

Flomsikring Otta

Konsept for sikringstiltak

31.03.2020

Oppdragsgiver: NVE Region Øst
Vangsveien 73
2307 Hamar

Forfatter: Dr. Blasy - Dr. Øverland
Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG
Moosstraße 3 82279 Eching am Ammersee
☎ 08143 / 997 100 info@blasy-overland.de
🌐 08143 / 997 150 www.blasy-overland.de

ea-NVE-008.01/Ja/Fe/Ec

Dokumentoversikt

Prosjektbeskrivelse

Vedlegg 1: Hydrauliske undersøkelser Gudbrandsdalslågen

Vedlegg 2: Hydrauliske undersøkelser avløpsnett

Vedlegg 3: Beregninger dreneringsvann

Vedlegg 4: Kostnadsestimat

Vedlegg 5: Tegninger

Prosjektbeskrivelse

1.	Prosjektansvarlig	1
2.	Prosjektets formål	1
3.	Beregning av oversvømte områder	3
3.1	Undersøkt område.....	3
3.2	Hydrologiske grunnlagsdata.....	4
3.3	Beregning av oversvømt område, resultater	4
4.	Avløpsnettregninger	7
4.1	Undersøkt område.....	7
4.2	Hydrologiske grunnlagsdata.....	8
4.2.1	Nedbørfelt og overvann.....	8
4.2.2	Kleivrudbekkens nedbørfelt.....	10
4.3	Resultatet av simuleringene for avløpsnettet	11
5.	Flomsikringskonsept	13
5.1	Generelt.....	13
5.2	Geologiske forhold	13
5.3	Bygging av flomsikring ved Otta og Lågen.....	14
5.3.1	Flomsikring ved Lågen	14
5.3.2	Flomsikring ved Ottaelva.....	18
5.3.3	Sikringstiltak i elveleiet, Lågen og Otta	20
5.4	Drenering av flomsikret område	20
5.4.1	Overvann fra overvannsledningen	20
5.4.2	Lekkasje- og dreneringsvann ved flom.....	23
5.4.3	Dimensjonering av pumpeanlegg for drenering av flomsikrede områder.....	24
6.	Kostnadsestimat	27
7.	Sammendrag og fremgangsmåten videre.....	28

1. Prosjektansvarlig

Prosjektansvarlig er: NVE Region Øst
Vangsveien 73
2307 Hamar

2. Prosjektets formål

Otta sentrum er ofte utsatt for oversvømmelser. Oversvømmelsene skyldes i alt vesentlig de to elvene Otta og Gudbrandsdalslågen. I tillegg til flomfare fra resipienten er også avløpsnettets overbelastet. Allerede ved statistisk hyppige kraftige nedbørshendelser tar ikke avløpsnettets unna alt vannet. Dessuten medfører flom i resipienten tilbakestuvning i avløpsnettets, slik at vannet ikke lenger kan renne bort og det blir overløp fra nettet.



Figur 2.1: Flom i Otta sentrum 2018(© Kjell Syvergaards)

En forutsetning for prosjektering av egnede flomsikringsløsninger er kunnskap om flomfaren. Målsetningen for den foreliggende analysen er å beskrive eksisterende flomrisiko samt å utvikle egnede og hensiktsmessige flomsikringstiltak. På grunnlag av vurderingen av nåtilstand blir det i neste omgang gjennomført beregninger for planlagt tilstand. Det skal skje på følgende måte:

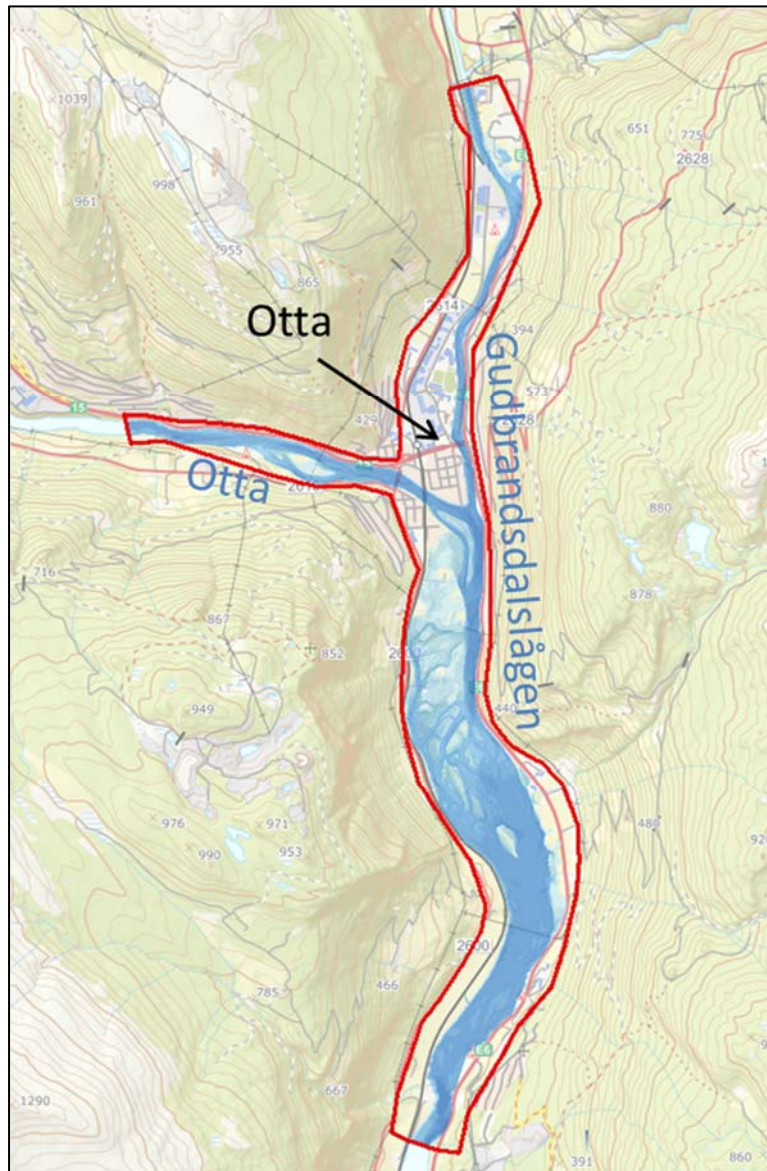
- For å beregne vannstander i Otta og Lågen vil den eksisterende 2-dimensjonale hydrauliske modellen av de to elvene i Otta bli oppdatert ved hjelp av aktuelle data.

- Resipientenes vannstand i nåtilstand ligger så høyt at eksisterende flomvoller overstrømmes. Det skal utarbeides et sikringskonsept for å forhindre disse oversvømmelsene.
- Den påviste vannstanden i resipientene har en betydelig effekt på vannføringen i avløpsnett. Derfor fastlegges vannstanden beregnet ved den hydrauliske 2D-beregningen som grensebetingelse for simulering av avløpsnett.
- Ved hjelp av hydrodynamiske beregninger modelleres forventet avløpsforløp i avløpsnett, og kapasiteten vurderes. For relevante nedbørshendelser undersøkes også i denne sammenhengen oppdemning av og overløp i hver enkelt kum i avløpsnett. Ut ifra dette kan det bestemmes i hvilke områder anleggene ikke har tilstrekkelig kapasitet. På grunnlag av det man vet om svake punkter i eksisterende avløpsnett, vil det bli foreslått tiltak for å forhindre oversvømmelser i dimensjonerende tilfelle.

3. Beregning av oversvømte områder

3.1 Undersøkt område

Undersøkt område er det samme som ved den hydrauliske sakkyndiguttalelsen av 2017¹. Det omfatter området der elvene Otta og Gudbrandsdalslågen løper sammen i Otta, hvor byen ligger på ca. 290 moh.



Figur 3.1: Undersøkt område (kilde: Norgeskart) med modellområdet (rødt) og oversvømte arealer (blått)

Det undersøkte området omfatter et areal på 6,3 km² og dekker elveavsnittene opp- og nedstrøms utløpet.

¹ „Vannlinjeberegning Gudbrandsdalslågen og Otta“, Dr. Blasy – Dr. Øverland Beratende Ingenieure, Eching a. A. 10.04.2017

3.2 Hydrologiske grunnlagsdata

Vannføringen i Ottaelva og Lågen hentes fra NVEs beregning „Flomberegning for Gudbrandsdalsvassdraget“ (NVE 127/2015). For den aktuelle beregningen tas det som tidligere utgangspunkt i en Q200 uten klimapåslag. Den angitte NVE-rapporten går ut fra to forskjellige flomkombinasjoner som begge har en kulminasjonsvannføring på 2082 m³/s nedstrøms samløpet. For denne undersøkelsen er det maksimal vannstand i de to belastningstilfellene som er utslagsgivende. Tabell 3.1 viser hvilke vannføringskombinasjoner som fører til belastningstilfellene.

Tabell 3.1: Kulminasjonsverdier for vannføringen i Otta og Lågen

Belastningstilfelle	Lågen	Otta
Midlere vannføring (m ³ /s)	107	37
Q200 belastningstilfelle 1 [m ³ /s]	888	1194
Q200 belastningstilfelle 2 [m ³ /s]	692	1390

3.3 Beregning av oversvømt område, resultater

For at art og omfang av nødvendige flomsikringstiltak skal kunne prosjekteres, må beliggenhet og utstrekning av oversvømte områder være kjent. De oversvømte områder beregnes i den foreliggende undersøkelsen med den todimensjonale hydrauliske modellen Hydro_as-2d. Modellen som er brukt, beskrives detaljert i vedlegg 1. I det følgende vil det bli gitt en omtale av de viktigste resultatene av de hydrauliske beregningene:

Resultatet av de hydrauliske beregningene for overvannsmodellen vises i form av vanddybder i tegning V101 og V102 i vedlegg 5. Resultatet av beregningene for planlagt tilstand er vist som detaljkart i tegning V141 til V151 (jf. figur 3.2).



Figur 3.2: Kombinerte oversvømte områder for de to belastningstilfellene i nåtilstand (piler viser hvor det blir oversvømmelse)

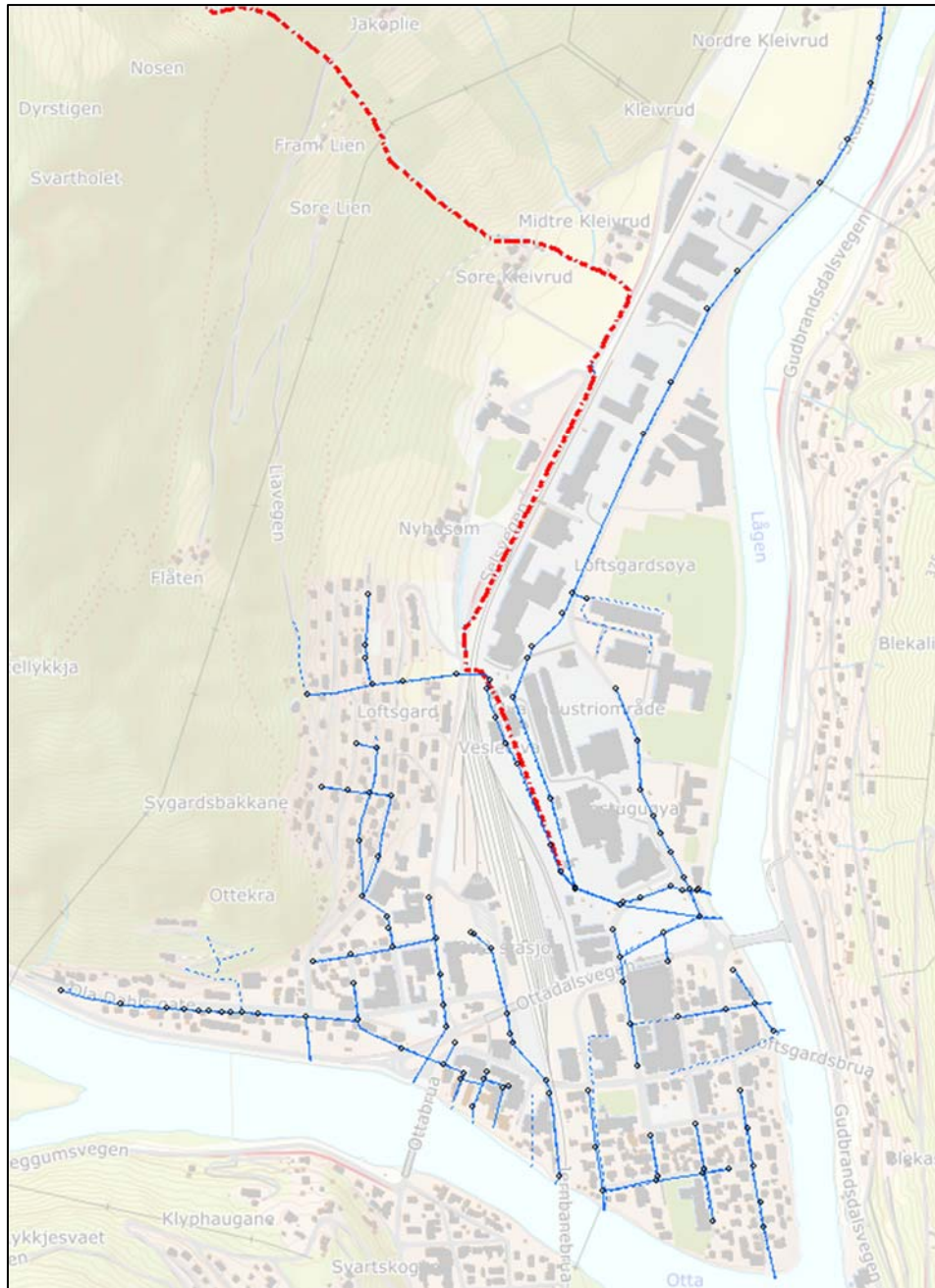
Den hydrauliske simuleringen av Q200 i Otta og Lågen viser at eksisterende flomvoller i nåtilstand ikke er tilstrekkelige. Elvene går over sine bredder på flere steder, og oversvømmelse rammer flere bygninger særlig i Otta sentrum.

Deretter modelleres sikringstiltak langs elvebreddene på basis av beregningen. Denne beregningen bestemmer hvilke vannstander som skal danne grunnlaget for høyden på sikringstiltakene.

4. Avløpsnettberegninger

4.1 Undersøkt område

Avløpsnettberegningene omfatter overvannsledningene i Otta sentrum (jf. Figur 4.1).



Figur 4.1: Undersøkt område (kilde: Norgeskart) med avløpsnettet (blått) og forløpet av Kleivrubekken (rødt)

Overvann ledes ut i Otta i mange separat rørledninger som leder vannet ut i resipientene via tallrike utløp. I skråningen i vest drenerer Kleivrubekken i retning av Otta by. I byområdet er bekken lagt i rør og koplet til overvannsavløpet.

I det undersøkte området dreneres et areal på 57 ha via overvannsavløpet. Overvannsledningene har tilsammen en lengde på ca. 7,6 km.

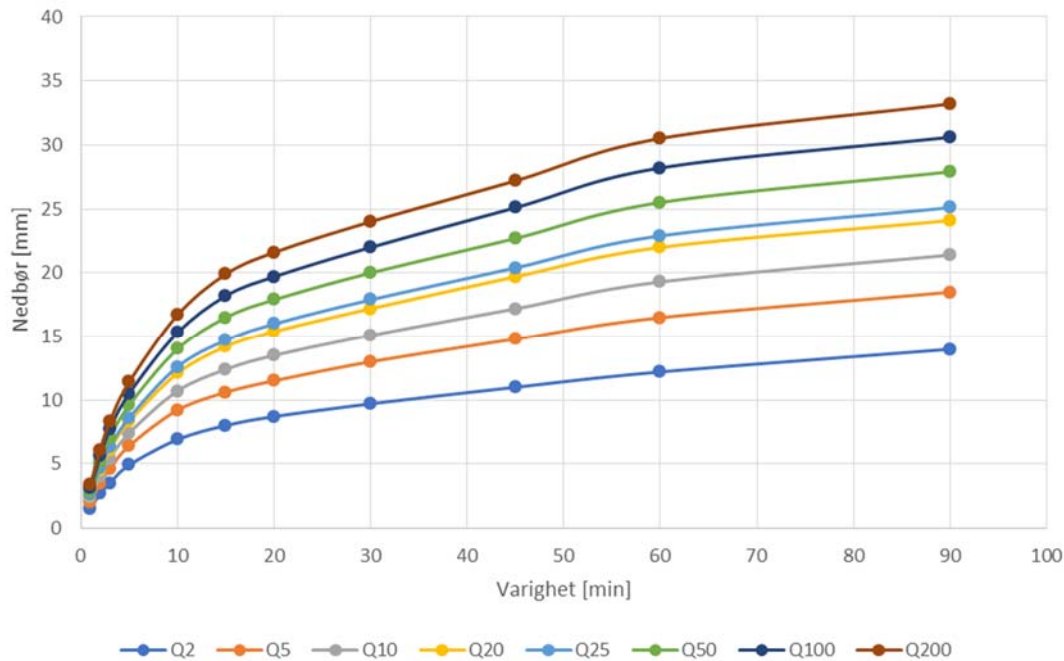
4.2 Hydrologiske grunnlagsdata

De hydrologiske inngangsdataene for avløpssimuleringen baserer seg på nedbørsdata. For beregning av vannføringer fra nedbørhendelser med lange returperioder gjøres det bruk av nedbørdata gjennom mange år, hentet fra værstasjoner. Det antas at en n-års nedbør som middelverdi forårsaker en n-års vannføring. Vanligvis skjer det en reduksjon av arealnedbøren først ved nedbørfelt betydelig større enn 100 km², siden regnet da kan komme til å fordele seg ujevnt over nedbørfeltets areal.

4.2.1 Nedbørfelt og overvann

På grunn av ulik størrelse på nedbørfeltene til Kleivrudbekken ($A_E = 1,56 \text{ km}^2$) og de arealene som er koplet til avløpet ($A_E = 0,57 \text{ km}^2$) på den ene siden, og til Gudbrandsdalslågen ($A_E = 2103 \text{ km}^2$) og Ottaelva ($A_E = 4067 \text{ km}^2$) på den andre siden, er det ulike nedbørhendelser som fører til flomvannføring. For at det skal bli flom i Otta og Lågen, må det regne i dagvis; i Kleivrudbekken eller i avløpsnettets kan derimot også kortere nedbørhendelser med høy intensitet føre til flom. Dette konseptet gjør bruk av erfaringsverdier fra andre sammenlignbare felter som tilsier at det i Kleivrudbekken vil oppstå høyst en 2- til 5-års flom samtidig med at det i Gudbrandsdalslågen og Ottaelva er en større flom på størrelse med Q200. For Kleivrudbekken benyttes det en femårs flomhendelse (uten klimapåslag). For avløpssystemet benyttes det en hendelse som opptrer hvert annet år. Både for Kleivrudbekken og for avløpsnettets er dette antakelser som baserer seg på erfaringsverdier fra andre undersøkelser, og de ligger heller for høyt enn for lavt. For en mer nøyaktig fastlegging av verdiene for Otta by foreligger ikke de nødvendige data. Til dette ville det vært påkrevet med målerrekker for nedbør fra mange år tilbake og med høy oppløsning (30 minutters-verdier). Det ville også vært påkrevet med målinger fra flere år av vannstanden i Lågen og Ottaelva.

Den avgjørende nedbørhendelsen for beregningen av avløpsnettets hentes fra målestasjon Lillehammer, da det er den målestasjonen som ligger nærmest Otta og som samsvarer best med de klimatiske forholdene på Otta. Måleperioden ved stasjonen går fra 1968 til 2019 (jf. figur 4.2)



Figur 4.2: IVF kurve Lillehammer 2019 (kilde: Meteorologisk institutt (MET))

Da disse dataene er svært aktuelle, foreslår NVE og MET å redusere klimapåslaget til 20%, siden det allerede inneholder en del av økningen. Følgelig økes nedbørmengden bare med 20% klimapåslag i stedet for 40%, som er det vanlige i Norge (jf. tabell 4.1).



Tabell 4.1: Nedbørhøyder og returperioder ved stasjon Lillehammer (kilde: Meteorologisk institutt (MET))

Varighet	5 min	10 min	15 min	20 min	30 min	45 min	60 min	90 min
Returperiode (år)								
2 år	4,9	6,9	8,0	8,7	9,7	11,0	12,2	14,0
2 år + 20% klimapåslag	5,9	8,3	9,6	10,4	11,6	13,2	14,6	16,8

I tillegg til nedbørhøyden trengs også den tidsmessige fordelingen av nedbøren i de hydrauliske og hydrologiske beregningene. Det antas en fordeling med blokkregn og konstant intensitet under hele nedbørhendelsen.

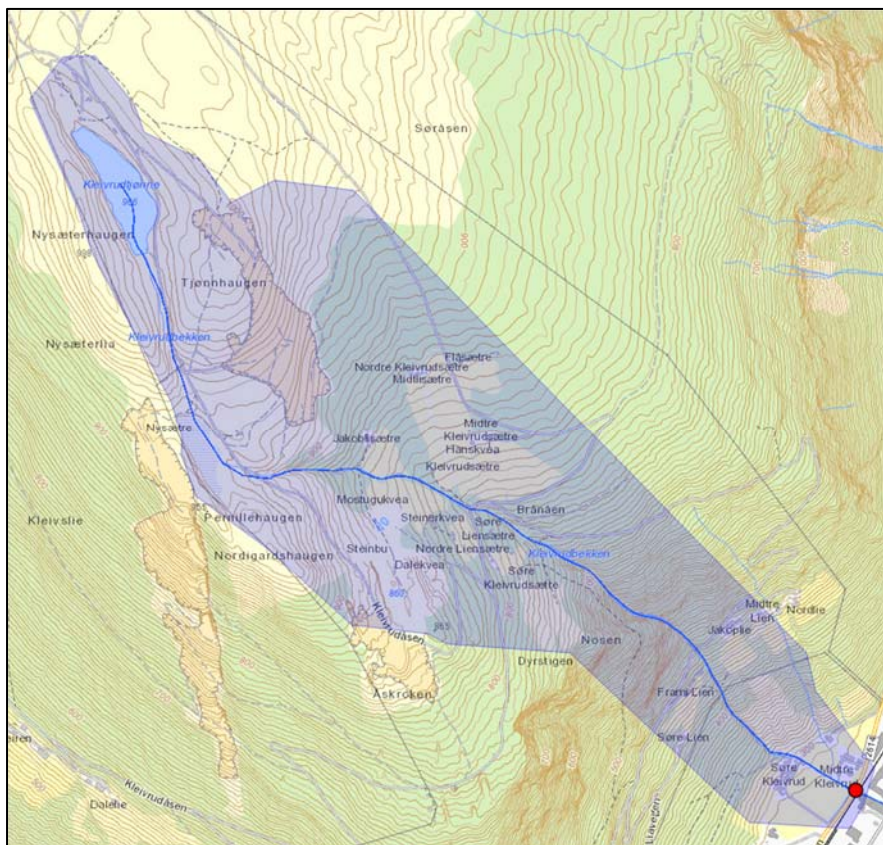
I undersøkelsen blir det foretatt beregninger for alle varighetstrinnene. Hvilken nedbørsvarighet som er avgjørende, er avhengig av delfeltene og kapasiteten i de enkelte ledningene. Det kan derfor ikke oppgis noen enhetlig verdi for det samlede feltet. Maksimal vannføring fra alle beregningene er utslagsgivende for dimensjoneringen av de planlagte tiltakene.

