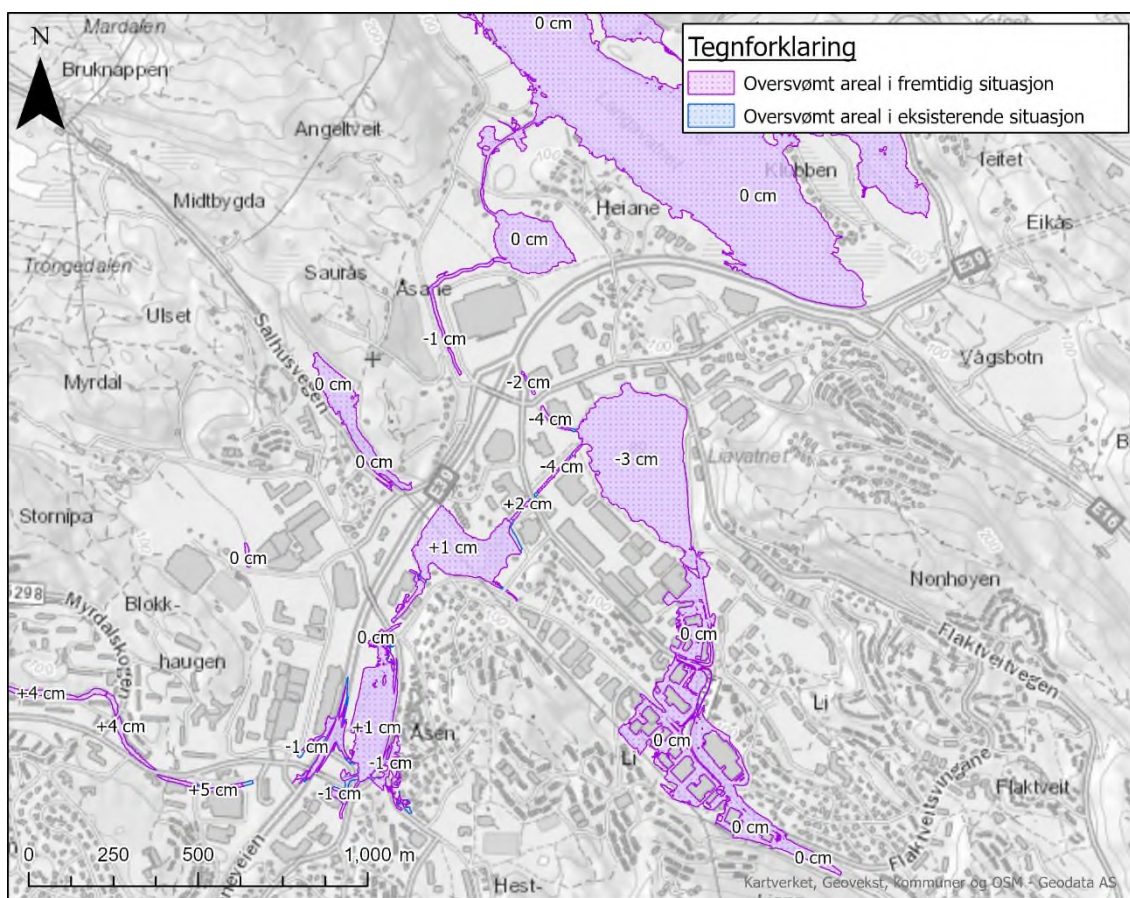
Tabell 4-2 Resultater fra hydraulisk analyse av 200-årsflom inkl. 40% klimapåslag for fremtidig situasjon ved elvekryssinger og utvalgte tverrprofil.

Profil nr. / elvekryssing	Elvebunn [moh]	Fremtidig situasjon		
		Vannstand [moh]	Vanndybde (maks) [m]	Hastighet (maks) [m/s]
0	87.20	88.25	1.05	0.75
1	87.20	88.22	1.02	0.99
2	87.17	87.93	0.76	1.97
- K418*	<b>86.84</b>	<b>87.87</b>	<b>1.03</b>	<b>1.00</b>
3	86.80	87.83	1.03	1.48
4	86.70	87.83	1.13	0.70
5	86.69	87.93	1.24	0.74
- K419*	<b>86.68</b>	<b>87.93</b>	<b>1.25</b>	<b>0.56</b>
6	86.63	87.98	1.35	0.78
7	86.55	88.00	1.45	0.74
8	86.47	88.03	1.56	0.79
- K417*	<b>86.46</b>	<b>88.04</b>	<b>1.58</b>	<b>0.64</b>
9	86.38	88.11	1.73	0.48
10	86.36	88.12	1.76	0.55
- K420*	<b>86.35</b>	<b>88.10</b>	<b>1.75</b>	<b>0.45</b>
11	86.34	88.12	1.78	0.30
12	86.34	88.12	1.78	0.24
13	86.32	88.13	1.81	0.34
- K423*	<b>86.31</b>	<b>88.12</b>	<b>1.81</b>	<b>0.52</b>
14	86.30	88.12	1.82	0.50
15	86.27	88.12	1.85	0.27
16	86.25	88.12	1.87	0.27
17	86.20	88.12	1.92	0.42
18	85.96	87.99	2.03	0.78
- K404*	<b>86.00</b>	<b>87.97</b>	<b>1.97</b>	<b>0.65</b>
19	85.83	87.89	2.06	0.80
20	85.82	87.87	2.05	1.12
21	85.80	87.85	2.05	0.84
- K403*	<b>85.80</b>	<b>87.84</b>	<b>2.04</b>	<b>0.72</b>
22	85.78	87.83	2.05	0.85
23	85.77	87.82	2.05	0.82
<b>Gjennomsnitt:</b>			<b>1.63</b>	<b>0.71</b>
<b>Maks:</b>			<b>2.06</b>	<b>1.97</b>
<b>Min:</b>			<b>0.76</b>	<b>0.24</b>

\* Verdier er gitt for innløp til bru

### 4.3 Endringer grunnet tiltak

Endringer i flomsituasjon som følge av tiltak er illustrert i Figur 4-5. En kan se at flomsituasjonen er svært lik i eksisterende og planlagt/fremtidig situasjon.



Figur 4-5 Modellert flomutbredelse for eksisterende og fremtidig situasjon ved 200-årsflom inkl. 40% klimapåslag, som illustrerer endringer i flomsituasjonen i Dalaelven. Verdier i kart angir estimert endring i vannstand.

Endringen i vannstand tilsvarer ca.  $\pm 5$  cm – altså minimal. Ved Liavatnet er vannstanden noe mindre enn eksisterende situasjon, ved Forvatnet og Åsane senter er den nesten lik, og nedstrøms dette er den noe større. Disse endringene kommer som følge av at mindre vann strømmer nordøstover (i oppstrøms retning) og mer vann sørvestover (i nedstrøms retning)

under flomtoppen i forhold til eksisterende situasjon. Fra elvekrysning/konstruksjon K404 er vannføringen nedover i vassdraget økt med ca.  $+0.7 \text{ m}^3/\text{s}$  under flomtoppen. Årsaken til dette er sannsynligvis en kombinasjon av at arealet flommen har å bre seg utover i er noe mindre (pga. nye bane- og vegfyllinger), og at nye elvekryssinger som erstatter eksisterende har en større spennvidde.

Flomutbredelsen er tilnærmet helt lik som i eksisterende situasjon. Vannhastigheten i elven er også tilnærmet uendret (endring på ca.  $\pm 0.06 \text{ m/s}$ ). Altså medfører ikke tiltakene noen økning i flomfare.

Det bemerkes at endringene i flomsituasjonen også kan skyldes de mindre endringene i rutenett-geometrien til den todimensjonale modellen. På grunn av kompleksiteten i strømningsforholdene, kan endring i rutenett-geometri medføre at strømmingen beregnes noe annerledes i forhold til eksisterende situasjon. Altså kan endringer i vannstand, vannføring og vannhastighet ha en delvis modellteknisk årsak heller en tiltakene i seg selv.