For å bestemme effektiv vannføring i ledningen deles nedbørfeltet inn i delfelter på grunnlag av dreneringsforholdene, så som andelen bebyggelse, veier/gater, grøntarealer etc. Delfeltene tilordnes så til de enkelte kummene i avløpsnett. Dermed kan det for hver enkelt kum

beregnes et eget tilløpshydrogram alt etter den tilsvarende nedbørhendelsen. Fastlegging av delfeltene og de anvendte beregningsparameterne er forklart nærmere i vedlegg 2.

4.2.2 Kleivrudbakkens nedbørfelt

Avløpet i Kleivrudbakkens nedbørfelt stipuleres ved hjelp av nedbør-avløps-modellen Nevina fra NVE. Arealet som er relevant for avrenningen er 1,56 km² stort.



Figur 4.3: Kleivrudbakkens nedbørfelt utledet med Nevina

Beregningen med Nevina resulterer i følgende vannmengder (jf. tabell 4.2):

Tabell 4.2: Avløp for Kleivrudbakkens (beregnet med Nevina)

	Q ^M		Q 5	Q 10	Q 20	Q 50	Q 100	Q 200
	m ³ /s	l/(s*km ²)						
Flomfrekvensfaktorer	-	-	1,28	1,56	1,83	2,28	2,64	3,08
95% intervall øvre grense (m ³ /s)	0,6	408,5	0,8	1,0	1,2	1,6	1,9	2,2
Flomverdier (m ³ /s)	0,4	231	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1
95% intervall nedre grense (m ³ /s)	0,2	130	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6
Flommer med klimapåslag (m ³ /s)	0,5	323,1	0,5	0,8	0,9	1,1	1,3	1,6

For Kleivrudbakkens er en Q5 med vannføring 0,5 m³/s utslagsgivende.

4.3 Resultatet av simuleringene for avløpsnett

Resultatet av simuleringene for avløpsnett fremgår av tegning H121 til H124. Tegningene viser vannføringen ved utløpet fra avløpsledningene ved fritt utløp og ved tilbakestuvning fra resipienten. Overløpsvolumet angis ved kummene. Overløpsvann som renner utover bakken, vil også kunne medføre at bebygde områder oversvømmes.

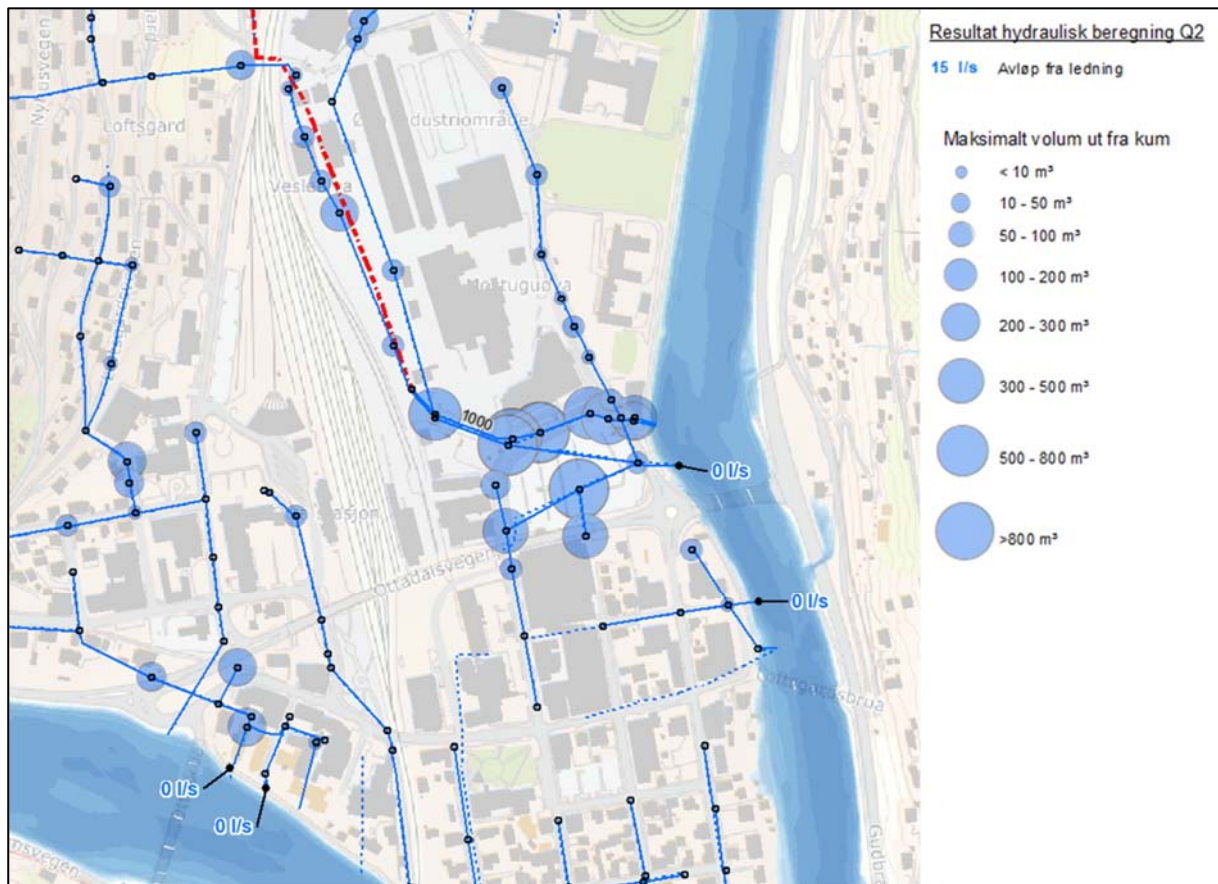
- **Effekten på avløpsnett av tilbakestuvning i resipientene:**

Overvannsledninger i Otta renner på flere steder ut i Ottaelva og Lågen. Høy vannstand i resipienten kan imidlertid medføre tilbakestuvningseffekter i ledningen. Ved den hydrodynamiske beregningen for avløpsnett blir det tatt hensyn til effekten av resipientene ved at det defineres grensebetingelser ved utløpene. De vannstander som må forventes ved utløpene hentes fra den hydrauliske beregningen for resipienten.

- **Overløp i avløpsnett:**

Bortledningen av overvann i Otta skjer hovedsakelig ved et system av rørledninger. Overbelastning av avløpsnett kan føre til oversvømmelser i bebygde områder. For å få full oversikt over faren for oversvømmelse må det også undersøkes hvordan avløpsnett fungerer ved flom. Til dette analyseres avløpsnett med en avløpsnettmodell, og de overbelastede områdene fastlegges ved hjelp av hydrodynamiske avløpsnettberegninger. Vann som renner ut av avløpssystemet, vises som overløpsvolum i kartene. Strømningsveiene overløpsvannet tar, blir ikke beregnet.

Figur 4.4 viser som et eksempel resultatene av beregningene for avløpsnett i nåtilstand for Otta sentrum.



Figur 4.4: Resultatet av beregningen for avløpsnettets i nåtilstand med tilbakestuvning fra resipientene

Resultatet av de hydrauliske beregningene for avløpsnettets i nåtilstand er vist i tegning H121 og H122 i vedlegg 5. Som det fremgår av tegningene, renner det allerede ved en 2-års kraftig nedbørshendelse uten tilbakestuvning fra resipientene på enkelte steder vann ut av avløpssystemet og over bakken.

Otta by dreneres ved hjelp av flere separate hovedledninger. Iflg. resultatet av den hydrauliske undersøkelsen er opptakskapasiteten i hovedledningene i enkelte områder ikke tilstrekkelig til å lede bort overvannet ved en 2-års nedbørshendelse.

5. Flomsikringskonsept

5.1 Generelt

Det vil være nødvendig med en kombinasjon av forskjellige tiltak for å hindre oversvømmelse av Otta på en god og effektiv måte. Disse vil i det følgende bli gjennomgått og rangert på grunnlag av aktuelle forhold og betingelser:

- **Flomsikring ved Otta og Lågen:**

Langs Otta og Lågen oversvømmes elvebredden på enkelte steder ved flom Q200. Det vil en forhindre og Otta sentrum skal sikres ved at eksisterende flomvoller påbygges og ved at det settes opp nye flomsikringsmurer.

- **Drenering av flomsikret område:**

Som tidligere forklart vil det allerede ved en 2-års nedbørshendelse oppstå overløp i det eksisterende avløpsnett. Ved sanering av eksisterende avløpsnett kan oversvømmelsene i Otta by reduseres. På grunn av tilbakestuvning fra resipienten skal det anlegges pumpestasjoner for å sikre at vannet i avløpsnett pumpes ut under flom.

Ved dimensjonerende flom må det på luftsiden av den prosjekterte flomsikringen påregnes at elvevann infiltrerer i grunnvannsonen, slik at grunnvannstanden stiger på luftsiden og forårsaker at det kommer ut grunnvann på overflaten i de flomsikrede områdene (lekkasjevann). Av den grunn er det på luftsiden av flomsikringen planlagt dreneledninger til å samle opp lekkasjevannet og lede det bort til et pumpeanlegg. De nye pumpeanleggene skal dimensjoneres slik at også lekkasjevann ved flom kan pumpes ut i resipienten.

Art og omfang av planlagte tiltak vil bli beskrevet i de følgende kapitlene.

5.2 Geologiske forhold

For utarbeidelse av flomsikringskonseptet er det stilt til disposisjon grunnundersøkelser som ble foretatt mellom 2000 og 2015 og er beskrevet i detalj i rapportene NGU rapport nr. 2005.048 og Løvlien Georåd rapport 07-37 nr. 1 til 3. På grunnlag av disse kan det gjøres grove vurderinger av undergrunnens beskaffenhet i området der det er prosjektert flomsikringstiltak. I det følgende sammenfattes resultatet av grunnundersøkelsene i de nevnte rapportene.

De fleste grunnundersøkelsene er gjort med maksimal boreddybde på inntil 5 m under bakken. Det foreligger også enkelte boringer med større dybde (15 m under bakken). Kort oppsummert er det i alle boreprøvene i det undersøkte området påvist sandig eller gruset jord med overveiende liten andel finkornet materiale. Mens det nær overflaten ble funnet til dels sterkt permeabelt grus (kf-verdier fra $1 \cdot 10^{-3}$ til $5 \cdot 10^{-2}$), er det i dypere lag hovedsakelig gruset sand med permeabilitetskoeffisient fra $k_f = 1 \cdot 10^{-4}$ til $5 \cdot 10^{-3}$. Enkelte steder ble det også i områder 1 til 2 m under bakken funnet sand og grus med høyere andel finkornet materiale og dermed lavere permeabilitet.

For den endelige dimensjoneringen av flomsikringstiltakene (spuntveggenes forankringsdybde, dimensjonene på drensledninger og pumpeanlegg) må de foreliggende undersøkelsene av undergrunnen sies å være utilstrekkelige, da det i umiddelbar nærhet av de prosjekterte flomsikringstiltakene bare foreligger prøveboringer til liten dybde, og de dypere boringene ligger lenger unna stedene der tiltakene er planlagt. Til utarbeidelse av detaljerte planer anbefales det derfor å gjennomføre dypere boringer (inntil 20 m under bakken) i området der flomsikringstiltakene er planlagt. For dette konseptet er de foreliggende undersøkelsene lagt til grunn, og tiltakene dimensjonert på dette grunnlaget.

5.3 Bygging av flomsikring ved Otta og Lågen

Som beskrevet i rapporten fra de hydrauliske beregningene (vedlegg 1), vil i flomtilfelle (Q200) Ottaelva og Lågen gå over sine bredder og føre til oversvømmelser i tettstedet Otta. Formålet med de planlagte tiltakene er å forhindre oversvømmelser av bebygde områder ved flomvannføring i Ottaelva og Lågen. For å oppnå dette skal det bygges flomvoller og flommurer i et omfang som gjør at dimensjonerende flom holdes innenfor elveleiet eller oversvømmer tilgrensende områder uten bebyggelse. Høyden på sikringstiltakene fastlegges basert på resultatet av de hydrauliske beregningene slik at oversvømmelser forhindres med god sikkerhet. Det er forutsatt et fribord på 50 cm. Så vidt mulig skal eksisterende flomvoller forsterkes og nye flomvoller bygges; voller medfører lavere kostnader enn flommurer og er lettere å utforme slik at de passer inn i stedsbildet. Imidlertid er det mange steder trangt. Derfor planlegges det også flomsikringsmurer, som dels i kombinasjon med eksisterende voller skal utgjøre flomsikringen ved dimensjonerende flom (Q200).

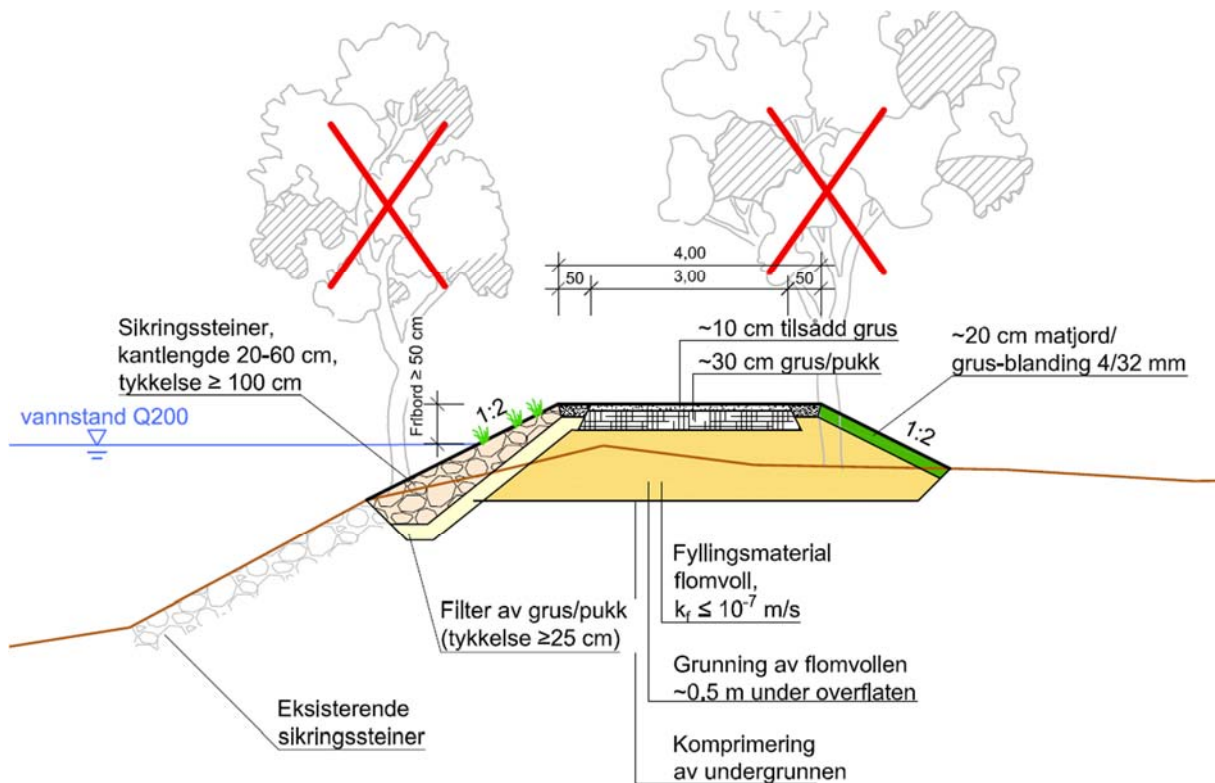
5.3.1 Flomsikring ved Lågen

Ved dimensjonerende flom (Q200) må det påregnes at Lågen går over sin høyre bredd og vil kunne føre til oversvømmelser i Otta sentrum. Derfor skal sikringen av elvebredden på høyre side av Lågen utformes på nytt over en lengde på ca. 2800 m. De prosjekterte tiltakene er vist i tegning V141 til V144, lengdesnittene V201 og V202 og tverrsnittene i tegning V301 til V305.

De prosjekterte flomsikringstiltakene ved Lågen kan deles i fem forskjellige områder. På tegningene vises en angivelse som skal tjene som orientering ved de følgende beskrivelsene.

I det nordligste området av flomsikringen, er det planlagt ny flomvoll (profil 0+050 til profil 0+800). Som eksempel fra dette avsnittet viser figur 5.1 tverrsnittet fra profil 0+800. Flere tverrsnitt fra dette området er å finne i tegning V301.

F

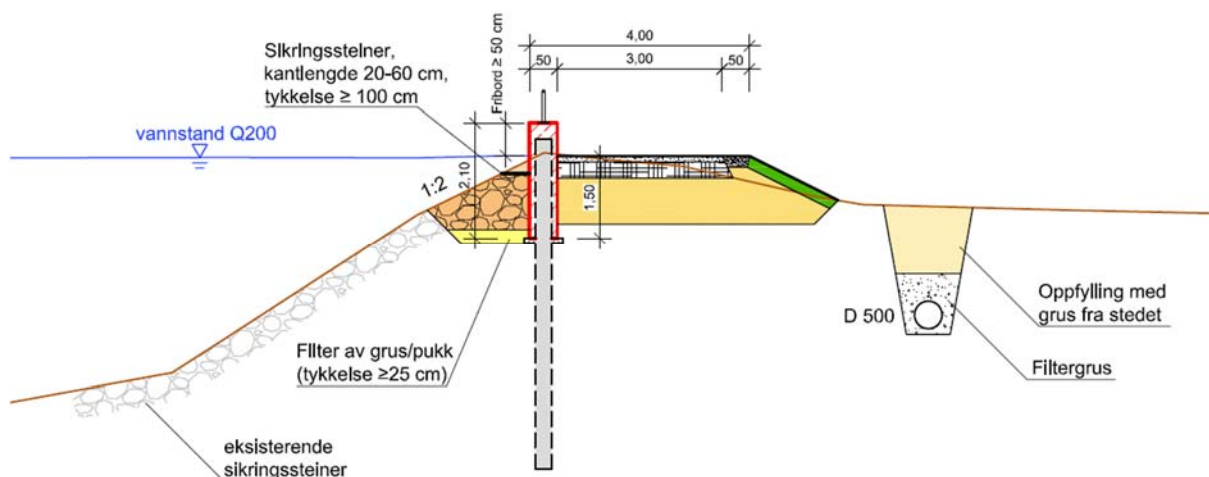


Figur 5.1: Tverrsnitt ved profil 0+800

I nord forankres flomvollen mot en høyereliggende jernbanefylling som ikke lenger er i bruk. Der er det planlagt en snuplass og flomvollens topp skal være kjørbare med en bredde på 4 m. På vannsiden tilpasses flomvollen til eksisterende sikring av elvebredden. Skråningen sikres på vannsiden med forbyggingsstein helt opp til toppen. Mellomrommene mellom steinene fylles med jord som sås til. Trærne som står der flomvollen er planlagt, skal fjernes. Maksimal fyllingshøyde på vollen (høyde fra terreng og opp til topp voll) er i dette området ca. 1,5 m. Mellom profil 0+230 og 0+280 ligger det både en vannforsynings- og en spillvannsledning på stedet der vollen skal bygges. Det er på nåværende tidspunkt ikke kjent hvilken høyde ledningene ligger på. Ved byggingen må det tas hensyn til disse ledningene.

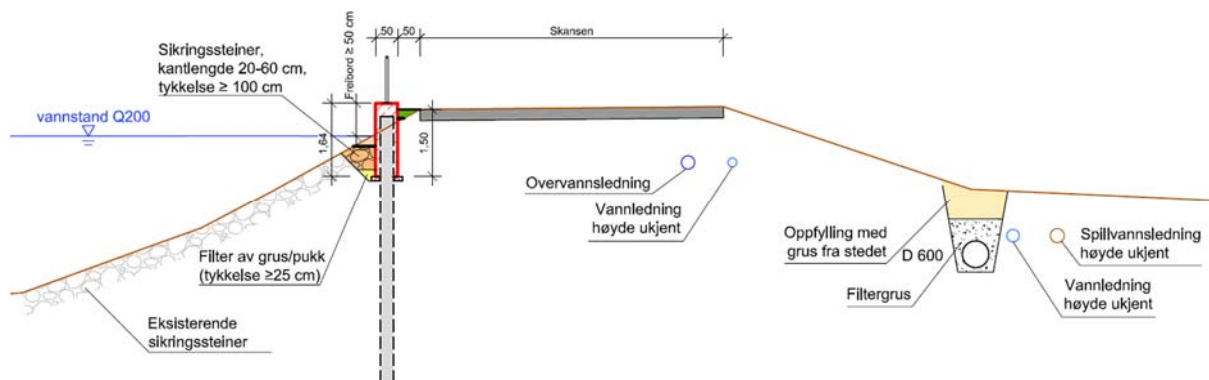
Videre (sør for profil 0+800) er det planlagt flomsikring i form av en spuntvegg med flomsikringsmur i armert betong på toppen. Spuntveggen vil, basert på nåværende kunnskap, kunne redusere den forventede mengden dreneringsvann betydelig i flomtilfelle. Flomsikringsmuren har en bredde på 0,5 m og er forankret til 1,5 m dybde.

Mellom profil 0+800 og 1+240 følger flomsikringsmuren eksisterende voll. Figur 5.2 viser planlagt situasjon i dette området som et eksempel. På vannsiden skal det utlegges forbyggingsstein foran flomsikringsmuren. På luftsiden tilpasses muren til en flomvoll med 3 m bred kjørebane. Samlet bredde (muren og flomvollen) er 4 m. Ved skråningens fotpunkt på luftsiden er det planlagt drensstrenger med grus som ved dimensjonerende flom skal samle opp dreneringsvann og transportere det til et pumpeanlegg. I dette området er pumpeanlegget G1 planlagt; det er beskrevet nærmere i kap. 5.2 og vist i V302.