## 5 Konklusjon og anbefalinger

Flomvurderingen av Dalaelven viser at sikkerhet mot flom er ivaretatt for bybanen. Nye elvekryssinger vil defineres som bruer i henhold til Statens vegvesens definisjoner, og følgelig må prosjekteres med en overbygning som ligger minimum 0.5 meter over beregnet flomnivå. Dette oppnås for alle konstruksjonene, med unntak av K404 – se Tabell 5-1.

Tabell 5-1 Beregnet vannhastighet og flomnivå ved nye elvekryssinger, samt kontroll av krav til fribord med planlagt/prosjektert høyde på overbygning.

Elvekryssning	Maksimal vannhastighet [m/s]	Beregnet flomnivå [moh]	Kote overbygning [moh]	Fribord [m]	Krav til fribord ivaretatt? (min 0.5 m)
K418	1.0	87.9	88.7	0.8	JA
K419	0.6	88.0	88.7	0.7	JA
K417	0.6	88.1	88.7	0.6	JA
K420	0.5	88.1	88.6	0.5	JA
K423	0.5	88.1	88.6	0.5	JA
K404	0.7	88.0	88.0	0.0	NEI
K403	0.7	87.8	89.4	1.6	JA

Konstruksjon K404 er to lengre løp som går under Hesthaugvegen. På grunn av spennvidden til konstruksjonen vil den defineres som bru, og følgelig må det potensielt søkes fravik til krav om fribord. Det er imidlertid god begrunnelse for at dette kan aksepteres;

- Konstruksjonen er to lengre vanngjennomløp i en fylling, og den hydrauliske situasjonen vil være som for en kulvert og ikke en bru.
- Konstruksjonen ivaretar krav for kulverter; vanddybden ved innløpet er ikke høyere enn toppen av overbygningen.
- Vannhastighetene er svært lav, og faren for erosjon er følgelig liten. Innløpet kan evt. utformes med tett sikring som en ekstra sikkerhet.

Analyse av fremtidig/planlagt situasjon, viser at tiltakene som skal utføres ifm. bybaneprosjektet (nye veg- og banefyllinger og elvekryssinger) har en minimal innvirkning på flomsituasjonen i Dalaelven. Altså medfører ikke tiltakene en økning i flomfare i vassdraget.



**Kilder**

- **Asplan Viak** (2021). Midtbydavassdraget flomsonekartlegging. Versjon 02.
- **Bybanen** (2019). Teknisk regelverk for prosjektering og bygging.
- **Direktoratet for byggkvalitet** (2017). Byggteknisk forskrift. TEK17.
- **SVV** (2015). Håndbok N400. Bruprosjektering. Statens vegvesens digitale vegnormaler.
- **SVV** (2021). Håndbok N200. Vegbygging. Statens vegvesens digitale vegnormaler.

## **Vedlegg**

- Vedlegg 1**      Oversiktskart
- Vedlegg 2**      Resultater fra hydraulisk analyse
- Vedlegg 3**      Flomsonekart eksisterende situasjon
- Vedlegg 4**      Flomsonekart fremtidig situasjon

# Vedlegg 1 - Oversiktskart

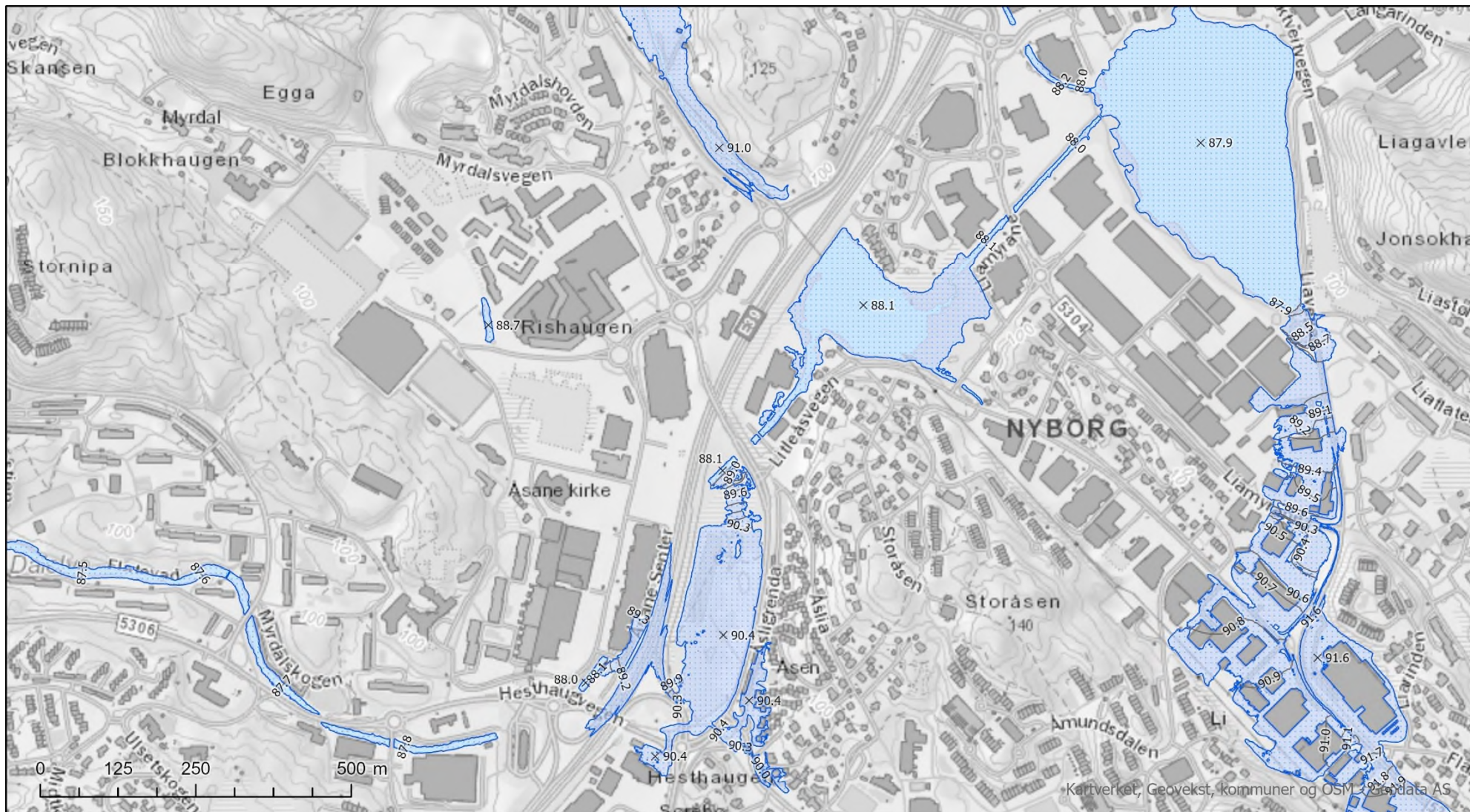


## Vedlegg 2 – Resultater fra hydraulisk analyse

Resultater fra hydraulisk analyse - 200-årsflom inkl. 40% klimapåslag									
Profil nr. / elvekrysning	Elvebunn [moh]	Eksisterende situasjon			Fremtidig situasjon			Endring grunnet tiltak	
		Vannstand [moh]	Vanndybde (maks) [m]	Hastighet (maks) [m/s]	Vannstand [moh]	Vanndybde (maks) [m]	Hastighet (maks) [m/s]	Vannstand [m]	Hastighet (maks) [m/s]
0	87.20	88.29	1.09	0.73	88.25	1.05	0.75	-0.04	+0.02
1	87.20	88.27	1.07	0.93	88.22	1.02	0.99	-0.05	+0.06
2	87.17	88.08	0.91	1.90	87.93	0.76	1.97	-0.15	+0.07
- K418*	<b>86.84</b>				<b>87.87</b>	<b>1.03</b>	<b>1.00</b>		
3	86.80	87.86	1.06	1.46	87.83	1.03	1.48	-0.03	+0.02
4	86.70	87.86	1.16	0.76	87.83	1.13	0.70	-0.03	-0.06
5	86.69	87.98	1.29	0.79	87.93	1.24	0.74	-0.05	-0.05
- K419*	<b>86.68</b>				<b>87.93</b>	<b>1.25</b>	<b>0.56</b>		
6	86.63	88.02	1.39	0.78	87.98	1.35	0.78	-0.04	0.00
7	86.55	88.05	1.50	0.74	88.00	1.45	0.74	-0.05	0.00
8	86.47	88.07	1.60	0.80	88.03	1.56	0.79	-0.04	-0.01
- K417*	<b>86.46</b>				<b>88.04</b>	<b>1.58</b>	<b>0.64</b>		
9	86.38	88.09	1.71	0.49	88.11	1.73	0.48	+0.02	-0.01
10	86.36	88.10	1.74	0.56	88.12	1.76	0.55	+0.02	-0.01
- K420*	<b>86.35</b>				<b>88.10</b>	<b>1.75</b>	<b>0.45</b>		
11	86.34	88.11	1.77	0.31	88.12	1.78	0.30	+0.01	-0.01
12	86.34	88.11	1.77	0.25	88.12	1.78	0.24	+0.01	-0.01
13	86.32	88.11	1.79	0.35	88.13	1.81	0.34	+0.02	-0.01