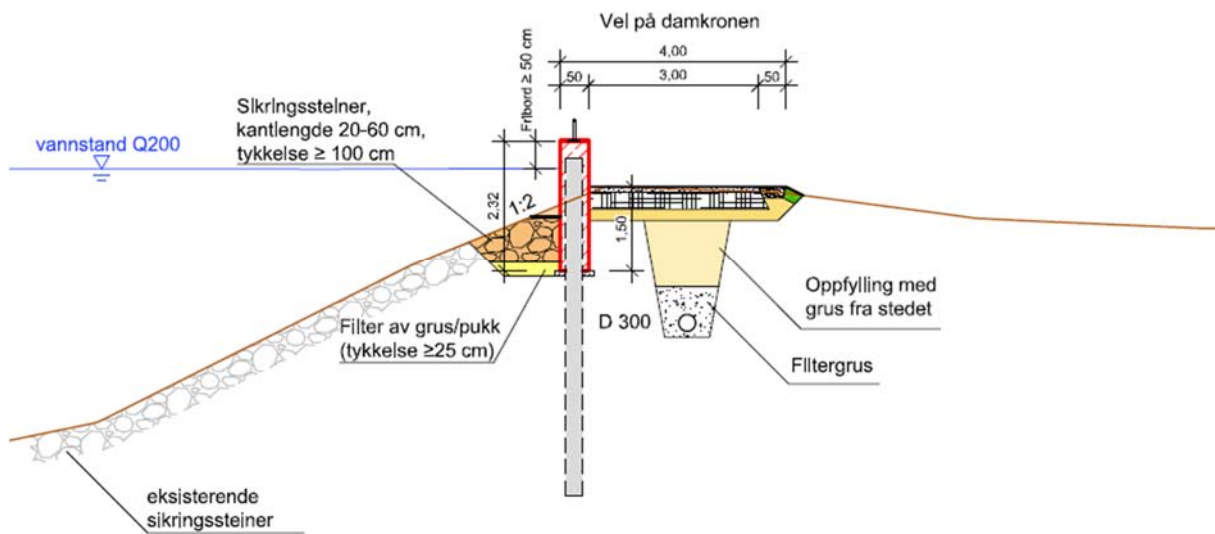
Figur 5.2: Eksempel på tverrsnitt mellom profil 0+800 og 1+240

Mellom profil 1+240 og 1+630 går den planlagte flomsikringsmuren på vannsiden av veien Skansen (jf. figur 5.3). Avstanden mellom flomsikringsmuren og Skansen er 0,5 m. Ved vei-fyllingens fotpunkt på luftsiden er det prosjektert en dreneringsledning for transport av dreneringsvann til pumpeanlegg G2. Langs den indre veikanten ligger det i dette området en ledning for overvannsdrenering og en vannledning. Videre ligger det ved vollens fotpunkt nok en vannledning og en spillvannsledning. Disse to ligger omtrent der hvor dreneringsledningen er planlagt. I den videre planleggingen må det kartlegges hvilke høyder eksisterende ledninger ligger på, slik at det kan tas hensyn til disse under detaljplanleggingen.



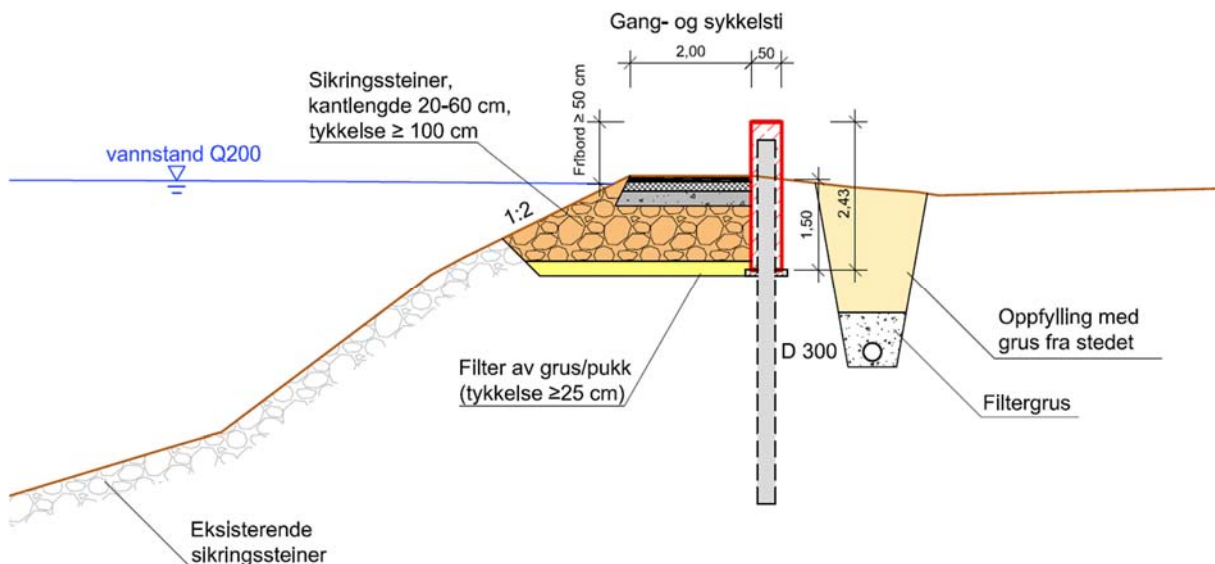
Figur 5.3: Tverrsnitt ved profil 1+400

På strekningen profil 1+630 til 2+610 planlegges det en flomsikringsmur med en flomvoll med kjørbart topp (jf. figur 5.2 og tegning V304). Dreneringsvannet ledes bort til pumpeanleggene G3, G4 og G5 (jf. kap. 5.2). I det sørligste avsnittet av dette området (mellom profil 2+520 og 2+610) er dreneringsledningen planlagt midt under flomvollens topp på grunn av de trange forholdene (jf. figur 5.4). Flomsikringsmuren utstyres med et bjelkestengsel ved profil 2+610, slik at det i perioder uten flom er fri og uhindret ferdsel på veien under brua på Rv15. Flomsikringsmuren går inntil brua på Rv15 (profil 2+650) på luftsiden av veien og forankres til bruas landkar.



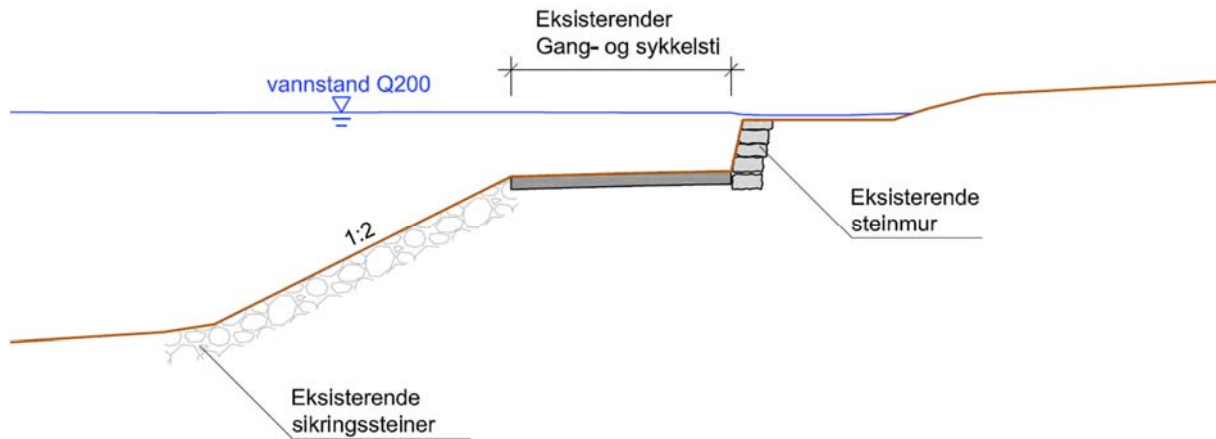
Figur 5.4: Tverrsnitt ved profil 2+580

I det sørligste området med flomsikringstiltak (mellom profil 2+650 og 2+800) ved Lågen er det prosjektert en flomsikringsmur på luftsiden av veien langs elvebredden. Denne gang- og sykkelstien vil bli sanert og reetablert ved byggingen av flomsikringsmuren. På vannsiden skal den sikres med forbyggingsstein. Ved profil 2+770 skal det settes opp et bjelkestengsel for å opprettholde gang- og sykkel forbindelsen mellom veien langs elva og Loftsgardsbrua i perioder uten flom. Dreneringsvannet i dette området transporteres til pumpeanlegg G6 via dreneringsledninger på luftsiden av flomsikringsmuren.



Figur 5.5: Tverrsnitt ved profil 2+580

Sør for Loftsgardsbrua er det ikke foreslått ny flomsikring på Lågens høyre bredd. Elveskråningen er her sikret med forbyggingsstein, men gang- og sykkelstien er i nåtilstand så å si fullstendig oversvømt ved dimensjonerende flom. Imidlertid er det ingen fare for bebyggelsen (jf. tegning V144), og derfor er det ikke påkrevd med flomsikringstiltak her.



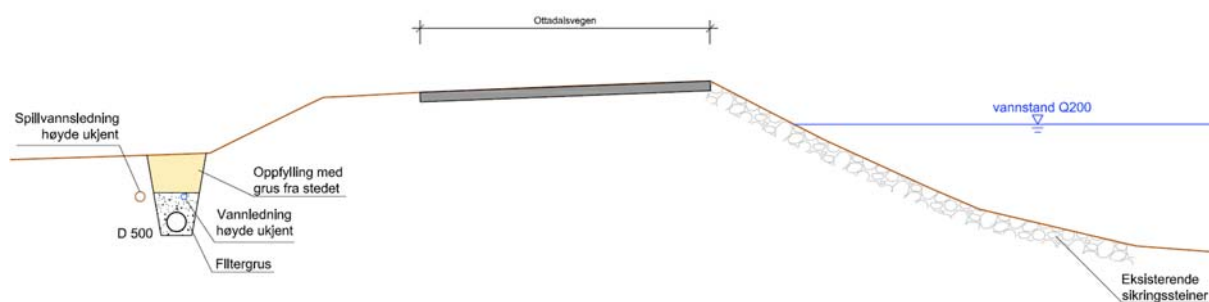
Figur 5.6: Tverrsnitt ved profil 2+950

5.3.2 Flomsikring ved Ottaelva

Det er blitt vurdert nye flomsikringstiltak på venstre bredd av Ottaelva i Otta. På visse strekninger må det ifølge de hydrauliske beregningene ved dimensjonerende flom (Q200) påregnes at elva går over sine bredder og medfører oversvømmelse av bebygde områder i Otta. For å sikre bebygde områder kreves det flomsikringstiltak på Ottaelvas venstre bredd. De prosjekterte tiltakene er vist i tegning V144 og V151, lengdesnitt V203 og tverrsnittene i tegning V306.

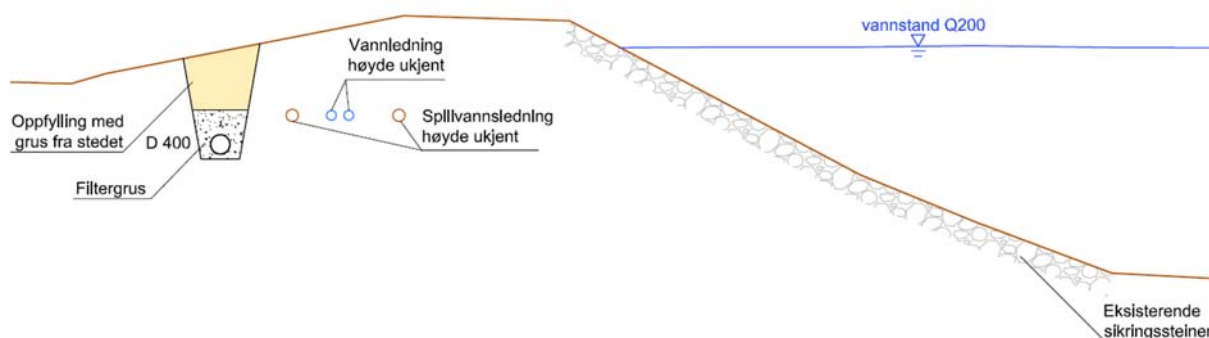
De prosjekterte flomsikringstiltakene ved Ottaelva kan inndeles i tre forskjellige områder. På tegningene vises en beliggenhet som skal tjene som orientering ved de følgende beskrivelsene.

Som det fremgår av følgende figur, ligger Ottadalsvegen mellom profil 0+000 og 0+610 rett ved venstre elvebredd. Veifyllingens topp ligger her minst 50 cm over beregnet vannstand ved dimensjonerende flom (jf. lengdesnitt i tegning V203), og har dermed tilstrekkelig fribord i nåtilstand. Ved veiskråningens fotpunkt på luftsiden (mellom profil 0+130 og 0+550) er det prosjektert en drensledning, som ved dimensjonerende flom leder bort dreneringsvannet til det planlagte nye pumpeanlegget O1. På stedet der drensledningen er planlagt, ligger det en vann- og en spillvannsledning; på nåværende tidspunkt er det ikke kjent hvilken høyde disse ligger på. I den videre planleggingen må det kartlegges hvilke høyder eksisterende ledninger ligger på, slik at det kan tas hensyn til disse under detaljplanleggingen.



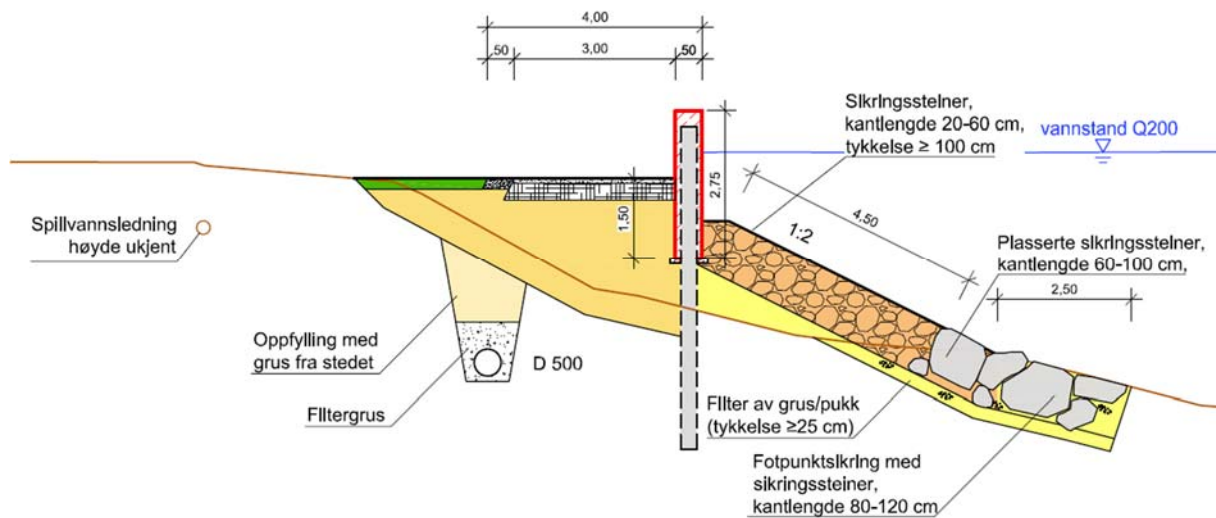
Figur 5.7: Tverrsnitt ved profil 0+350

Også videre langs elva (mellom profil 0+610 og 0+850) ligger en eksisterende flomvoll med sikret skråning på Ottas venstre bredd; denne oppviser ved dimensjonerende flom gjennomgående et tilstrekkelig fribord (mer enn 50 cm). Bak den eksisterende flomvollen er det planlagt en drensledning til å lede bort dreneringsvann samt et nytt pumpeanlegg (O3, jf. kap. 5.2). Langs flomvollen ligger det vann- og spillvannsledninger som en på det nåværende tidspunkt ikke kjenner hvilken høyde de ligger på. I den videre planleggingen må det undersøkes hvilke høyder eksisterende ledninger ligger på, slik at det kan tas hensyn til disse under detaljplanleggingen av drensledningen.



Figur 5.8: Tverrsnitt ved profil 0+700

Øst for jernbanebrua (mellom profil 0+870 og 1+190) er det planlagt en flomsikringsmur satt opp på en spuntvegg (jf. figur 5.9). På luftsiden skal eksisterende terreng fylles opp til flomsikringsmuren og det skal anlegges en vei. På vannsiden er det prosjektert en sikret skråning med helning 1:2. På luftsiden skal det legges drensledninger og bygges et pumpeanlegg (O4, jf. kap. 5.2) til bortledning av lekkasjevann. På luftsiden ligger det i dag også en spillvannsledning på dette stedet (høyde ukjent). Ifølge Sel kommune skal denne spillvannsledningen tas ut av bruk i 2022. I nåtilstand er det flere spillvannsledninger som munner ut i denne ledningen, fra Müllergate, Olav Bismos gate og Solvang. I forbindelse med dette tiltaket skal helningen på disse ledningene legges i nordlig retning, slik at spillvannet kan renne bort via Skulegata til eksisterende pumpeanlegg PST KP 2 (jf. også kart V144).



Figur 5.9: Tverrsnitt ved profil 1+000

5.3.3 Sikringstiltak i elveleiet, Lågen og Otta

Ved dimensjonerende flom må en ved brua påregne skjærspenninger i elvebunnen på inntil 300 N/m². Nedstrøms bruene over Ottaelva og Lågen er det derfor planlagt bunnterskler som skal stabilisere elvebunnen for å unngå at bunnen graves ut ved dybderosjon forårsaket av bruas landkar.

5.4 Drenering av flomsikret område

I tillegg til sikring mot oversvømmelser kreves det ved flomvannføring i Otta og Lågen også tilstrekkelig drenering av det flomsikrede området.

Det må sikres at vannføringen i Kleivrudbekken og overvann fra Otta by kan renne ut i Otta og Lågen uten å forårsake oversvømmelser i bebygde områder, f. eks. på grunn av overbelastning i avløpsnett. Det innebærer at avløpssystemet må dimensjoneres tilsvarende. Ved utløpet av avløpsledningene bygges det pumpeanlegg for å sikre at vannmengden også i flomtilfelle kan ledes ut i resipientene.

De prosjekterte pumpeanleggene vil også kunne lede bort lekkasje- og dreneringsvann som i flomtilfelle kan opptre på luftsiden av flomsikringen. Lekkasjevann oppstår ved at vann siger gjennom eller under flomvollen fra vannsiden.

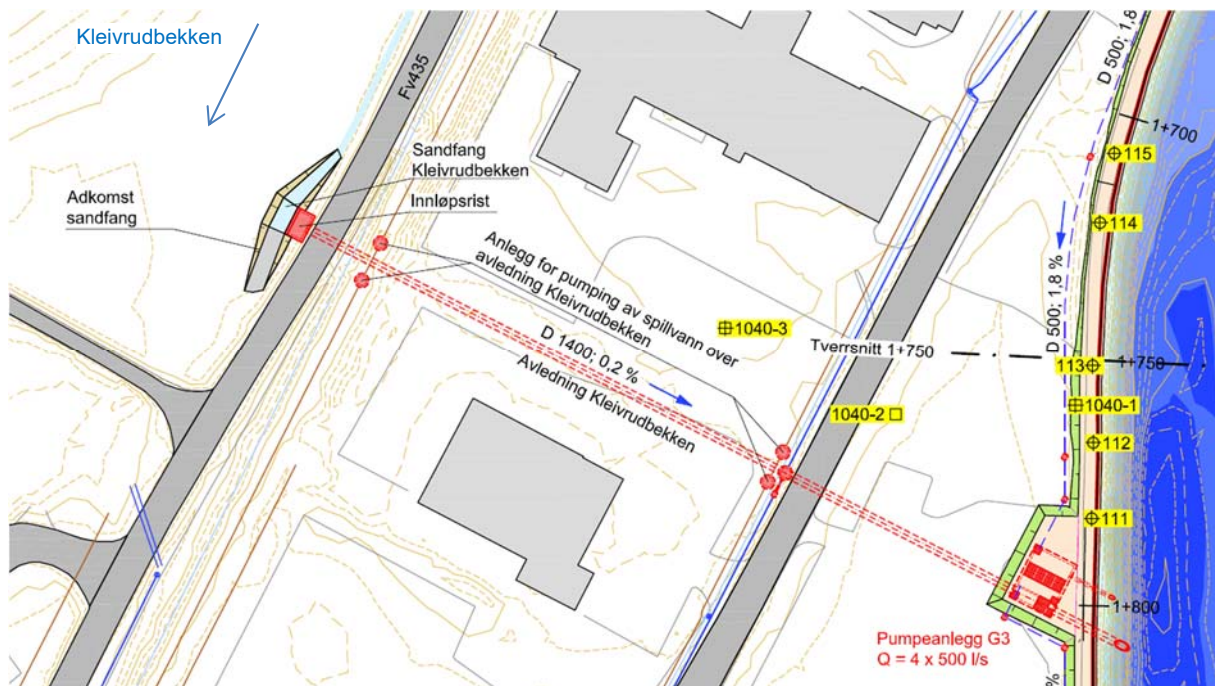
5.4.1 Overvann fra overvannsledningen

Et problem ved dimensjonerende flom utgjør spesielt utløpet av drensledningene for overvann, som i nåtilstand renner i selvfall ut i Lågen eller Otta. Økt vannstand i elvene fører til tilbakestuvning i avløpsnett, som igjen medfører overbelastning her. Vannet i avløpsnett presses dermed mot overflaten og forårsaker oversvømmelser i det bebygde området. For å forhindre overbelastning av avløpsnett er det planlagt pumpeanlegg ved ledningene, som

skal pumpe overvann fra det indre området ut i Lågen og Otta i flomtilfelle. Til dimensjonering av avløpsnett er det antatt en 2-års nedbørshendelse og det er i hvert tilfelle stipulert den mest skadelige varigheten (jf. kap 4.2.1 og vedlegg 2). I det følgende skal det gis et sammendrag av planlagt situasjon for overvannsavløpet i Otta. Tiltakene er knyttet til det enkelte pumpeanlegget som er prosjektert.

Pumpeanlegg G3

Kleivrubekken ledes i nåtilstand inn i avløpsnett. Det fremgår av beregningene for avløpsnett at rørene som Kleivrubekken ledes inn i, vil være overbelastet ved dimensjonerende hendelse. Derfor skal bekken i fremtiden legges i separat rør (DN 1400) og ledes direkte ut i Lågen (jf. figur 5.10). Ved veien Skansen skal også overvannsledningen fra nord koples til den nye rørledningen. Både vest for Skansen og øst for Selsvegen ligger det en vann- og en spillvannsledning på tvers av den nye rørledningen til Kleivrubekken. Det er på det nåværende tidspunkt ikke kjent hvilken høyde ledningene ligger på. En må likevel regne med at det på dette stedet vil være en konflikt mellom eksisterende ledninger og den planlagte rørledningen. Vannledningene (trykkledninger) kan på de to stedene legges dypere (dykkledning). For spillvannsledningene (ledninger i selvføll) trengs et anlegg for pumping av spillvann, som transporterer spillvannet fra nordsiden til sørsiden av den planlagte rørledningen D 1400 for avledning av Kleivrubekken.