- K423*	<b>86.31</b>				<b>88.12</b>	<b>1.81</b>	<b>0.52</b>		
14	86.30	88.11	1.81	0.50	88.12	1.82	0.50	+0.01	0.00
15	86.27	88.12	1.85	0.26	88.12	1.85	0.27	0.00	+0.01
16	86.25	88.12	1.87	0.29	88.12	1.87	0.27	0.00	-0.02
17	86.20	88.12	1.92	0.42	88.12	1.92	0.42	0.00	0.00
18	85.96	88.00	2.04	0.76	87.99	2.03	0.78	-0.01	+0.02
- K404*	<b>86.00</b>				<b>87.97</b>	<b>1.97</b>	<b>0.65</b>		
19	85.83	87.84	2.01	0.78	87.89	2.06	0.80	+0.05	+0.02
20	85.82	87.82	2.00	1.09	87.87	2.05	1.12	+0.05	+0.03
21	85.80	87.80	2.00	0.80	87.85	2.05	0.84	+0.05	+0.04
- K403*	<b>85.80</b>				<b>87.84</b>	<b>2.04</b>	<b>0.72</b>		
22	85.78	87.78	2.00	0.79	87.83	2.05	0.85	+0.05	+0.06
23	85.77	87.77	2.00	0.78	87.82	2.05	0.82	+0.05	+0.04
<b>Gjennomsnitt:</b>			<b>1.64</b>	<b>0.72</b>		<b>1.63</b>	<b>0.71</b>	<b>-0.01</b>	<b>+0.01</b>
<b>Maksimal:</b>			<b>2.04</b>	<b>1.90</b>		<b>2.06</b>	<b>1.97</b>	<b>+0.05</b>	<b>+0.07</b>
<b>Min:</b>			<b>0.91</b>	<b>0.25</b>		<b>0.76</b>	<b>0.24</b>	<b>-0.15</b>	<b>-0.06</b>

\*Verdier er gitt for innløp til bru

### Vedlegg 3 – Flomsonekart eksisterende situasjon



Kartverket, Geovekst, kommuner og OSM 2020, data AS

#### Flomsonekart Dalaelven Eksisterende situasjon

Kartleggingen er utført for 200-årsflom inkludert 40% klimapåslag, under forutsetning at flomtunnel er i drift.

NB: Verdier kart viser modellert flomvannstand i moh (NN2000), og inkluderer ikke anbefalt sikkerhetsmargin på 50 cm.

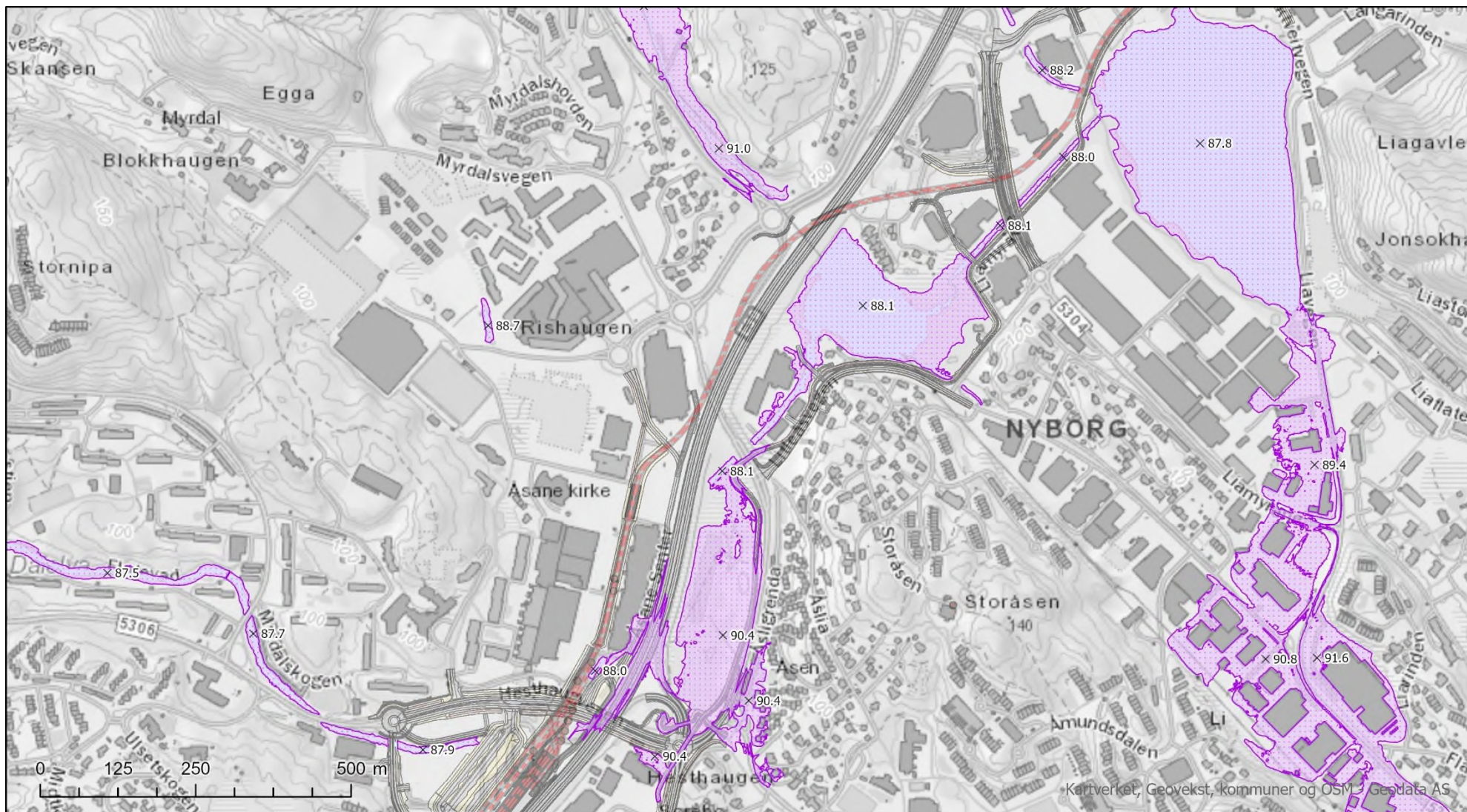
#### Tegnforklaring

- × Flomvannstand - punkt
- Flomvannstand - kontur
- Oversvømt areal
- Elv, vann og sjø

Utarbeidet av: HMK  
Dato: 21.10.2021



## Vedlegg 4 – Flomsonekart fremtidig situasjon



### Flomsonekart Dalaelven Fremtidig situasjon

Kartleggingen er utført for 200-årsflom inkludert 40% klimapåslag, under forutsetning at flomtunnel er i drift.

NB: Verdier kart viser modellert flomvannstand i moh (NN2000), og inkluderer ikke anbefalt sikkerhetsmargin på 50 cm.

#### Tegnforklaring

- × Flomvannstand - punkt
- Oversvømt areal
- Elv, vann og sjø

Utarbeidet av: HMK  
Dato: 21.10.2021

 asplan  
viak