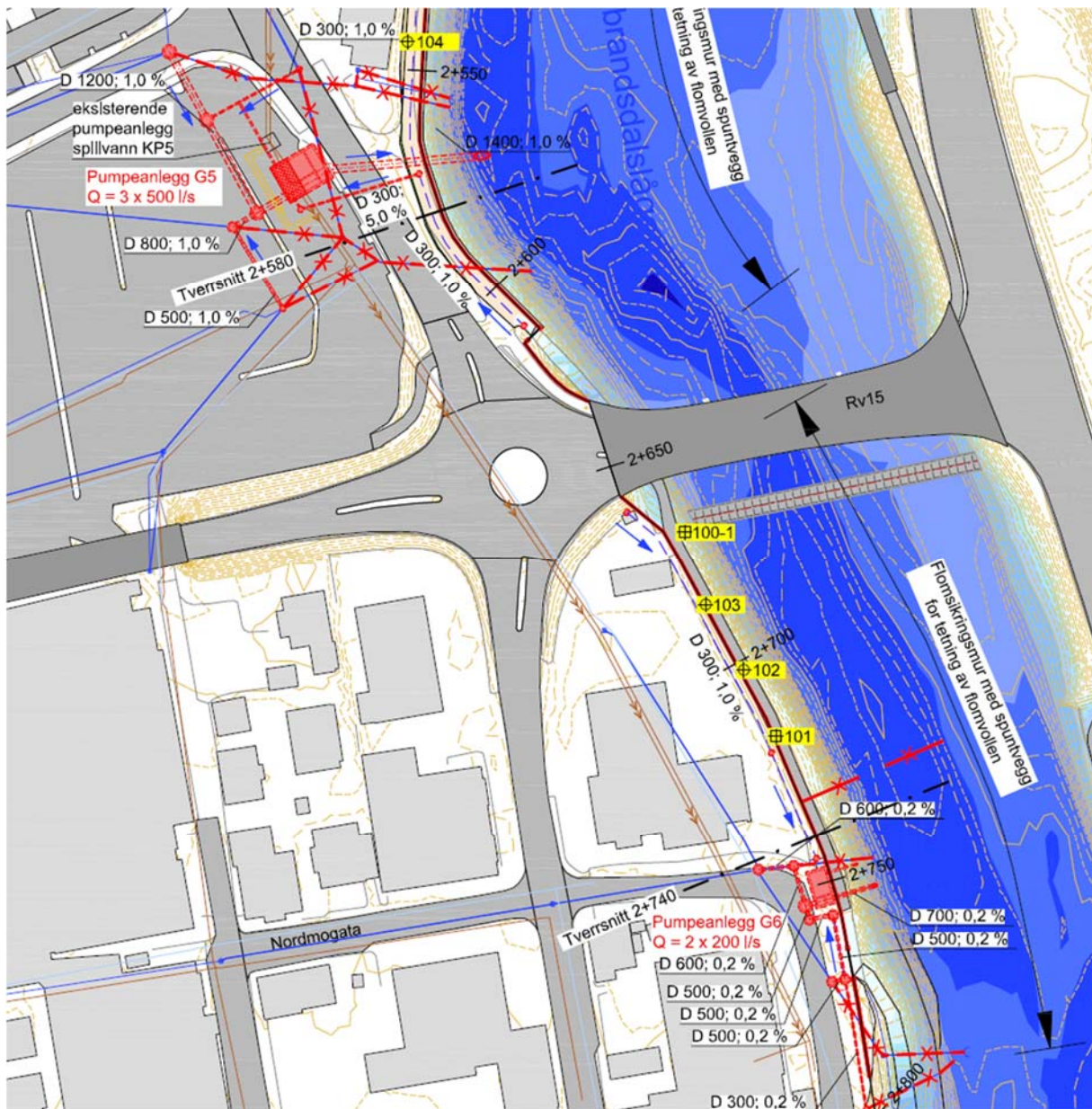


Figur 5.10: Bortledning av Kleivrubekken ut i Lågen via en ny rørledning

I flomtilfelle skal vannet i Kleivrubekken samt overvannet som kommer fra nord og inn i den nye ledningen, pumpes ut i Lågen av pumpeanlegg G3. Avløpsnettberegningene viste at det ved dimensjonerende hendelse er en vannmengde på 0,64 m³/s som må pumpes fra den nye ledningen av pumpeanlegg G3.

Pumpeanlegg G5 og G6

I nåtilstand er det ved profil 2+555 og 2+595 tilsammen tre overvannsutløp. Disse skal fjernes og eksisterende ledninger skal koples til det prosjekterte pumpeanlegg G5 (jf. figur 5.11). Vannmengden som skal bortledes fra overvannsledningen er ved dimensjonerende hendelse beregnet til 0,75 m³/s. Ved det prosjekterte pumpeanlegget G5 er det en trykkledning for spillvann. Den skal flyttes til vest for det planlagte pumpeanlegget og føres under tilløpet til dette.



Figur 5.11: Avløpsnett ved pumpeanlegg 5 og 6

Sør for brua på Rv15 er det i nåtilstand tre steder hvor overvann ledes ut i Lågen; disse skal fjernes og koples til det prosjekterte pumpeanlegget G6. Vannmengden fra overvannsledningen som skal ledes bort via pumpeanlegg G6 utgjør i dimensjonerende tilfelle 0,09 m³/s.

Pumpeanlegg ved Ottaelva

På bredden av Ottaelva er det i nåtilstand ni utløp fra overvannsledninger ut i elva. Disse skal til dels fjernes og til dels utstyres med tilbakeslagsventiler. Dessuten skal eksisterende rørledninger utvides på enkelte steder (jf. kart V144 og V151).

Rett oppstrøms brua på Sjoavegen er det prosjektert et pumpeanlegg O2, som ved flom skal pumpe det overvannet som stuves opp i ledningen ut i Ottaelva. I dimensjonerende tilfelle må det påregnes at en vannmengde på 0,43 m³/s skal pumpes ut av ledningen.

Nedstrøms jernbanebraa skal eksisterende utløp fra overvannsledningen fjernes. For i dimensjonerende tilfelle å kunne lede vannmengden på 0,19 m³/s ut i Ottaelva, er det her prosjektert et pumpeanlegg O4.

5.4.2 Lekkasje- og dreneringsvann ved flom

Ved flom vil elvevann infiltrere i grunnvannslederen, slik at grunnvannstanden i området som skal flomsikres, vil kunne øke betraktelig. I verste fall vil grunnvannet stige opp over terrenget og oversvømme bebyggelsen.

For å fjerne denne risikoen er det planlagt å legge drensledninger, som samtidig skal tjene til å sikre flomvollens eller flomsikringsmurens stabilitet (forhindre hydraulisk grunnbrudd og bunnbrudd på luftsiden av vollens / murens fotpunkt). Det er innlysende at vann som samles i drensledningene ikke kan renne bort i selvfall. Derfor er det planlagt å lede det bort ved hjelp av i alt seks pumpeanlegg ved Lågen og tre pumpeanlegg ved Otta, hvor vannet pumpes ut i elvene.

Til å beregne mengden dreneringsvann i pumpeanleggene er det brukt data fra grunnundersøkelsen av jordsjiktene og deres permeabilitetskoeffisienter. Det er dessuten tatt hensyn til potensialforskjellen mellom vannstanden i Otta og Lågen i dimensjonerende flomtilfelle (Q200) og akseptabel grunnvannstand innenfor flomsikringen.

Det er ved forskjellige tverrsnitt gjennomført beregninger for å bestemme permeabilitetsratene. Disse er detaljert forklart i vedlegg 3. Deretter fikk de forskjellige dreneringsavsnittene tildelt permeabilitetsrater, og forventet vannmengde i pumpeanleggene ble beregnet på grunnlag av ledningenes lengde. Resultatet fremgår av følgende tabell.

Tabell 5.1: Beregnet mengde dreneringsvann

Pumpeanlegg	Lengde drens- ledning [m]	Permeabilitetsrate [l/(s*m)]	Avløp [l/s]	Avløp (m ³ /s)
G1	300	2,6	780	0,78
G2	400	2,6	1040	1,04
G3	350	2,5	875	0,88
G4	400	1,0	400	0,40
G5	210	1,0	210	0,21
G6	140	1,0	140	0,14
O1	420	1,0	420	0,42
O3	210	1,0	210	0,21
O4	240	1,0	240	0,24

Grunnlagsdataene som ble brukt ved beregningen av dreneringsvann (jordsjikt og deres permeabilitetskoeffisienter) bør verifiseres. De boringene som i hovedsak er brukt, er boring 1-3 i Løvlien Georåds rapport 07-37 nr. 2. Disse befinner seg ikke direkte i nærheten av området der tiltakene skal iverksettes, og derfor kan undergrunnens permeabilitet avvike fra de stipulerte verdiene. Det anbefales nærmere grunnundersøkelser for nøyaktigere dimensjonering av drensledningene og pumpeanleggene der hvor sikringstiltakene skal iverksettes. I konseptet som fremlegges her, dimensjoneres de prosjekterte ledningene og pumpeanleggene på grunnlag av de data om byggegrunnen som foreligger på det nåværende tidspunkt.

Ved beregningen av dreneringsvann ble effekten av spuntveggen analysert. Den er planlagt over lengre strekninger. Uten spuntveggen vil det etter det vi så langt kjenner til, måtte påregnes betydelig større vannmengder i drensledningene (jf. vedlegg 3).

Etter store nedbørshendelser kan grunnvannet på luftsiden av spuntveggen eventuelt komme til å stige, siden vannet hindres i å renne ut i resipienten. Når det foreligger nærmere kunnskap om byggegrunnen der hvor spuntveggen skal bygges, bør det undersøkes i hvilken grad den vil komme til å påvirke grunnvannsstrømmen i perioder uten flom. Påvirkningen kan reduseres ved at det monteres vinduer i spuntveggen.

5.4.3 Dimensjonering av pumpeanlegg for drenering av flomsikrede områder

Til å lede bort vann som samler seg innenfor flomsikringen, må det på grunn av terrenghøyden bygges i alt seks pumpeanlegg langs Lågen og fire langs Ottaelva. Vannmengden som samler seg på luftsiden av flomsikringen, er representert av overvann, som samles i overvannsledningene og på grunn av flomvannstanden i elvene ikke lenger kan renne fritt bort, og dreneringsvann, som i flomtilfelle får grunnvannet til å stige i de permeable jordsjiktene innenfor flomsikringen. I kapittel 5.4.1 og 5.4.2 beskrives de avrenningsberegningene som er relevante for å dimensjonere pumpeanleggene. Prinsipielt dimensjoneres pumpeanleggene slik at maksimal forventet tilløpsmengde kan pumpes bort også dersom en pumpe skulle falle

ut (n-1 regel). I det følgende vises en oversikt over dimensjoneringen av de prosjekterte pumpeanleggene.

Pumpeanlegg G1 (tverrprofil 1+050)

$$Q_{\text{dreneringsvann}} = 0,78 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{overvann}} = 0,00 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{tilsammen}} = 0,8 \text{ m}^3/\text{s}$$

I pumpeanlegget er det installert 3 pumper, hver enkelt med kapasitet 400 l/s.

Pumpeanlegg G2 (tverrprofil 1+450)

$$Q_{\text{dreneringsvann}} = 1,04 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{overvann}} = 0,00 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{tilsammen}} = 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

I pumpeanlegget er det installert 3 pumper, hver enkelt med kapasitet 500 l/s.

Pumpeanlegg G3 (tverrprofil 1+800)

$$Q_{\text{dreneringsvann}} = 0,88 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{overvann}} = 0,64 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{tilsammen}} = 1,5 \text{ m}^3/\text{s}$$

I pumpeanlegget er det installert 4 pumper, hver enkelt med kapasitet 500 l/s.

Pumpeanlegg G4 (tverrprofil 2+240)

$$Q_{\text{dreneringsvann}} = 0,40 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{overvann}} = 0,00 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{tilsammen}} = 0,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

I pumpeanlegget er det installert 3 pumper, hver enkelt med kapasitet 200 l/s.

Pumpeanlegg G5 (tverrprofil 2+560)

$$Q_{\text{dreneringsvann}} = 0,21 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{overvann}} = 0,75 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{tilsammen}} = 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

I pumpeanlegget er det installert 3 pumper, hver enkelt med kapasitet 500 l/s.

Pumpeanlegg G6 (tverrprofil 2+750)

$$Q_{\text{dreneringsvann}} = 0,14 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{overvann}} = 0,09 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{tilsammen}} = 0,23 \text{ m}^3/\text{s}$$

I pumpeanlegget er det installert 2 pumper, hver enkelt med kapasitet 200 l/s.

Pumpeanlegg O1 (tverrprofil 0+380)

$$Q_{\text{dreneringsvann}} = 0,42 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{overvann}} = 0,00 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{tilsammen}} = 0,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

I pumpeanlegget er det installert 3 pumper, hver enkelt med kapasitet 200 l/s.

Pumpeanlegg O2 (tverrprofil 0+580)

$$Q_{\text{dreneringsvann}} = 0,00 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{overvann}} = 0,43 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{tilsammen}} = 0,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

I pumpeanlegget er det installert 3 pumper, hver enkelt med kapasitet 200 l/s.

Pumpeanlegg O3 (tverrprofil 0+750)

$$Q_{\text{dreneringsvann}} = 0,21 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{overvann}} = 0,00 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{tilsammen}} = 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$$

I pumpeanlegget er det installert 2 pumper, hver enkelt med kapasitet 200 l/s.

Pumpeanlegg O4 (tverrprofil 0+920)

$$Q_{\text{dreneringsvann}} = 0,24 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{overvann}} = 0,19 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{tilsammen}} = 0,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

I pumpeanlegget er det installert 3 pumper, hver enkelt med kapasitet 200 l/s.

6. Kostnadsestimat

For de enkelte tiltakene kan det innenfor rammen av dette konseptet bare gis et grovt estimat av kostnadene, siden detaljene mht. omfang og konstruksjonsmessig utforming først vil kunne fastlegges ved den videre planleggingen.

Vedlegg 4 inneholder kostnadsestimat for de tiltak som er beskrevet i kap. 5. Kostnadene beløper seg til rundt 230 000 000 NOK brutto.

Delområde	Totalsum
1. Flomsikring	71.263.000 NOK
1.1 Riggkostnader	5.884.000 NOK
1.2 Jordarbeider, veg på flomvollen	13.627.000 NOK
1.3 Flomsikringsmur	46.920.000 NOK
1.4 Sikringsarbeider	4.832.000 NOK
2. Drenering innenfor flomverkene	69.406.000 NOK
2.1 Riggkostnader	6.878.000 NOK
2.2 Jordarbeider ledningsnett, vegbygging	9.250.000 NOK
2.3 Dreneringsarbeider	15.856.000 NOK
2.4 Tilpasning av eksisterende forsynings- og avløpsledninger	365.000 NOK
2.5 - 2.14 Pumpeanlegg	37.057.000 NOK
<hr/>	
Sum	140.669.000 NOK
Uforutsette utgifter ca. 20%	29.331.000 NOK
<hr/>	
Sum	170.000.000 NOK
Planleggingskostnader ca. 10%	14.000.000 NOK
<hr/>	
Samlet beløp netto	184.000.000 NOK
Merverdiavgift (25 %)	46.000.000 NOK
<hr/>	
Samlet beløp brutto	230.000.000 NOK

Kostnader til vedlikehold og drift av anleggene, samt andre kostnader (eiendomsservervelse, leier, ev. erstatning etc.) er ikke inkludert i disse kostnadene.

7. Sammendrag og fremgangsmåten videre

Det er fare for oversvømmelser i tettstedet Otta med utgangspunkt i Ottaelva og Lågen. Det skyldes både flomfare når elvene går over sine bredder og overbelastning av eksisterende overvannsledninger.

For å fastlegge hvilke sikringstiltak som er påkrevd, er det gjennomført hydrauliske beregninger for bestemmelse av vannstanden i Lågen og Otta ved dimensjonerende flom (Q200), og ved avløpsnettregninger er det også beregnet aktuell og nødvendig kapasitet på overvannsledningene. Det er tatt hensyn til tilbakestuvingseffekten som skyldes flom i resipientene.

De nødvendige flomsikringskonstruksjonene langs høyre bredd av Lågen og venstre bredd av Ottaelva består av flomvoller og flomsikringsmurer. Til dels skal det bygges en kombinasjon av disse to, og de har alle et fribord på 50 cm. Over lengre strekninger skal det settes opp spuntvegger under flomsikringsmurene, som ved flom skal redusere mengden av dreneringsvann som renner under sikringskonstruksjonene. Til å bortlede mengden lekkasjevann som oppstår til tross for spuntveggene, skal det på luftsiden av sikringskonstruksjonene anlegges drengledninger som samler opp vannet og leder det bort til de nye pumpeanleggene.

Den kunnskapen som på det nåværende tidspunkt foreligger om grunnforholdene der flomsikringstiltakene er planlagt, gjør det mulig å anslå den forventede mengden dreneringsvann. For å kunne dimensjonere drengledningene og pumpeanleggene, samt beregne hensiktsmessig lengde på spuntveggene, kreves det flere prøveboringer på steder der det er planlagt tiltak.

I nåtilstand løper overvannsledninger på flere steder i selvføll ut i Lågen og Otta. Ved flom er dette problematisk, siden den høye vannstanden i elvene kan medføre tilbakestuving i ledningen og dermed til oversvømmelser i kummene i byområdet. Pumpeanleggene skal sikre at vannmengdene i overvannsledningene også i flomtilfelle kan komme ut i resipientene. Utløpene fra overvannsledningene skal til dels fjernes eller koples til de planlagte pumpeanleggene og utstyres med tilbakeslagsventil. Kleivrudbekken, som renner inn i byområdet fra vest, skal legges i ny rørlledning.

Eching am Ammersee, den 31.03.2020



Dr. Blasy – Dr. Øverland
Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG

Vedlegg 1

Hydrauliske beregninger Gudbrandsdalslågen og Otta

Innhold

1.	Bakgrunn og fremgangsmåte.....	1
2.	Hydrauliske beregninger	2
2.1	HYDRO_AS-2D	2
2.2	Modelloppsett	2
2.3	Resultater nåtilstand.....	6
2.4	Resultater planlagt tilstand	8
3.	Sammendrag.....	9

1. Bakgrunn og fremgangsmåte

For å forhindre oversvømmelser i tettstedet Otta skal det i dette flomsikringskonseptet planlegges tiltak langs Ottaelva og Lågen. Art og omfang av tiltakene skal fastlegges gjennom det konseptet som legges fram her.

I vedlegg 1 gis det en nærmere redegjørelse for de hydrauliske beregningene av resipientene som er blitt gjennomført med følgende målsetting:

- Flomfaren i nåtilstand skal beregnes og dokumenteres.
- De planlagte flomsikringstiltakene skal dimensjoneres og effekten av dem påvises.

De hydrauliske beregningene skjer med en todimensjonal hydraulisk modell.

Første skritt er å oppdatere den eksisterende hydrauliske modellen med nye oppmålingsdata og beregne oversvømte områder i nåtilstand. Beregningene gjennomføres for en hendelse med returperiode $T = 200$ år (se også hovedrapportens kapittel 3.3).

Beregnet flomfare i nåtilstand danner grunnlaget for å planlegge art og omfang av nødvendige tiltak.

De hydrauliske beregningene viser at kapasiteten til Ottaelva og Lågen overskrides ved dimensjonerende flom. Tiltak ved vassdragene kan forhindre oversvømmelser. Effekten av tiltakene skal så i neste omgang dokumenteres ved at de implementeres i den hydrauliske modellen og det deretter beregnes vannstander for planlagt tilstand.

2. Hydrauliske beregninger

2.1 HYDRO_AS-2D

Til beregning av vannstander gjøres det bruk av beregningsprogrammet HYDRO_AS-2D. I den 2-dimensjonale, numeriske beregningen kan strømningsforholdene og oversvømmingsprosessene beregnes mer nøyaktig enn med en 1-dimensjonal beregning. Det er ikke påkrevd med separat beregning av elveløpet og flomslettene. Det tas implisitt hensyn til de komplekse strømningsinteraksjonene mellom elveløp og flomsletter, og likeledes muligheten for tilbakestuvning og andre (2-dimensjonale) strømnings effekter (Nujic¹; 1998).

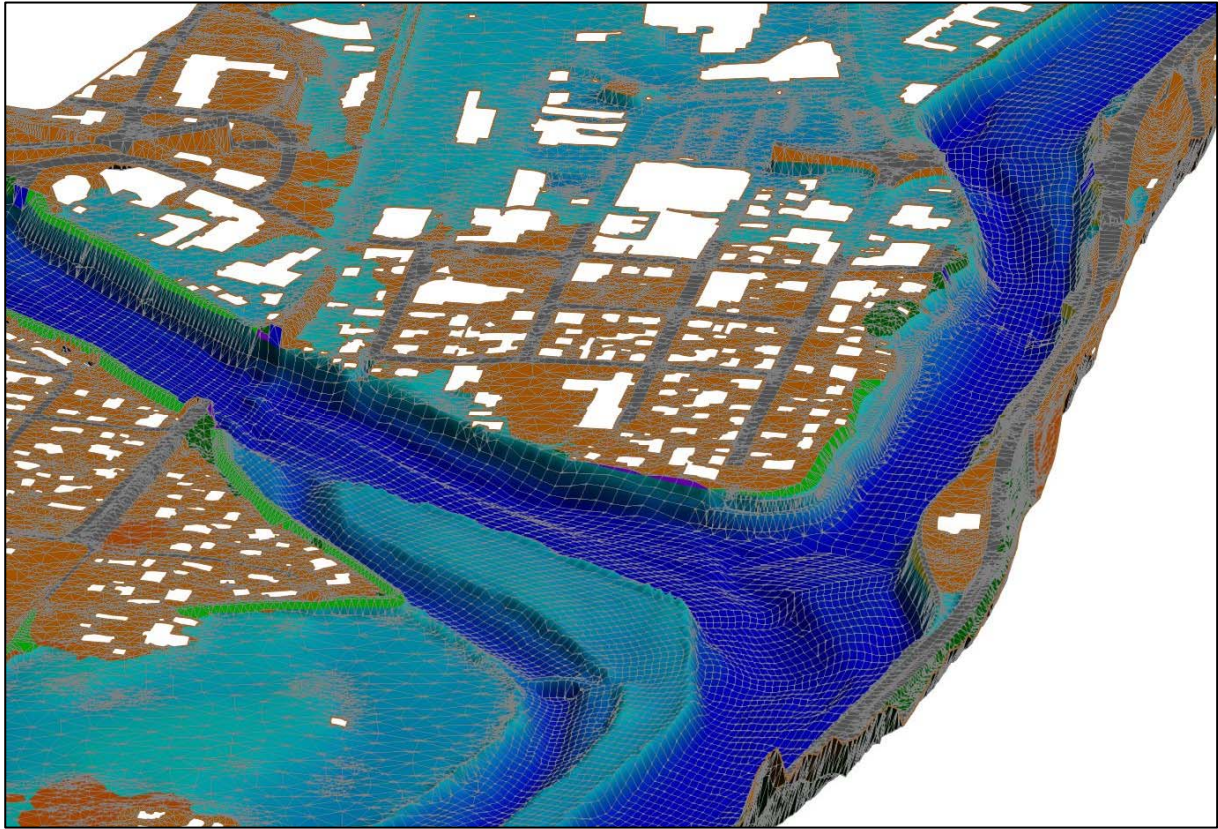
For å gjennomføre den numeriske simuleringen må hele området deles opp i mindre elementer. Alt etter hvilket regneskjema som benyttes, kan det deles opp i trekantede eller firkantede elementer eller en kombinasjon av disse. Den fremgangsmåten som er brukt her, benytter et beregningsnett med en kombinasjon av de to typene elementer. Bruken av et kombinert nett gjør det bl.a. lettere å tilpasse seg til de topografiske og hydrodynamiske forhold i den aktuelle oppgaven. Slik kan en relativt nøyaktig fastlegge områder med rennende vann, flomvoller og veier, noe som er av avgjørende betydning når strømningsprosessen skal modelleres.

2.2 Modelloppsett

Grunnlaget for den todimensjonale hydrauliske beregningen er den oppdaterte modellen av elveløpet basert på undersøkelsen i 2017². Elvebunnens koter baserer seg på en ekkoloddmåling fra 2015. Modellen av flomslettene er bygd opp helt på nytt med programmet LASER_AS-2D i den nyeste versjonen 2.0.3. Ved å bruke den mest aktuelle varianten er det mulig å sette opp en kvalitativt mer presis modell enn det som hittil har vært mulig. Grunnlaget er laserscandata (NVE Gudbrandsdalslågen 2016) med en oppløsning på 1 m. Veier og bygninger registreres i beregningsnettet som knekkpunkter.

¹Nujic, M. (1998) Praktischer Einsatz eines hochgenauen Verfahrens für die beregning fra tiefengemittelten Strömungen (Praktisk bruk av en ekstremt nøyaktig metode til beregning av dybdemidlede strømninger), Mitteilungen des Instituts für Wasserwesen der Universität der Bundeswehr München, nr. 62.











² „Vannlinjeberegning Gudbrandsdalslågen og Otta“, Dr. Blasy – Dr. Øverland Beratende Ingenieure, Eching a. A. 10.04.2017



Figur 2.1: Beregningsnettet i perspektivmodus (med dobbelt høyde)

Ruheten på flomslettene er basert på arealbruksdata. Til å definere ruheter i elvebunnen foreligger det tallrike kalibreringsberegninger fra 2012. Stricklertallene overføres fra den beregningen.

De definerte materialparametere og de tilordnede ruhetskoeffisienter etter Strickler er opplistet i figur 2.2.

Arealtype	Ruhetskoeffisient etter Strickler [m ^{1/3} /s]	Farbe
grøntområder	20	
skog	12	
flomvoll	30	
trær langs elvebredden	15	
flomverk	ikke gjennomstrømbar	
bygninger	ikke gjennomstrømbar	
vei	40	
grus	25	
myr	25	
elv	35	
tett dekke	25	
bebyggt område	16	



Figur 2.2: Materialkoeffisienter

Også konstruksjoner som direkte berører elva, eller som ligger i umiddelbar nærhet av den, spiller en viktig rolle ved modelleringen. Når det gjelder Ottaelva og Lågen, innebærer dette to veibruer, en fotgjenger- og en jernbanebru. Disse bruene er vist i Figur 2.3. Ved bruer er det ofte fare for innsnevring som fører til at de oppstives ved flom, noe som medfører en betydelig redusert vannføringskapasitet. Derved oppstår det tilbakestuvningseffekter, og flomvannstanden stiger enda mer. Dette vil kunne føre til oversvømmelser som ikke ellers ville opptre dersom elveløpet var uten innsnevring. For å simulere denne mulige effekten, blir de knutene i det hydrauliske beregningsnettet som befinner seg under bruer, definert som effektive bru-underkanter. Det er bare en liten del av vannføringen som går over overkanten av brubjelkene, og det trengs ikke tas hensyn til dette. Som alle andre data er også bruenes underkanter overført til høydesystemet NN2000 for de aktuelle beregningene.



Figur 2.3: Oversikt bruer

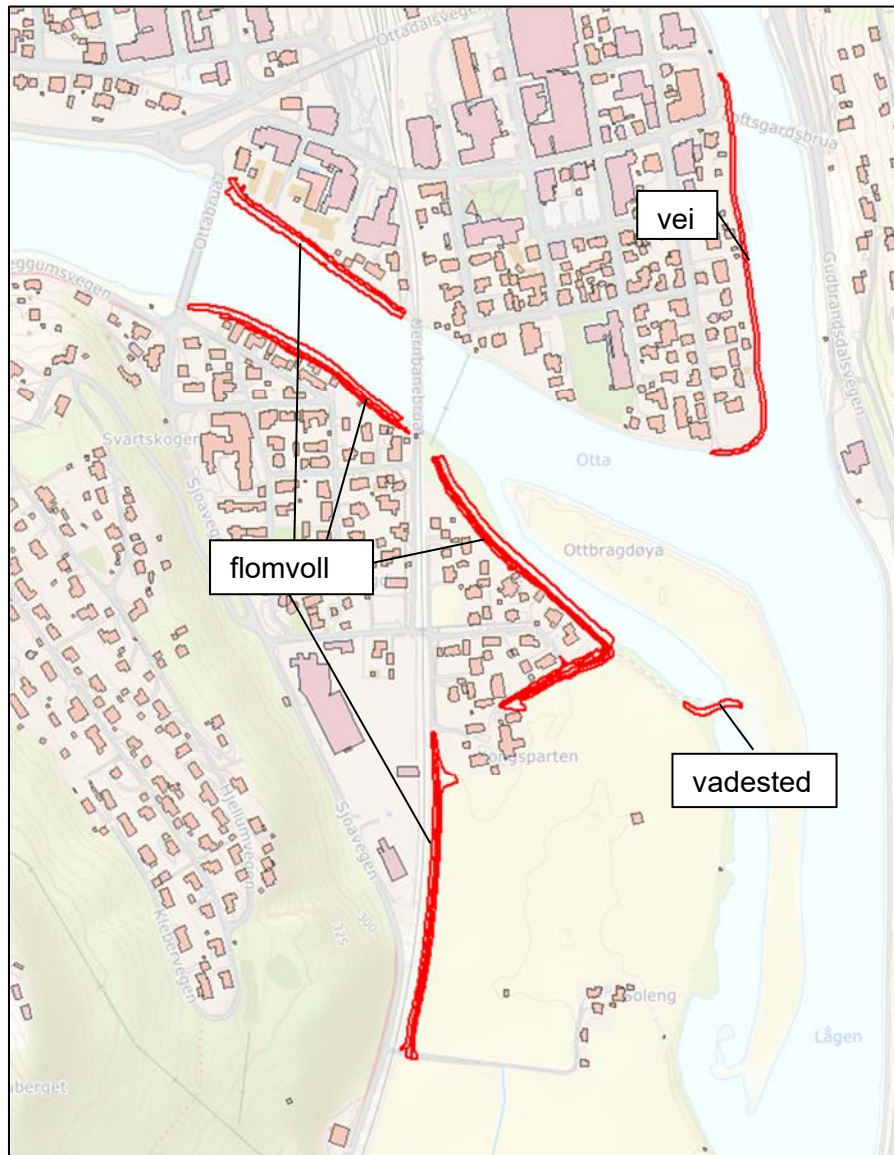
Tabell 2.1: Brudata

Bru	Elv	Midl. bredde [m]	Antall pilarer	Underkant [moh]
veibru	Otta	9,33	5	287,24
jernbanebru	Otta	6,40	4	286,78
veibru	Lågen	13,15	2	286,77
gangbru	Lågen	7,46	2	287,72

Enkelte nye byggetiltak langs elva mangler i laserscandata. Disse har oppdragsgiver målt opp terrestrisk og deretter overført til den hydrauliske modellen. Det gjelder:

- Vadested til Ottbragdøya med kulverter
- Vei og nedre kant av elvbredden langs høyre bredd av Lågen oppstrøms utløpet av Ottaelva
- Voller/demninger ved Ottaelva

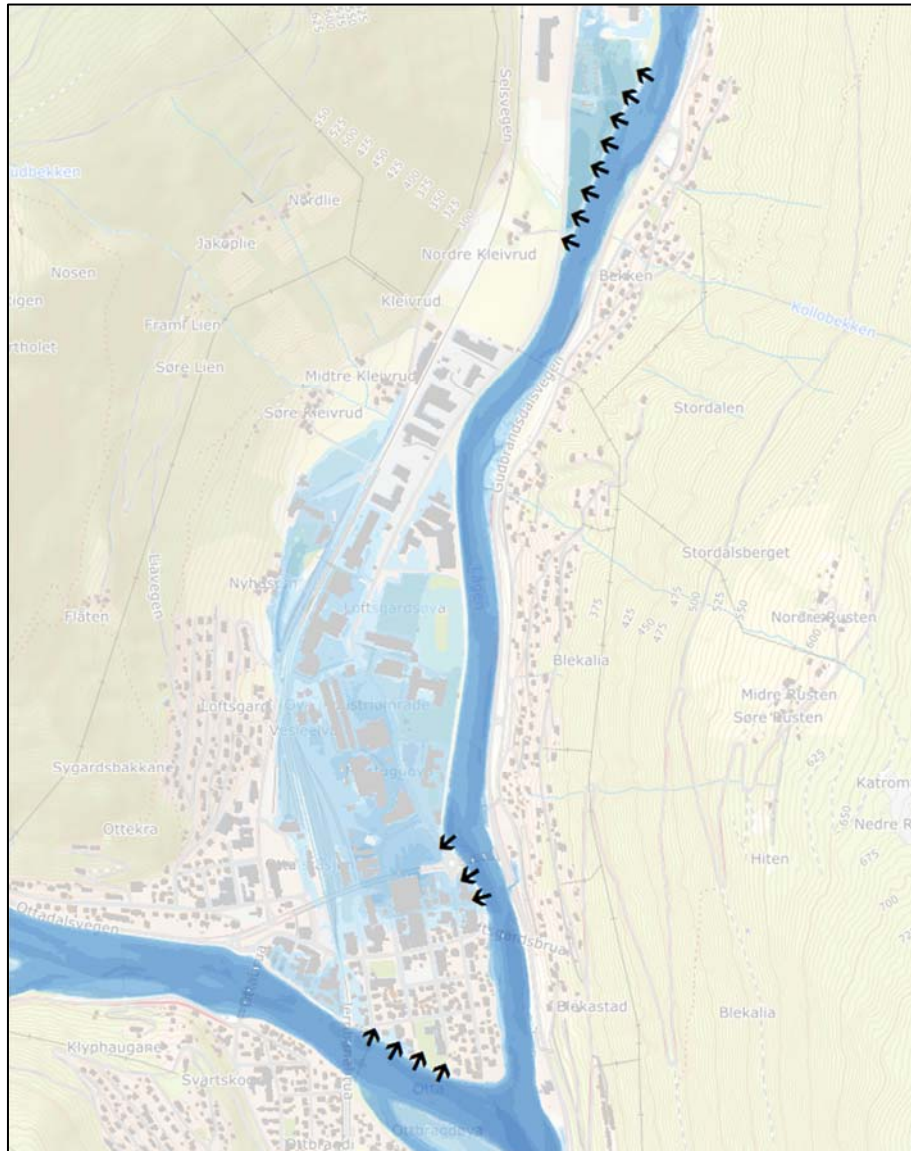
figur 2.4 gir en oversikt over beliggenheten av tiltakene.



Figur 2.4: Terrestrisk oppmålte konstruksjoner

2.3 Resultater nåtilstand

Den hydrauliske beregningen av nåtilstand gjennomføres med to kombinasjoner av belastningstilfeller. Det hydrologiske grunnlaget for belastningstilfellene er beskrevet i hovedrapportens kapittel 3.3. Beregningen utføres som stasjonær strømning med konstant tilløp. Derfor kan det ikke trekkes noen konklusjoner angående retensjonsvolum og flomforløp. Følgende maksimalt oversvømte områder fremkommer ved kombinasjonen av hendelser i de to belastningstilfellene:



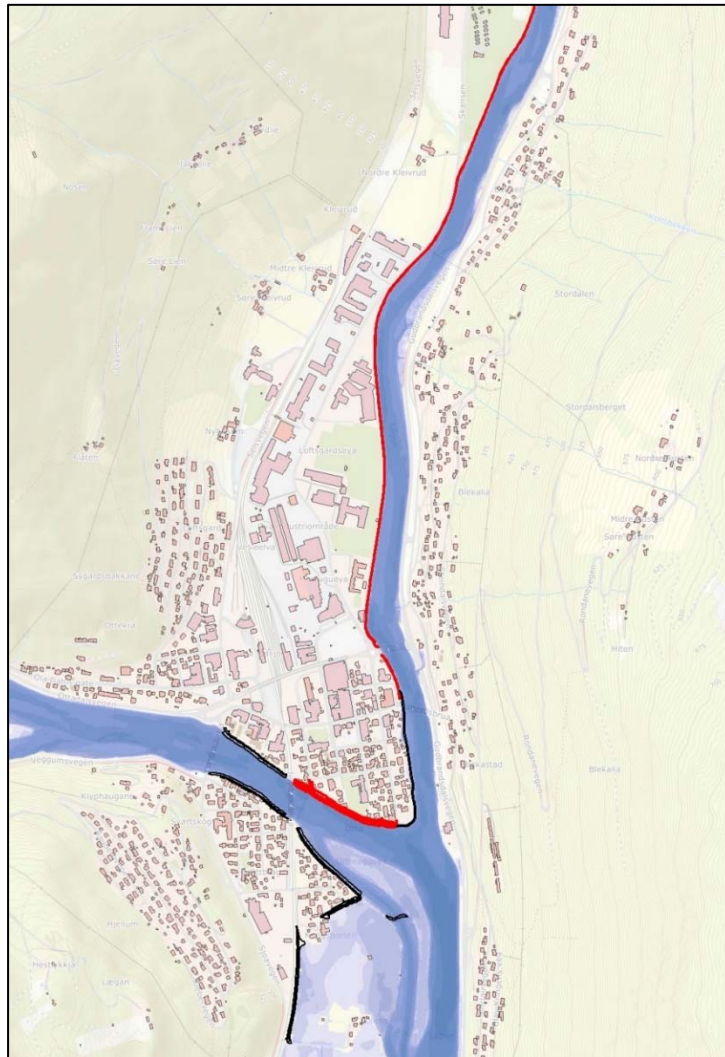
Figur 2.5: Kombinerte oversvømte områder for de to belastningstilfellene i nåtilstand (pilene viser hvor det blir oversvømmelse)

Resultatet viser at Otta by ofte rammes hardt av oversvømmelser. Pilene markerer de avsnittene av elvebredden som oversvømmes. I nord er det et lengre avsnitt av elvebredden som oversvømmes og utgjør en trussel mot næringsområdet bakenfor. I Otta sentrum går Lågen over sine bredder på tre mindre avsnitt. Dermed oversvømmes store arealer i de lavereliggende bebygde områdene i Otta. Vannet følger helningen, renner gjennom byen og stuves opp bak den nye demningen i Ottaelva mellom de to bruene. Vannet kan ikke renne tilbake i elva. Demningen overstrømmes ikke.

Ottaelva forårsaker derimot bare mindre oversvømmelser. Nedstrøms jernbanebrua rammes noen bygninger på venstre bredd. De nye demningene på venstre bredd trykker bebyggelsen.

2.4 Resultater planlagt tilstand

Til modellen for nåtilstand overføres forskjellige planlagte tiltak i den hydrauliske 2D-modellen.



Figur 2.6: Kombinerte oversvømte områder for de to belastningstilfellene i planlagt tilstand

Langs Lågens høyre bredd modelleres det en mur. For å fastlegge hvilken vannstand tiltaket medfører, modelleres muren som ikke gjennomstrømbar, dvs. at det ikke renner vann inn i byen (jf. figur 2.6).

Nedstrøms jernbanebrua skal bredden på Ottaelva omformes med en ny flomvoll. På den skal det dessuten settes opp en mur, også denne defineres i modellen som ikke gjennomstrømbar. Dette tiltaket forhindrer oversvømmelser fra Ottaelva.

På grunnlag av vannstandene som fremkommer ved disse hydrauliske beregningene, er det mulig å prosjektere flomsikringstiltakene langs de to elvene.

En detaljert beskrivelse av de planlagte tiltakene er å finne i hovedrapportens kapittel 5.2.

3. Sammendrag

Otta by rammes hyppig av flom i Ottaelva og Lågen. For å kunne utvikle effektive flomsikringstiltak må først nåtilstanden studeres. Den simuleres med den hydrauliske 2D-modellen Hydro_as-2d på grunnlag av LIDAR-, ekkolodd- og oppmålingsdata. På grunnlag av denne kunnskapen kan det innrettes målrettede tiltak for å unngå oversvømmelser.

Det foretas ytterligere en simulering, hvor en kombinasjon av flomsikringsmurer og flomvoller implementeres i modellen og beregnes. Disse tiltakene vil sikre byen fullstendig mot flom.

Resultatene danner grunnlaget for de følgende avløpsnettberegningene, siden flomvannstanden i de to elvene medfører tilbakestuvning i avløpsledningene.

Vedlegg 2

Overvannsberegninger

Innhold

1.	Bakgrunn og fremgangsmåte.....	1
2.	Nåtilstand	2
2.1	Oppsett av modellen	2
2.1.1	Datagrunnlag	2
2.1.2	Feltparametere:	4
2.1.3	Hydrauliske parametere:	5
2.1.4	Grunnleggende tilpasninger i avløpsnettet.....	6
2.1.5	Kleivrudbekken	7
2.1.6	Utløpsgrensebetingelser	8
2.2	Resultater av avløpsnettberegningene.....	9
3.	Planlagt tilstand.....	12
3.1	Oppsett av modellen	12
3.2	Resultater av avløpsnettberegningene.....	12
3.2.1	Kleivrudbekken – pumpeanlegg G3	12
3.2.2	Johan Nygårds gate / pumpeanlegg G5.....	13
3.2.3	Nordmogata / pumpeanlegg G6	15
3.2.4	Otta sør / pumpeanlegg O4	16
3.2.5	Otta vest / pumpeanlegg O2	17
4.	Sammendrag.....	18

1. Bakgrunn og fremgangsmåte

Flomskader kan prinsipielt opptre ved at vassdrag går over sine bredder og ved at vann renner fritt over terrenget. Det kan også oppstå oversvømmelse ved at overvann i byområder overskrider kapasiteten i avløpsnettets og renner ut av kummene (overløp i avløpsnettets).

Vann fra overvannsnettets blir vanligvis ledet bort via utløp eller overvannsoverløp og ut i vassdragene. Ved flom i vassdragene er utløpene ofte stuvet opp (oppdemningshendelse). Det kan ha en uheldig effekt på avløpsforholdene og medføre ytterligere fare for oversvømmelse i byområdet.

De hydrauliske forholdene i overvannsnettets på Otta beregnes ved hjelp av en avløpsnettmodell. Avløpssystemet og vannets strømningsveier på overflaten (vassdrag, grøfter osv.) har en gjensidig innflytelse på hverandre. Før det foretas hydrodynamiske beregninger for avløpsnettets, må det derfor gjennomføres simuleringer med den todimensjonale overflatemodellen for å bestemme vannstander ved utløpene.

Første skritt består i å foreta en beregning av nåtilstand. Det innebærer fastlegging av kapasiteten i byområdet og kartlegging av hvilke områder som vil oversvømmes ved overløp i kummene. Avløpsnettets analyseres både med flom og uten tilbakestuvning i resipienten.

Dette vedlegget inneholder en beskrivelse av den anvendte modellen og de resultater den har ført til.

2. Nåtilstand

2.1 Oppsett av modellen

Avløpsnettberegningene gjennomføres med programmet MIKE URBAN fra DHI. De hydrauliske forholdene i avløpsledningene bestemmes prinsipielt ved to beregnere. Først beregnes avrenningen til de forskjellige kummene med en hydrologisk metode på grunnlag av definert nedbør. For dette formål inndeles det undersøkte nedbørfeltet i delfelt, og hvert delfelt koples til en kum. For hvert delfelt bestemmes det en rekke feltparametere (jf. nedenfor), og ved hjelp av disse fastlegges det hvordan avrenningen oppstår og omformes i delfeltet.

Med utgangspunkt i den hydrologisk beregnede avrenningen til kummene beregnes i neste omgang vannføringen i avløpsledningen ved hjelp av en endimensjonal hydrodynamisk simulering. For dette formål løses strømningsligningene etter Saint-Venant numerisk iterativt for ledningene. Programmet gjør det mulig å simulere avløp både i åpen kanal og under trykk, og dessuten både strykende og strømmende vannføring samt strømningsendringer.

Vannet som renner ut av en kum, lagres midlertidig i et virtuelt kar og ledes tilbake i avløpsnettets når kapasiteten tillater det.

2.1.1 Datagrunnlag

Prosjektansvarlig har stilt data til disposisjon for beregninger av avløpsnettets.

Avløpsdataene foreligger for hele feltet i Shape-format. Det har den fordel at det i tillegg til geometriske og topologiske data også foreligger en del tilleggsinformasjon om kummene og ledningene, som kan importeres til bruk i avløpsnettmodellen. For kummene foreligger det data om bunn- og topphøyde.

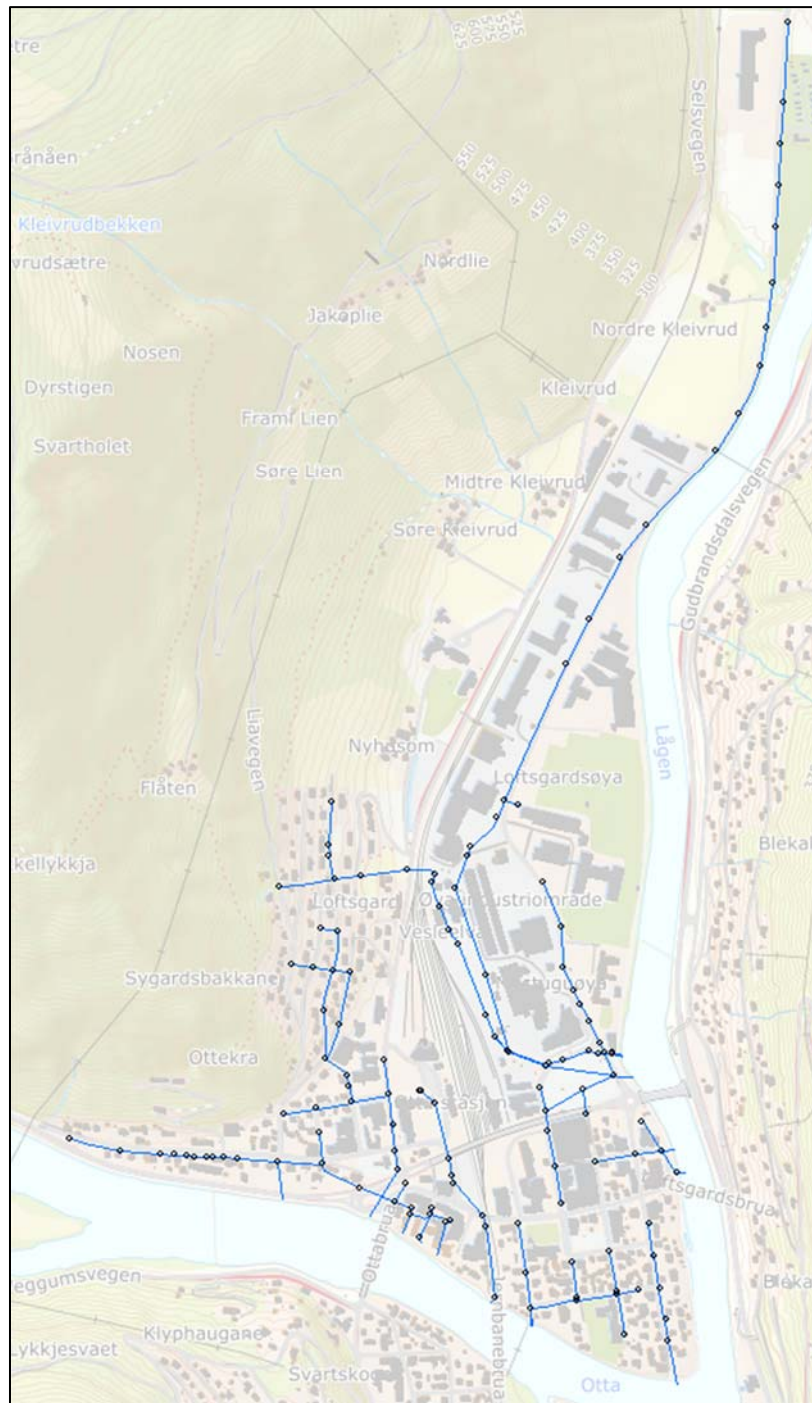
De foreliggende dataene om ledningene omfatter i tillegg til diameter også rørmaterialet og hvilken type det dreier seg om (overflatevann, spillvann eller kombinert avløp). Basert på omfattende bearbeidelse og med tillegg av oversikter fra kommunen som ble gitt mens undersøkelsene pågikk, er alle data kommet på plass som er relevante for kummene, ledningene og spesialkonstruksjoner.

Det er ikke gjort noen vurdering av konstruksjonenes tekniske tilstand. Den aktuelle tekniske tilstanden er ikke hensyntatt ved avløpsnettberegningene. Det forutsettes ved beregningene at alle ledninger er i funksjonsdyktig stand. tabell 2.1 viser en sammenstilling av de viktigste spesifikasjoner for avløpsnettets i Otta.

Tabell 2.1 Spesifikasjoner for overvannsnettets i Otta by

Samlet areal [ha]	Samlet ledningslengde [km]	Antall kummer [-]	Antall innløp [-]	Antall utløp [-]	Maks. kumbunn [moh.]	Min. kumbunn [moh.]
57	7,6	132	1	13	345,23	282,65

Den anvendte beregningsmodellen er vist nedenfor i Figur 2.1. Ledningene som er markert med blått, er hovedledningene i Ottas avløpsnett. Figuren viser også diameteren på ledningene. Hovedledningene omfatter de sentrale, dyptliggende ledningene med diameter fra 400 mm til 1000 mm. Den største delen av avløpsnettet består av ledninger med diameter mindre enn 400 mm.



Figur 2.1: Avløpsnettmodell Otta

2.1.2 Feltparametere:

Først fastlegges avløpsnettets samlede nedbørfelt på grunnlag av de topografiske forholdene. Som neste skritt inndeles nedbørfeltet i delfelt, og disse fordeles på de enkelte kummene.

Ved en nedbørhendelse renner overvannet via kummer og innløp (f.eks. nedløp i gater/veier) inn i ledningene. Ved siden av den lokale småskalatopografien er det disse anleggene som bestemmer størrelsen på arealene som koples til de forskjellige ledningene. Avløpsinnløpene er små og svært tallrike, slik at det er en krevende oppgave å implementere dem alle i modellen. Det man vinner i nøyaktighet oppveier ikke de modelltekniske vanskelighetene forbundet med dette. Derfor brukes det en forenklet metode til å beregne hvilke delfelt som koples til de enkelte kummene: Beregningsprogrammet genererer Thiessen-polygoner med en kum i sentrum av hver polygon. Da topografien i første omgang ikke blir brukt ved inndelingen av arealene, blir feltene i ettertid bearbeidet manuelt.

På grunn av forskjellige prosesser som finner sted i delfeltene, f.eks. infiltrasjon, fordamping etc. i delfeltene, er det bare en del av samlet nedbør som når avløpsledningene i byområdet. Denne andelen betegnes som effektiv nedbør.

Effektiv nedbør bestemmes ved de aktuelle beregningene avhengig av feltets egenskaper ved at det defineres en avrenningskoeffisient. Avrenningskoeffisienten angir andelen effektiv nedbør. Det gjøres bruk av følgende avrenningskoeffisienter:

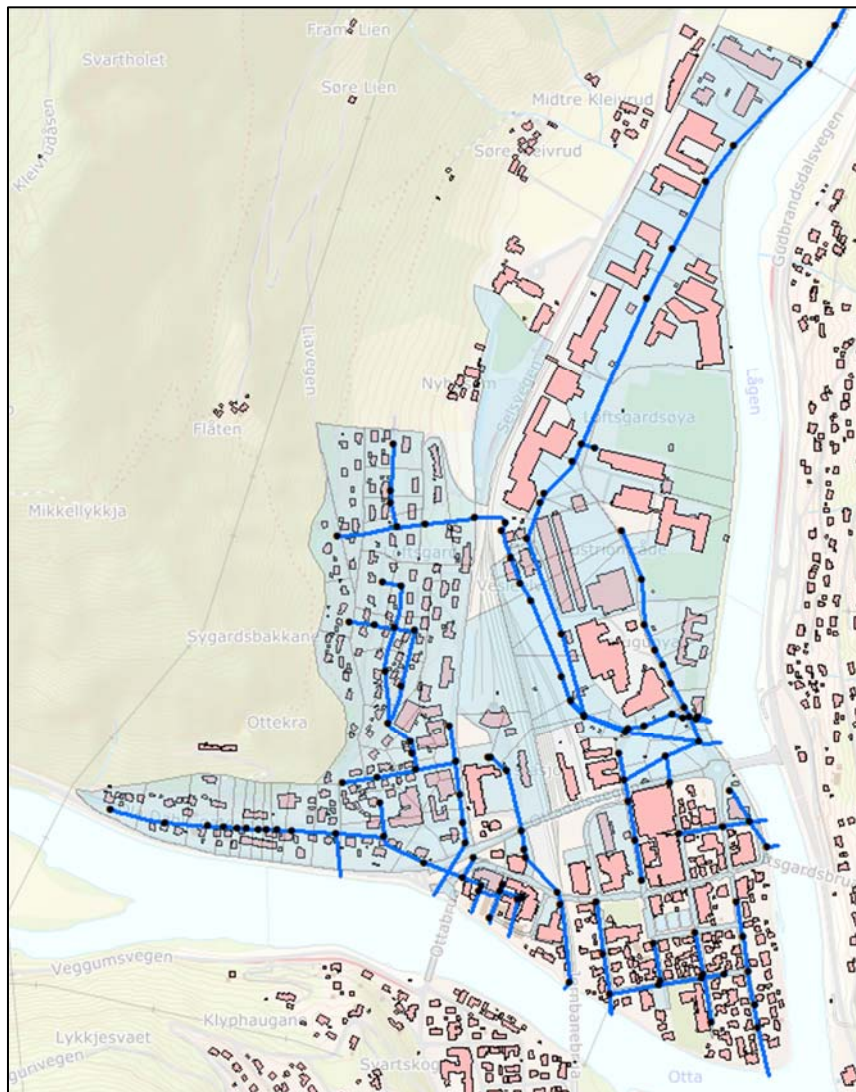
Arealer med tett dekke = 0,90 (-)

Arealer uten tett dekke = 0,44 (-)

Arealer med tett dekke er først og fremst bygninger og gater/veier. Arealer uten tett dekke er i første rekke bevokste arealer der overflatevann lettere kan sive ned.

Modellteknisk kan det bare benyttes en enkelt avrenningskoeffisient per delfelt. Delfeltenes inngangsdata fastlegges derfor ved vektlegging av de nevnte avrenningskoeffisienter og arealandeler. For å ta hensyn til tap ved at terrenget blir vått og at mindre groper fylles ved begynnelsen av en nedbørhendelse, antas det et initialtap på 2,5 mm. Konsentrasjonstiden for hvert enkelt delfelt beregnes automatisk på grunnlag av dets størrelse og form.

Det ble fastlagt følgende oppdeling av avløpsnettets nedbørfelt.



Figur 2.2: Nedbørfelter i avløpsnettmodellen

Nedbørfeltene er fastlagt i samråd med Sel kommune. Spesielt i den sørøstre delen av Otta er det bare gatene som er koplet direkte til avløpsnett.

2.1.3 Hydrauliske parametere:

Foruten geometrien i avløpsnett defineres de hydrauliske forholdene i ledningene og kummene av hydrauliske tap.

Inne i rørledningene opptrer det friksjonstap ved veggene avhengig av overflatens ruhet. Tap langs veggene kan uttrykkes ved den såkalte ekvivalente sandruheten, k_s , som er materialavhengig. I tillegg til disse friksjonstapene oppstår det tap i avløpssystemer ved støt, overganger, innløp, bend etc. Disse diskontinuerlige tapene sammenfattes med de nevnte vegg-tapene i den såkalte driftsruheten k_b .

Effekten av veggruheten tiltar med minkende rørtverrsnitt. De rørruheter som benyttes ved ledningsnettberegningene ble derfor fastlagt iht. rørtverrsnittet på følgende måte:

Tabell 2.2 Anvendte rørfriksjonskoeffisienter

Rørdiameter [mm]	k_{st} [m ^{1/3} /s]	k_b [mm]
< 1400	80	1,00
≥ 1400	85	0,75

De omtalte ruhetene gjelder for betongrør, som er det vanligste i det undersøkte avløpsnett i Otta by. Enkelte steder finnes det også PVC-rørledninger. Disse får også tildelt en ruhet på 80 m^{1/3}/s.

Også i kummene opptrer det tap, f.eks. ved krumning, formending, høydeforskjeller osv. Kumtapene bestemmes modellteknisk ved vektet innløp / energimetoden.

Undersøkelsene viste at standard metode etter Engelsund genererer kumtap opp til det flerdobbelte av hastighetshøyden. Spesielt ved store kummer med utformet bunn ble dette på grunnlag av erfaringsverdier vurdert som ikke sannsynlig. Den alternative metoden „vektet innløp / energimetoden“ gjorde det mulig å redusere tapene til realistiske verdier. De ligger da på et nivå som er i overensstemmelse med tyske dimensjoneringsforskrifter. ¹⁾

Denne metoden tar utelukkende hensyn til tap i kummens utløpsområde. Energihøyden ved innløpet til kummen settes ved denne metoden lik energihøyden ved nedstrøms ende av tilløpsledningen.

Størrelsen på kumtapene bestemmes automatisk av programmet under hensyntaken til geometrien i avløpsnett. Omformingstapene kan også defineres av brukeren; i det konkrete tilfellet er de satt til 0,25 mm.

Ved kummer med større diameter kan man unnlate å ta hensyn til omformingstapene, derfor settes omformingstapet til 0 for kummer med diameter ≥ D1400.

2.1.4 Grunnleggende tilpasninger i avløpsnett

Avløpsnettdataene som ble stilt til disposisjon av prosjektansvarlig, ble noe tilpasset og komplettert under oppsettet av avløpsnettmodellen. Det ble foretatt følgende tilpasninger:

- Minimumslengde på ledningene
Beregningsmodellen fastlegger en minimumslengde på 5 m, derfor ble kortere ledninger enten slettet eller kummenes beliggenhet ble ubetydelig endret slik at ledningene oppfylte kravene.

¹ Arbeitsblatt ATV-A 118, DWA (2006)

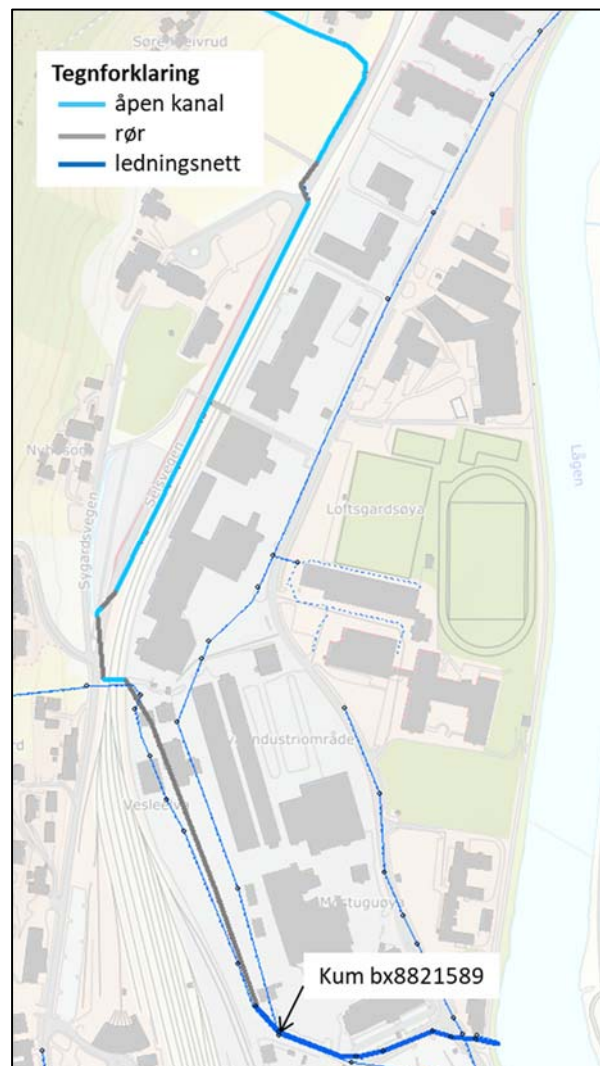
- Gatenedløp

Beliggenheten av gatenedløpene ble kontrollert. Dersom det ikke er noen kummer i nærheten av nedløpene, ble det eventuelt tilføyd fiktive kummer i avløpsnett. På den måten ble det tatt hensyn til den forbindelsen mellom overflaten og avløpsnett som gatenedløpene utgjør.

2.1.5 Kleivruddbekken

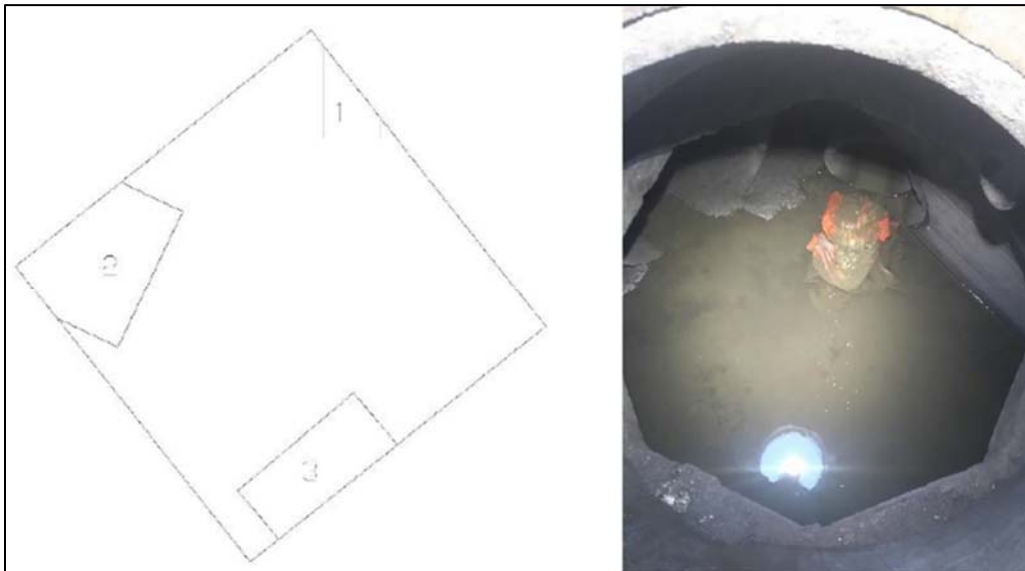
Kleivruddbekken drenerer i retning av Otta i dalsiden i vest. Kleivruddbekkens hydrologi fastlegges på grunnlag av nedbør-avløps-modellen Nevina. Detaljene i fremgangsmåten er beskrevet i hovedrapportens kapittel 3.3. Relevant for undersøkelsen er Q5 med klimapåslag, vannføringen er da 0,5 m³/s.

Kleivruddbekkens løp fremgår av figur 2.3.



Figur 2.3: Kleivruddbekkens løp

Kleivrudbekken renner i åpen kanal fra dalsiden vest for Otta by og deretter parallelt med veien. Bekken er rørlagt et kort stykke der den krysser veien, deretter renner den mellom veien og jernbanen før den igjen ledes under veien. Etter flere korte rørstrekninger krysser bekken jernbanelinja under en bru. Herfra er det uklart om Kleivrudbekkens videre løp. På grunnlag av bilder av kummene kan det fastslås at et rør med diameter D1600 løper ut i ledningsnett (kum nr. bx8821589) (jf. figur 2.4).

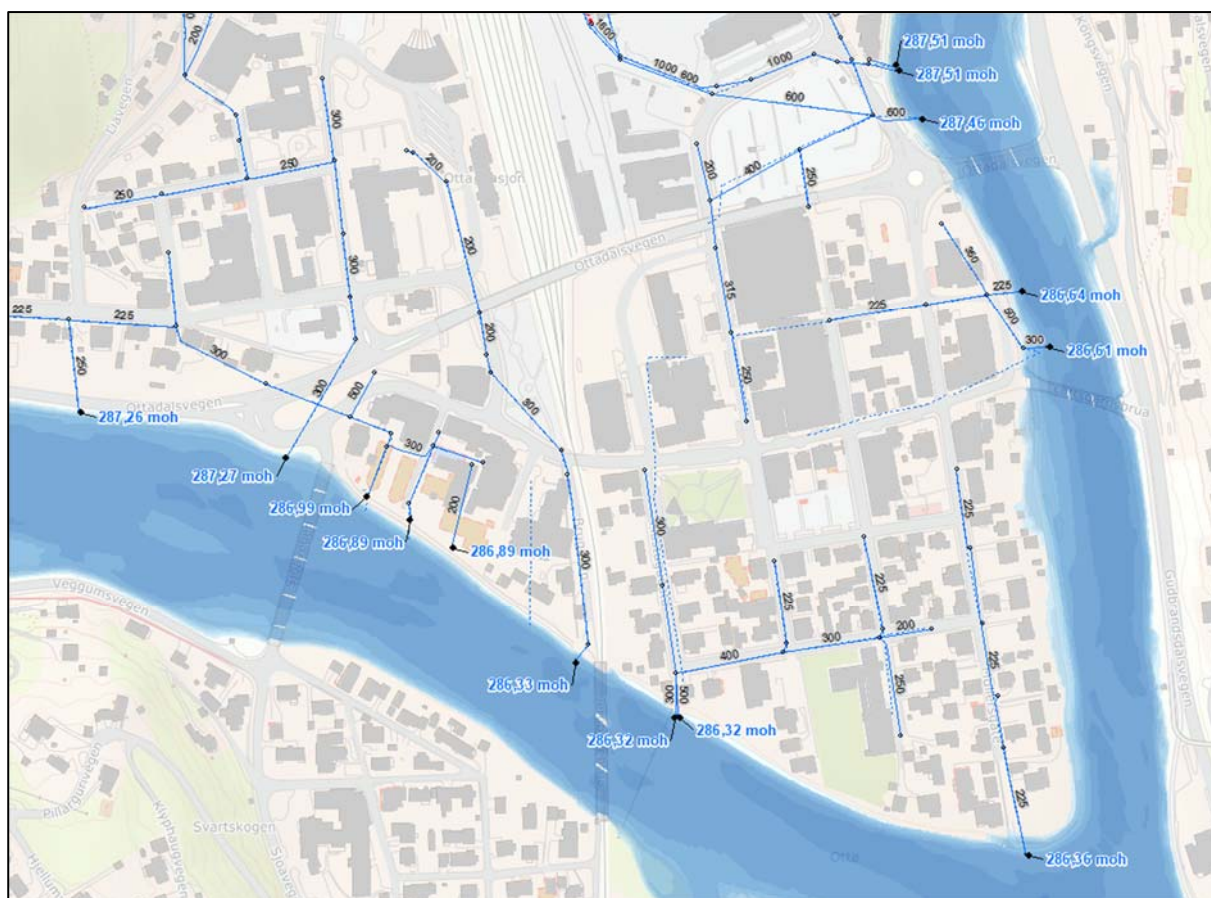


Figur 2.4: Skisse og bilde av kum bx8821589

Det er bare ledningene derfra og til utløpet i Lågen som er godt dokumentert i dataene fra oppdragsgiver. De enkeltstående dataene for dimensjonering av ledningene gjør det mulig å konkludere med at $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ kan bortledes uten problemer. Derfor er det for den hydrauliske beregningen tilstrekkelig å simulere Kleivrudbekken fra den nevnte kummen.

2.1.6 Utløpsgrensebetingelser

Avløpsnettets drenerer via en rekke utløp til Ottaelva og Lågen. Tilbakestuvning i avløpsnettets ved flom i elvene er av avgjørende betydning for oversvømmelser i Otta by. Derfor benyttes det vannstander fra de hydrauliske beregningene for Q_{200} ved utløpene (jf. vedlegg 1). For å begrense antallet beregningsvarianter velges største vannstand fra de to belastningstilfellene i planlagt tilstand som nedre grensebetingelse. De enkelte vannstandene er vist på kart, jfr. figur 2.5:



Figur 2.5: Vannstand Q200 i planlagt tilstand ved utløpene fra avløpsnett

2.2 Resultater av avløpsnettbergingene

Beregningene for avløpsnettet gjennomføres for nåtilstand i to alternativer. Ved det ene alternativet antas som utløpsgrensebetingelse fritt utløp uten vannstand som hindrer vannføringen ved utløpene fra avløpsnett, og ved det andre de vannstander som er oppført i figur 2.5. For hver av de to alternativene beregnes det åtte nedbørshendelser for Q2 med ulik varighet. Da de forskjellige rørledningene vil få maksimalt avløp ved forskjellig nedbørsvarighet, vises som resultat maksimum for alle varighetstrinn. Nedbørsmengdene og de hydrologiske data som ligger til grunn, er å finne i hovedrapportens kapittel 3.3.

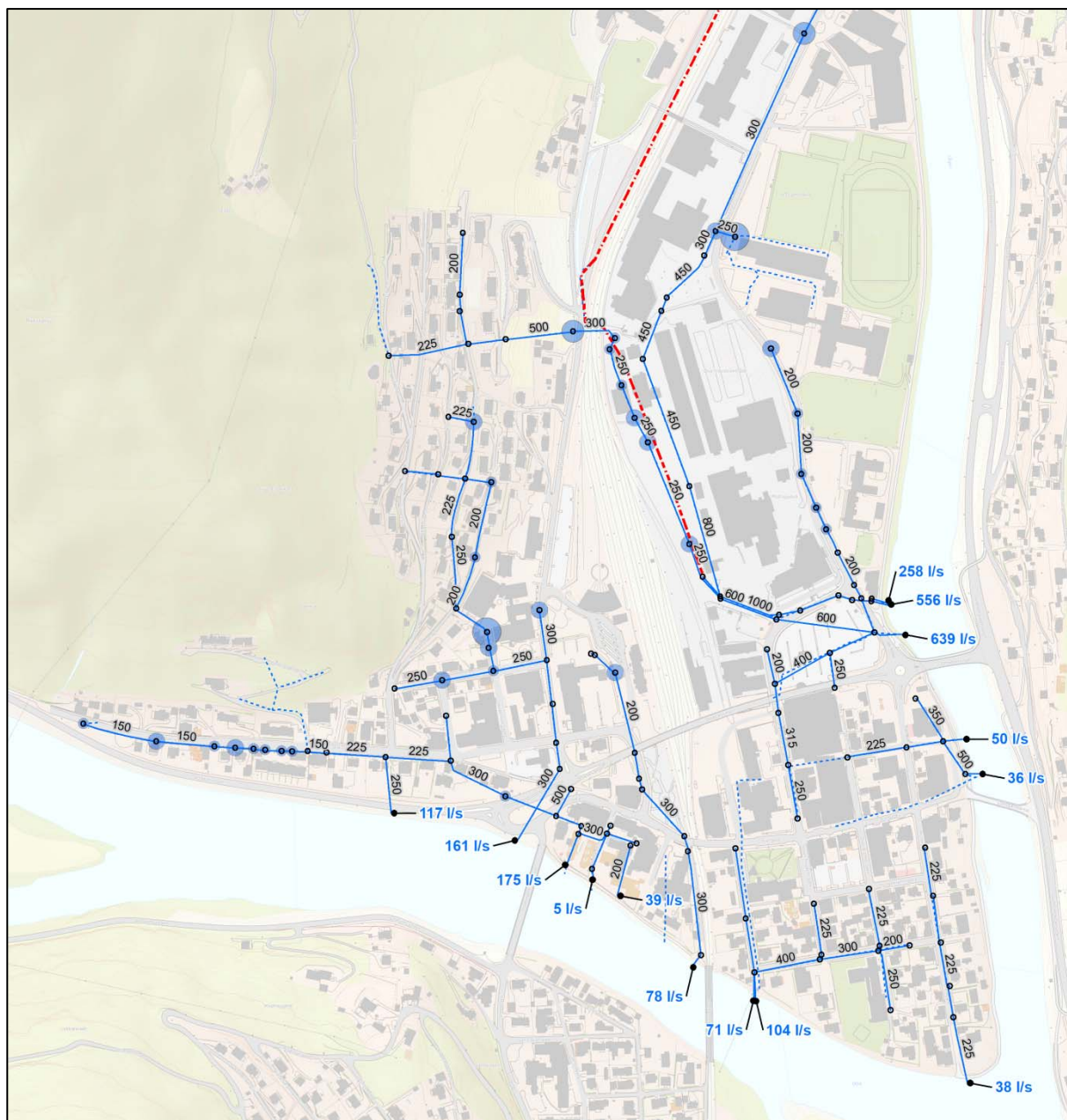
Følgende figur viser maksimalt overløp og maksimalt avløp ved de åtte beregnede nedbørshendelsene i nåtilstand med påvirkning av tilbakestuvning i resipienten. En detaljert oversikt over resultatene er å finne i tegning H122.



Figur 2.6: Avløpsnettberegning Q2 i nåtilstand med vannstand Q200 ved utløpene

De blå sirklene viser kummene med overløp og vann som renner ut over bakken. Størrelsen på sirklene viser den relative mengden. Dette viser tydelig at det særlig er ledninger i Otta sentrum som rammes. Maksimalt avløp ved utløpene viser dessuten at enkelte ledninger på grunn av tilbakestuvning fra elvene overhodet ikke er i stand til å bortlede vannet. Situasjonen forverres ytterligere ved at vannføringen fra Kleivrudbekken ledes gjennom det lavereliggende sentrumsområdet.

Hvilke problemer som oppstår pga. tilbakestuvning fra resipientene, fremkommer ved sammenligning med en annen simulering uten effekten av tilbakestuvning. figur 2.7 viser resultatet for maksimalverdier for de åtte relevante varighetstrinnene ved Q2 (jf. også tegning H121):



Figur 2.7: Avløpsnettberegning Q2 i nåtilstand med fritt utløp fra avløpsnett

Overløpssituasjonene i denne simuleringen gjør det mulig å fastslå på hvilke steder avløpsnettets kapasitet er utilstrekkelig, uavhengig av tilbakestuvning fra resipientene. På disse stedene vil avløpsnettets måtte bygges ut. Den rørlagte delen av Kleivrudbekken oppviser derimot ingen problemer. Enkelte steder i avløpsnettets renner det vann ut av kummene. Disse små mengdene er noe usikre, da det er vanskelig å bestemme hvilke arealer som er tilkopleet så små rør. Dette er i alle tilfelle en indikasjon på at rørledningene på disse stedene er for dårlig dimensjonert.

Beregningen gir altså informasjon om hvor det opptrer problemer som ikke vil kunne avhjelpes med eventuelle pumpeanlegg. På disse stedene vil avløpsnettets måtte bygges ut.

3. Planlagt tilstand

En detaljert beskrivelse av de planlagte tiltakene er å finne i hovedrapportens kapittel 5. I det følgende vil fremgangsmåten ved den hydrauliske beregningen av tiltakene bli beskrevet.

3.1 Oppsett av modellen

Grunnlag for modellen av planlagt tilstand er modellen for nåtilstand. Denne modifiseres iht. redegjørelsen i hovedrapporten. Modellparameterne endrer seg ikke. Det er bare fordelingen av nedbørfeltarealene som endrer seg ubetydelig på steder med nye kummer.

3.2 Resultater av avløpsnettberegningene

Beregningen av planlagt tilstand utføres som ved nåtilstand i to omganger. Først kjøres modellen uten pumpeanlegg og lav vannstand ved utløpet fra avløpsnettet. Derved er det ingen tilbakestuvning inn i avløpsnettet som pumpeanleggene ville måtte ta hånd om. Med denne beregningen kontrolleres det om en utvidelse av ledningene medfører at det ikke lenger blir overløp. På grunnlag av avløpet ved utløpene er det mulig å fastlegge pumpeanleggenes kapasitet. Som neste skritt blir modellen beregnet med operative pumpeanlegg som har den fastlagte kapasiteten. Resultatet fremgår av tegning H123 og H124. Den endelige dimensjoneringen av pumpeanleggene skjer ved en kombinasjon av pumpemengdene fra overvannsavløpene (første beregning) og forventet mengde dreneringsvann (jf. vedlegg 3). Hvilken kapasitet som vil kreves ved hvert enkelt pumpeanlegg, fremgår av hovedrapportens kapittel 5.3.3. I de følgende figurene vises alltid påkrevd kapasitet for både overvann og dreneringsvann.

3.2.1 Kleivrudbekken – pumpeanlegg G3

Det er planlagt nytt løp for Kleivrudbekken som leder vannet rett ut i Lågen med en separat ledning med diameter D1400. Det vil i første rekke bety en avlastning for Otta sentrum. Før utløpet i Lågen skal det bygges et pumpeanlegg (pumpeanlegg G3 – jf. tegning V144). Ledningen fra nord skal kappes og koples til den nye ledningen. Det vil bety en avlastning av avløpet videre nedover. Den første beregningen for avløpsnettet med frie utløp ga som resultat en vannføring på 644 l/s (jf. figur 3.1). I tillegg samler det seg her ca. 880 l/s dreneringsvann. Det innebærer at pumpeanlegg G3 i flomtilfelle vil måtte pumpe en vannmengde på ca. 1500 l/s ut i Lågen. Det er prosjektert et pumpeanlegg med fire pumper, hver enkelt med kapasitet 500 l/s.



Figur 3.1: Avløpsnettberging Q2 i planlagt tilstand ved Kleivrudbekken (til venstre: frie utløp, til høyre: tilbakestuing Q200 med aktivt pumpeanlegg G3)

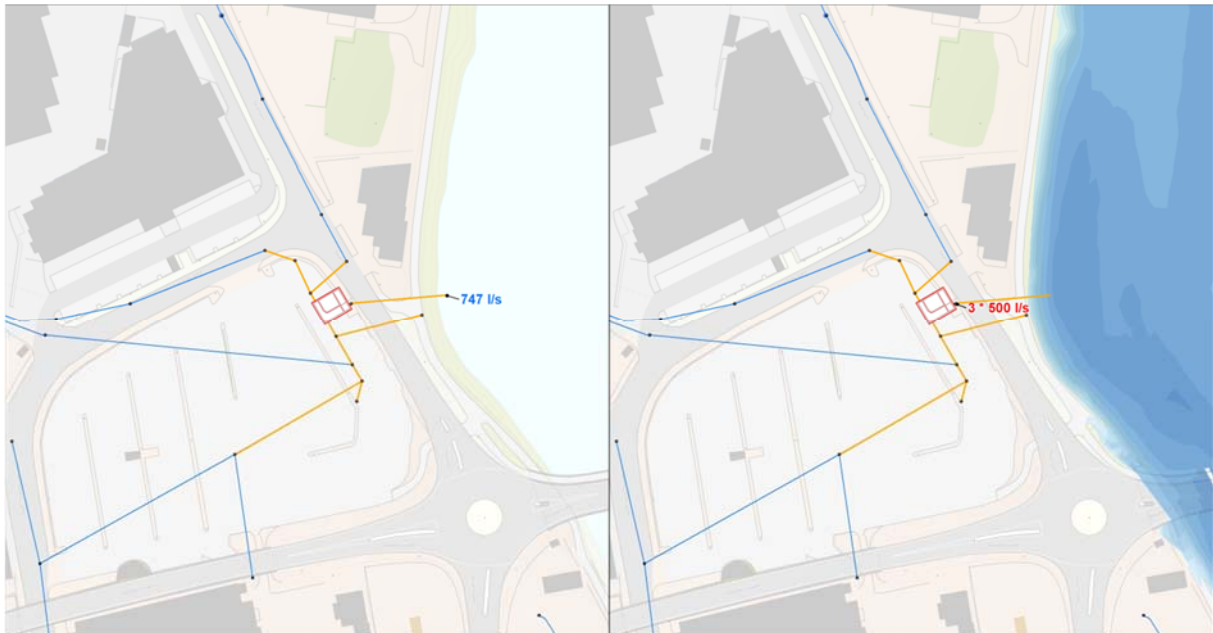
3.2.2 Johan Nygårds gate / pumpeanlegg G5

Parkeringsplassen i Otta sentrum rammes ofte av flom (jf. figur 3.2). Iht. beskrivelsen i hovedrapportens kapittel 5 implementeres de prosjekterte tiltakene på det nevnte stedet i modellen.



Figur 3.2: Flom på Otta 2018 – sett fra Lågen mot vest (© Kjell Syvergaards)

Nåværende utløp fra avløpsnettet til resipienten fjernes. Det bygges et pumpeanlegg som alle eksisterende ledninger koples til (jf. tegning V144 og figur 3.3).



Figur 3.3: Avløpsnettberegning Q2 i planlagt tilstand for Otta sentrum (til venstre: frie utløp, til høyre: tilbakestuing Q200 med aktivt pumpeanlegg G5)

Ved frie utløp drenerer 747 l/s ved Q2 ut i Lågen; i flomtilfelle vil pumpeanlegg G5 måtte pumpe denne vannmengden ut i resipienten. Når man legger til de 210 l/s dreneringsvann som samler seg her, kreves det et pumpeanlegg med en kapasitet på 3 * 500 l/s.

3.2.3 Nordmogata / pumpeanlegg G6

Utløpet fra avløpsnettet i Nordmogata drenerer i første rekke gatene omkring. Det er lite vann som samler seg her, men det kan i flomtilfelle ikke renne bort på grunn av tilbakestuvning fra resipienten. Derfor må det også her bygges et pumpeanlegg for å unngå oversvømmelse fra avløpsnettet (jf. tegning V144 og figur 3.4).



Figur 3.4: Avløpsnettberregning Q2 i planlagt tilstand for Nordmogata (til venstre: frie utløp, til høyre: tilbakestuvning Q200 med aktivt pumpeanlegg G6)

Ved fritt utløp fra ledningen utgjør avløpet maksimalt 92 l/s. Det kommer i tillegg 140 l/s dreneringsvann. Her er det derfor prosjektert et pumpeanlegg med en kapasitet på $2 * 200$ l/s.

3.2.4 Otta sør / pumpeanlegg O4

Ledningen som drenerer Mullersgate helt sør på Otta, har ved fritt utløp et maksimalt avløp på 63 l/s. Her kreves det ikke noe pumpeanlegg. Det er tilstrekkelig å montere en tilbakeslagsventil for å hindre at det trenger inn vann fra resipienten. Avløpet reduseres ved flom i Otta og Lågen til maks 29 l/s. Det blir ikke overløp (jf. tegning V144 figur 3.5).



Figur 3.5: Avløpsnettberegning Q2 i planlagt tilstand for Otta sør (til venstre: frie utløp, til høyre: tilbakestuving Q200 med aktivt pumpeanlegg O4)

Pumpeanlegg O4 må klare en overvannsmengde på 186 l/s, slik simuleringen med frie utløp viser. Det kommer i tillegg 240 l/s dreneringsvann. Det innebærer at det kreves en pumpeytelse på tre ganger 200 l/s.

3.2.5 Otta vest / pumpeanlegg O2

På elvebredden i avsnittet mellom de to bruene over Ottaelva er det noen mindre ledninger som løper ut i elva. Disse utstyres med tilbakeslagsventiler. For å bedre situasjonen skal enkelte av ledningene byttes ut med større rør. Ved det største utløpet samler det seg her 425 l/s. Det kommer ikke noe dreneringsvann i tillegg. Her er det prosjektert et pumpeanlegg med tre pumper, hver enkelt med en ytelse på 200 l/s.



Figur 3.6: Avløpsnettberegning Q2 i planlagt tilstand for Otta vest (til venstre: frie utløp, til høyre: tilbakestuing Q200 med aktivt pumpeanlegg O4)

4. Sammendrag

Otta by har problemer med å bortlede overvann via avløpsnett. Spesielt tilbakestuvning fra Lågen og Ottaelva skaper oversvømmelser i byområdet.

For å kunne foreta en detaljert gjennomgang av situasjonen og analysere forskjellige sammenhenger og tilbakekoplinger i avløpsnett, er det satt opp en hydrodynamisk avløpsnettmodell med programvaren MIKE URBAN.

Det ble beregnet en toårs nedbørhendelse i kombinasjon med en tohundreårs flomhendelse i resipientene. I nåtilstand blir det betydelig overløp i avløpsnett, som skyldes først og fremst tilbakestuvning fra de to elvene. Spesielt Kleivrudbekken, som via avløpsnett ledes gjennom Otta sentrum, forårsaker større oversvømmelser.

Målet er å lede bort overvannet uten at det gjør skade. Til dette må det bygges pumpeanlegg. For å fastsette hvilken pumpekapasitet som kreves, gjennomføres det først en simulering med frie utløp fra avløpsnett og uten aktive pumper. Simuleringen gjennomføres med modellen som er modifisert for planlagt tilstand. På grunnlag av vannmengden som renner ut i resipienten via pumpeanlegget, kan vannmengden beregnes som må pumpes ut av overvannsledningen. Da de prosjekterte pumpeanleggene også får tilsig av vann fra drensledninger, må dette legges til ved dimensjoneringen av pumpeanleggene (se kapittel 5.3.3 i hovedrapporten).

Med de prosjekterte tiltakene kan det helt forhindres at det blir overløp i avløpsnett som skyldes tilbakestuvning. I tillegg til overløp som skyldes tilbakestuvning, er det flere steder hvor det renner vann ut av avløpsnett. Disse avsnittene er imidlertid ikke gjenstand for denne undersøkelsen.

Vedlegg 3

Beregninger av dreneringsvann

Innhold

1.	Bakgrunn og fremgangsmåte.....	1
2.	Dimensjonering av ledninger for dreneringsvann	1
2.1	Datagrunnlag	1
2.2	Beregningstverrsnitt	1
2.3	Beregning av infiltrasjonsratene med og uten spuntvegg.....	1

1. Bakgrunn og fremgangsmåte

Vann som under flom siver gjennom undergrunnen, samles i drensledninger ved flomverkets fotpunkt på luftsiden og ledes bort. Dermed forhindres det at grunnvannstanden stiger til et skadelig nivå bak flomvollene og flomsikringsveggene.

Som grunnlag for dimensjonering av tiltakene for å samle og lede bort dreneringsvann er det beregnet hvilke vannmengder som må forventes. I det følgende vil det bli gjort detaljert rede for beregningen av mengden dreneringsvann og dimensjonering av konstruksjonene.

2. Dimensjonering av ledninger for dreneringsvann

2.1 Datagrunnlag

Som grunnlag for beregningene av dreneringsvann har vi benyttet de foreliggende grunnundersøkelsene (NGU rapport nr. 2005.048 og Løvlien Georåd rapport 07-37 nr. 1 til 3). Særlig har det vært mulig å trekke grove konklusjoner mht. oppbygningen av jordsjiktene ut ifra rapport 07-37 nr. 2 fra Løvlien Georåd. Det foreliggende datamaterialet gjør det mulig å anslå hvilke mengder dreneringsvann som må påregnes. For nøyaktig dimensjonering anbefales det å gjennomføre ytterligere undersøkelser av byggegrunnen.

2.2 Beregningstverrsnitt

De vannmengder som drensledningene vil måtte avlede, er beregnet slik at det med sikkerhet vil kunne forhindres at vannet ved foten av skråningen på luftsiden stiger over terrenget. Beregningen av dreneringsvannmengdene er gjennomført for fire representative tverrsnitt langs Lågens høyre bredd, ved profilene 1+400, 1+750, 2+200 og 2+580.

Beregningstverrsnittene ved profil 1+400 og 1+750 representerer området mellom profil 0+850 og 2+000 (området for pumpeanleggene G1, G2 og G3), hvor det er prosjektert en flomvegg på vannsiden av den planlagte/eksisterende flomvollen.






Beregningstverrsnittene ved profil 2+200 og 2+580 representerer området mellom profil 2+000 og 2+800 (området for pumpeanleggene G4, G5 og G6). Også dreneringsratene for Ottaelvas venstre bredd er anslått på grunnlag av resultatene for disse tverrsnittene.

2.3 Beregning av infiltrasjonsratene med og uten spuntvegg

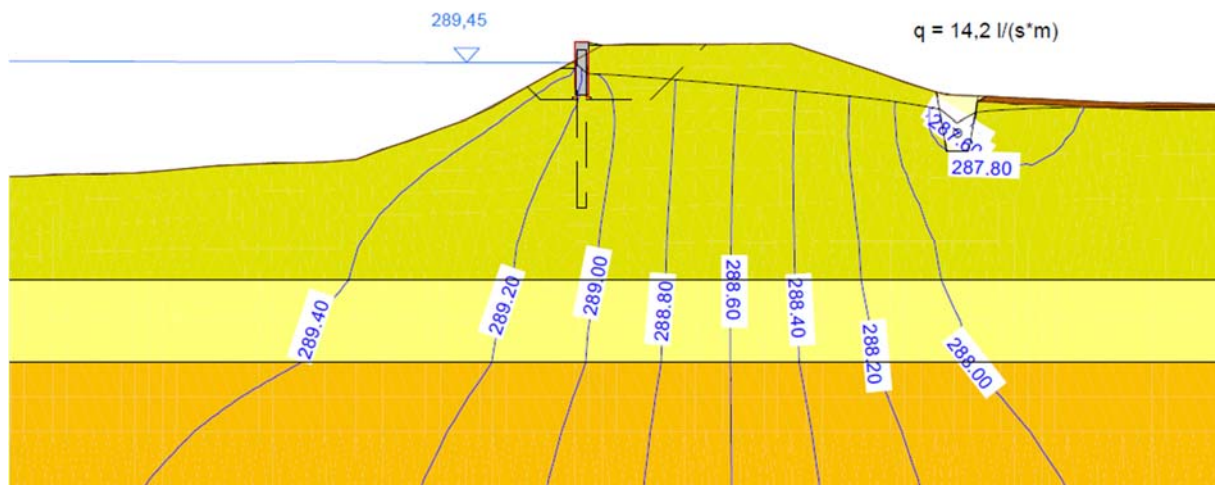
Med programvaren GGU-SS-FLOW2D ble potensialfordelingen på de forskjellige stedene beregnet. Det ble undersøkt både en tilstand med spuntvegg og en uten. De permeabilitets-

verdiene for jordsjiktene som er nevnt i sakkyndiguttalelsen om byggegrunnen, ble anslått med god sikkerhetsmargin. Tabellen under viser verdiene som er brukt.

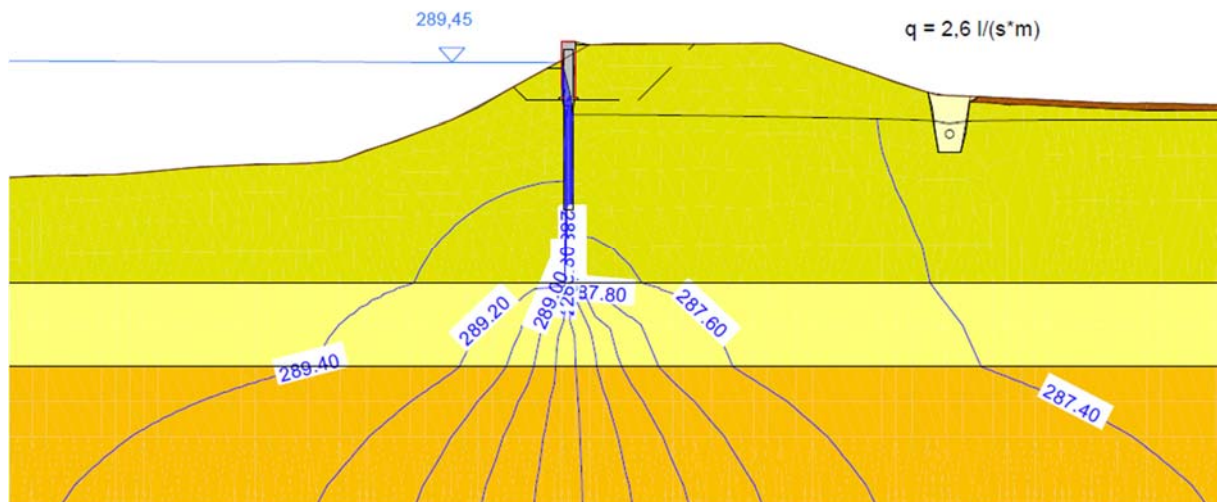
Tabell 2.1: Brukte permeabilitetskoeffisienter

Farge	Beskrivelse	Permeabilitetskoeffisient (k_f) [m/s]
	meget permeabelt grus	$5 \cdot 10^{-2}$
	grus	$5 \cdot 10^{-3}$
	sand	$1 \cdot 10^{-3}$
	humus	$5 \cdot 10^{-5}$
	steinfyllingsmagasin	$1 \cdot 10^{-2}$

Figur 2.1 og 2.2 viser et eksempel på situasjonen mellom profil 0+850 og 2+000 på grunnlag av tverrsnitt 1+400 med og uten spuntvegg. Spuntveggen er forankret i grus ($k_f = 5 \cdot 10^{-3}$). Det er en vesentlig forskjell i resultatene mellom de to alternativene. Infiltrasjonen i den meget permeable grusen i alternativet uten spuntvegg medfører dreneringsrater på ca. $14 \text{ l/(s} \cdot \text{m)}$, mens alternativet med spuntvegg oppviser en betydelig lavere dreneringsrate på ca. $2,6 \text{ l/(s} \cdot \text{m)}$.

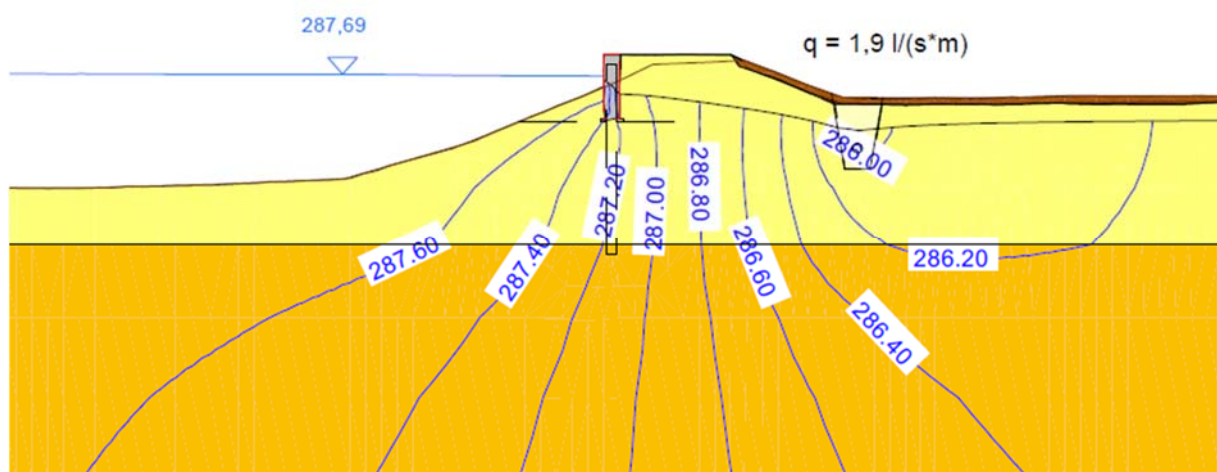


Figur 2.1: Beregning av lekkasjevann ved tverrsnitt 1+400, uten spuntvegg

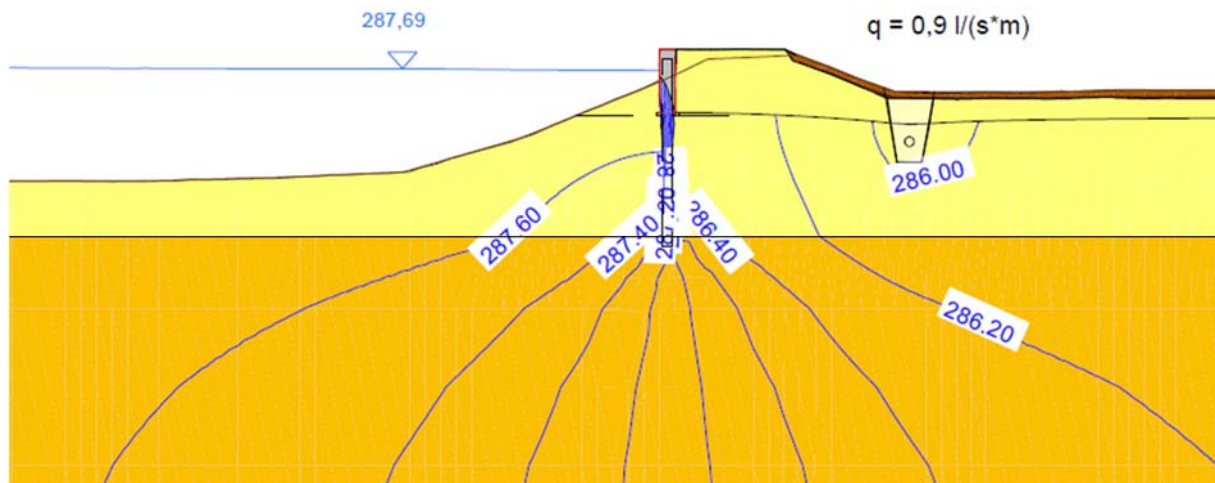


Figur 2.2: Beregning av lekkasjevann ved tverrsnitt 1+400, med spuntvegg

Figur 2.3 og 2.4 viser et eksempel på situasjonen mellom profil 2+000 og 2+800 på grunnlag av tverrsnitt 2+200 med og uten spuntvegg. Spuntveggen er her forankret i sand ($k_f = 1 \cdot 10^{-3}$). Uten spuntvegg må det forventes dreneringsrater på ca. 2 l/(s*m) , mens det med spuntvegg forventes at de ligger på ca. 1 l/(s*m) . Forskjellen mellom alternativene med og uten spuntvegg er i dette området ikke like stor som ved tverrsnitt 1+400. Også dreneringsratene uten spuntvegg er her betydelig mindre. Det skyldes i første rekke at det i tverrsnitt 1+400 antas betydelig mer permeabel grus enn i tverrsnitt 2+200.



Figur 2.3: Beregning av lekkasjevann ved tverrsnitt 2+200, uten spuntvegg



Figur 2.4: Beregning av lekkasjevann ved tverrsnitt 2+200, med spuntvegg

Tabell 2.1 viser resultatet for de dreneringsrater som er relevante for drensledningene. Resultatet for tverrsnitt 1+400 og 1+750 er svært like. Ved tverrsnitt 2+200 og 2+580 er resultatet for alternativet med spuntvegg omtrent like med ca.1 l/(s*m). Uten spuntvegg må det i tverrsnitt 2+580 forventes høyere dreneringsrater enn i tverrsnitt 2+200, da grusstrengen i tverrsnitt 2+580 på grunn av de trange forholdene er plassert rett under vollen og ikke ved fotpunktet (som ved tverrsnitt 2+200).

Tabell 2.2: Sammendrag av de beregnede dreneringsratene

Profil	uten spuntvegg	med spuntvegg
	q [l/(s*m)]	q [l/(s*m)]
1+400	14,2	2,6
1+750	15,4	2,5
2+200	1,9	0,9
2+580	5,1	0,8

Konklusjonen er at det i nordre del av prosjektområdet på grunnlag av grunnundersøkelsene må påregnes høyere permeabilitet i undergrunnen og dermed også høyere dreneringsrater enn i søndre del. Installasjon av en spuntvegg under de prosjekterte flomsikringsveggene synes å redusere mengden dreneringsvann betydelig. Da disse resultatene beror på enkeltstående prøveboringer, må de anses som en foreløpig vurdering. Det anbefales sterkt å gjennomføre ytterligere prøveboringer på stedene der tiltakene er planlagt, for å få nøyaktigere kunnskap om undergrunnen og dermed kunne bestemme dreneringsratene med større nøyaktighet.

Vedlegg 4

Kostnadsestimat

Sammenstilling av kostnadene

Delområde	Totalsum
1. Flomsikring	71.263.000 NOK
1.1 Riggkostnader	5.884.000 NOK
1.2 Jordarbeider, veg på flomvollen	13.627.000 NOK
1.3 Flomsikringsmur	46.920.000 NOK
1.4 Sikringsarbeider	4.832.000 NOK
2. Drenering innenfor flomverkene	69.406.000 NOK
2.1 Riggkostnader	6.878.000 NOK
2.2 Jordarbeider ledningsnett, vegbygging	9.250.000 NOK
2.3 Dreneringsarbeider	15.856.000 NOK
2.4 Tilpasning av eksisterende forsynings- og avløpsledninger	365.000 NOK
2.5 Pumpeanlegg G1	3.524.000 NOK
2.6 Pumpeanlegg G2	3.587.000 NOK
2.7 Pumpeanlegg G3	5.554.000 NOK
2.8 Pumpeanlegg G4	3.359.000 NOK
2.9 Pumpeanlegg G5	4.931.000 NOK
2.10 Pumpeanlegg G6	2.956.000 NOK
2.11 Pumpeanlegg O1	3.359.000 NOK
2.12 Pumpeanlegg O2	4.138.000 NOK
2.13 Pumpeanlegg O3	2.272.000 NOK
2.14 Pumpeanlegg O4	3.377.000 NOK
Sum	140.669.000 NOK
Uforutsette utgifter ca. 20%	29.331.000 NOK
Sum	170.000.000 NOK
Planleggingskostnader ca. 10%	14.000.000 NOK
Samlet beløp netto	184.000.000 NOK
Merverdiavgift (25 %)	46.000.000 NOK
Samlet beløp brutto	230.000.000 NOK

Flomsikring

	Enhet	Mengde	Pris	Sum	
1. Flomsikring					
1.1 Riggkostnader					
1.1.1	Riggkostnader	RS	1	3.923.000 NOK	3.923.000 NOK
1.1.2	Trafikksikring og -regulering	RS	1	1.961.000 NOK	1.961.000 NOK
Sum delprosess 1.1				5.884.000 NOK	
1.2 Jordarbeider, veg på flomvollen					
1.2.1	Utgraving for riggområde og vei på flomvollen	m ³	18000	270 NOK	4.860.000 NOK
1.2.2	Flomvoll, oppbygging med lagvis komprimering, kf ≤ 10 ⁻⁷	m ³	20000	330 NOK	6.600.000 NOK
1.2.3	Oppfylling på overflaten og utsæd	m ²	16000	22 NOK	352.000 NOK
1.2.4	10 cm tilsådd grus	m ²	11000	55 NOK	605.000 NOK
1.2.5	30 cm grus/pukk	m ²	11000	110 NOK	1.210.000 NOK
Sum delprosess 1.2				13.627.000 NOK	
1.3 Flomsikringsmur					
1.3.1	Levering og installasjon av	m ²	15000	1.700 NOK	25.500.000 NOK
1.3.2	Kryssinger av ledninger laget av armert betong	m ³	5	16.000 NOK	80.000 NOK
1.3.3	Betong blandet på stedet	m ³	2300	6.000 NOK	13.800.000 NOK
1.3.4	Armeringsstål	to	460	14.000 NOK	6.440.000 NOK
1.3.5	Overflatebehandling av betongvegger	m ²	5000	220 NOK	1.100.000 NOK
Sum delprosess 1.3				46.920.000 NOK	
1.4 Sikringsarbeider					
1.4.1	Bunnerskel for sikring av bru	m	400	4.600 NOK	1.840.000 NOK
1.4.2	Steinfylling med sikringssteiner (20-60 cm), tykkelse ≥ 100 cm	m ³	5300	440 NOK	2.332.000 NOK
1.4.3	Plastring med sikringssteiner (60-100 cm)	m ³	600	440 NOK	264.000 NOK
1.4.4	Fotpunktsikring med sikringssteiner, kantlengde 80-120	m ³	600	660 NOK	396.000 NOK
Sum delprosess 1.4				4.832.000 NOK	

Flomsikring

		Enhet	Mengde	Pris	Sum
2.	Drenering innenfor flomverkene				
2.1	Riggkostnader				
2.1.1	Riggkostnader	RS	1	5.002.000 NOK	5.002.000 NOK
2.1.2	Trafikksikring og -regulering	RS	1	1.876.000 NOK	1.876.000 NOK
Sum delprosess 2.1					6.878.000 NOK
2.2	Jordarbeider ledningsnett, vegbygging				
2.2.1	Utgraving byggegrop	m ³	12500	440 NOK	5.500.000 NOK
2.2.2	Dreneringsstreng, grus	m ³	3000	440 NOK	1.320.000 NOK
2.2.3	Oppfylling byggegrop	m ³	12000	110 NOK	1.320.000 NOK
2.2.5	Fjerning asfalt	m ²	1500	90 NOK	135.000 NOK
2.2.6	Frostverngrus	m ²	1500	220 NOK	330.000 NOK
2.2.7	Bituminøs bærelag, d = 10 cm	m ²	1500	260 NOK	390.000 NOK
2.2.8	Bituminøse overflatelag (dekksjikt),	m ²	1500	170 NOK	255.000 NOK
Sum delprosess 2.2					9.250.000 NOK
2.3	Dreneringsarbeider				
2.3.1	Drensledning 300 mm PP, hele	m	250	1.600 NOK	400.000 NOK
2.3.2	Drensledning 500 mm PP, hele	m	1300	2.900 NOK	3.770.000 NOK
2.3.3	Drensledning 600 mm PP, hele	m	860	3.600 NOK	3.096.000 NOK
2.3.4	Overvannsledning 300 mm, armert	m	80	1.400 NOK	112.000 NOK
2.3.5	Overvannsledning 400 mm, armert	m	370	1.600 NOK	592.000 NOK
2.3.6	Overvannsledning 500 mm, armert	m	310	2.200 NOK	682.000 NOK
2.3.7	Overvannsledning 600 mm, armert	m	30	2.600 NOK	78.000 NOK
2.3.8	Overvannsledning 700 mm, armert	m	20	3.500 NOK	70.000 NOK
2.3.9	Overvannsledning 800 mm, armert	m	60	4.300 NOK	258.000 NOK
2.3.10	Overvannsledning 1000 mm,	m	120	5.900 NOK	708.000 NOK
2.3.11	Overvannsledning 1200 mm,	m	75	10.000 NOK	750.000 NOK
2.3.12	Overvannsledning 1400 mm, armert betong	m	250	14.000 NOK	3.500.000 NOK
2.3.13	Kontrollkum	stk	80	23.000 NOK	1.840.000 NOK
Sum delprosess 2.3					15.856.000 NOK

Flomsikring

		Enhet	Mengde	Pris	Sum
2.4	Tilpasning av eksisterende forsynings- og avløpsledninger				
2.4.1	Spillvannledning D ≤ 400 mm	m	10	1.500 NOK	15.000 NOK
2.4.2	Spillvannledning D > 400 mm	m	10	2.300 NOK	23.000 NOK
2.4.3	Utløp D ≤ 300 mm, med tilbakeslagsventil og	stk	5	29.000 NOK	145.000 NOK
2.4.4	Fortetting/nedlegging overvannsledning DN ≤ 400 mm	m	300	490 NOK	147.000 NOK
2.4.5	Fortetting/nedlegging overvannsledning DN > 400 mm	m	50	700 NOK	35.000 NOK
Sum delprosess 2.4					365.000 NOK
2.5	Pumpeanlegg G1				
2.5.1	Sikring av byggegrop	m ²	390	1.300 NOK	507.000 NOK
2.5.2	Utgraving byggegrop	m ³	580	550 NOK	319.000 NOK
2.5.3	Tørrlegging av byggegrop	RS	1	55.000 NOK	55.000 NOK
2.5.4	Betong blandet på stedet	m ³	110	6.000 NOK	660.000 NOK
2.5.5	Armeringsstål	m ³	22	14.000 NOK	308.000 NOK
2.5.6	Installasjon og ferdigstilling	RS	1	647.000 NOK	647.000 NOK
2.5.7	Pumpe Q = 400 l/s, levering og installasjon	St	3	197.000 NOK	591.000 NOK
2.5.8	Strømforsyning	RS	1	109.000 NOK	109.000 NOK
2.5.9	Elektrisk installasjon og styring	RS	1	328.000 NOK	328.000 NOK
Sum delprosess 2.5					3.524.000 NOK
2.6	Pumpeanlegg G2				
2.6.1	Sikring av byggegrop	m ²	390	1.300 NOK	507.000 NOK
2.6.2	Utgraving byggegrop	m ³	580	550 NOK	319.000 NOK
2.6.3	Tørrlegging av byggegrop	RS	1	55.000 NOK	55.000 NOK
2.6.4	Betong blandet på stedet	m ³	110	6.000 NOK	660.000 NOK
2.6.5	Armeringsstål	m ³	22	14.000 NOK	308.000 NOK
2.6.6	Installasjon og ferdigstilling	RS	1	647.000 NOK	647.000 NOK
2.6.7	Pumpe Q = 500 l/s, levering og installasjon	St	3	218.000 NOK	654.000 NOK
2.6.8	Strømforsyning	RS	1	109.000 NOK	109.000 NOK
2.6.9	Elektrisk installasjon og styring	RS	1	328.000 NOK	328.000 NOK
Sum delprosess 2.6					3.587.000 NOK

Flomsikring

		Enhet	Mengde	Pris	Sum
2.7	Pumpeanlegg G3				
2.7.1	Sikring av byggegrop	m ²	520	1.300 NOK	676.000 NOK
2.7.2	Utgraving byggegrop	m ³	1020	550 NOK	561.000 NOK
2.7.3	Tørrelagging av byggegrop	RS	1	55.000 NOK	55.000 NOK
2.7.4	Betong blandet på stedet	m ³	190	6.000 NOK	1.140.000 NOK
2.7.5	Armeringsstål	m ³	38	14.000 NOK	532.000 NOK
2.7.6	Installasjon og ferdigstilling	RS	1	1.037.000 NOK	1.037.000 NOK
2.7.7	Pumpe Q = 400 l/s, levering og installasjon	St	4	197.000 NOK	788.000 NOK
2.7.8	Strømforsyning	RS	1	109.000 NOK	109.000 NOK
2.7.9	Elektrisk installasjon og styring	RS	1	656.000 NOK	656.000 NOK
Sum delprosess 2.7					5.554.000 NOK
2.8	Pumpeanlegg G4				
2.8.1	Sikring av byggegrop	m ²	390	1.300 NOK	507.000 NOK
2.8.2	Utgraving byggegrop	m ³	580	550 NOK	319.000 NOK
2.8.3	Tørrelagging av byggegrop	RS	1	55.000 NOK	55.000 NOK
2.8.4	Betong blandet på stedet	m ³	110	6.000 NOK	660.000 NOK
2.8.5	Armeringsstål	m ³	22	14.000 NOK	308.000 NOK
2.8.6	Installasjon og ferdigstilling	RS	1	647.000 NOK	647.000 NOK
2.8.7	Pumpe Q = 200 l/s, levering og installasjon	St	3	142.000 NOK	426.000 NOK
2.8.8	Strømforsyning	RS	1	109.000 NOK	109.000 NOK
2.8.9	Elektrisk installasjon og styring	RS	1	328.000 NOK	328.000 NOK
Sum delprosess 2.8					3.359.000 NOK

Flomsikring

	Enhet	Mengde	Pris	Sum
2.9 Pumpeanlegg G5				
2.9.1 Sikring av byggegrop	m ²	480	1.300 NOK	624.000 NOK
2.9.2 Utgraving byggegrop	m ³	860	550 NOK	473.000 NOK
2.9.3 Tørrlegging av byggegrop	RS	1	55.000 NOK	55.000 NOK
2.9.4 Betong blandet på stedet	m ³	170	6.000 NOK	1.020.000 NOK
2.9.5 Armeringsstål	m ³	34	14.000 NOK	476.000 NOK
2.9.6 Installasjon og ferdigstilling	RS	1	927.000 NOK	927.000 NOK
2.9.7 Pumpe Q = 400 l/s, levering og installasjon	St	3	197.000 NOK	591.000 NOK
2.9.8 Strømforsyning	RS	1	109.000 NOK	109.000 NOK
2.9.9 Elektrisk installasjon og styring	RS	1	656.000 NOK	656.000 NOK
Sum delprosess 2.9				4.931.000 NOK
2.10 Pumpeanlegg G6				
2.10.1 Sikring av byggegrop	m ²	360	1.300 NOK	468.000 NOK
2.10.2 Utgraving byggegrop	m ³	480	550 NOK	264.000 NOK
2.10.3 Tørrlegging av byggegrop	RS	1	55.000 NOK	55.000 NOK
2.10.4 Betong blandet på stedet	m ³	90	6.000 NOK	540.000 NOK
2.10.5 Armeringsstål	m ³	18	14.000 NOK	252.000 NOK
2.10.6 Installasjon og ferdigstilling	RS	1	546.000 NOK	546.000 NOK
2.10.7 Pumpe Q = 200 l/s, levering og installasjon	St	2	197.000 NOK	394.000 NOK
2.10.8 Strømforsyning	RS	1	109.000 NOK	109.000 NOK
2.10.9 Elektrisk installasjon og styring	RS	1	328.000 NOK	328.000 NOK
Sum delprosess 2.10				2.956.000 NOK

Flomsikring

	Enhet	Mengde	Pris	Sum
2.11 Pumpeanlegg O1				
2.11.1 Sikring av byggegrop	m ²	390	1.300 NOK	507.000 NOK
2.11.2 Utgraving byggegrop	m ³	580	550 NOK	319.000 NOK
2.11.3 Tørrlegging av byggegrop	RS	1	55.000 NOK	55.000 NOK
2.11.4 Betong blandet på stedet	m ³	110	6.000 NOK	660.000 NOK
2.11.5 Armeringsstål	m ³	22	14.000 NOK	308.000 NOK
2.11.6 Installasjon og ferdigstilling	RS	1	647.000 NOK	647.000 NOK
2.11.7 Pumpe Q = 200 l/s, levering og installasjon	St	3	142.000 NOK	426.000 NOK
2.11.8 Strømforsyning	RS	1	109.000 NOK	109.000 NOK
2.11.9 Elektrisk installasjon og styring	RS	1	328.000 NOK	328.000 NOK

Sum delprosess 2.11

3.359.000 NOK

2.12 Pumpeanlegg O2

2.12.1 Sikring av byggegrop	m ²	470	1.300 NOK	611.000 NOK
2.12.2 Utgraving byggegrop	m ³	800	550 NOK	440.000 NOK
2.12.3 Tørrlegging av byggegrop	RS	1	55.000 NOK	55.000 NOK
2.12.4 Betong blandet på stedet	m ³	150	6.000 NOK	900.000 NOK
2.12.5 Armeringsstål	m ³	30	14.000 NOK	420.000 NOK
2.12.6 Installasjon og ferdigstilling	RS	1	849.000 NOK	849.000 NOK
2.12.7 Pumpe Q = 200 l/s, levering og installasjon	St	3	142.000 NOK	426.000 NOK
2.12.8 Strømforsyning	RS	1	109.000 NOK	109.000 NOK
2.12.9 Elektrisk installasjon og styring	RS	1	328.000 NOK	328.000 NOK

Sum delprosess 2.12

4.138.000 NOK

Flomsikring

	Enhet	Mengde	Pris	Sum
2.13 Pumpeanlegg O3				
2.13.1 Sikring av byggegrop	m ²	300	1.300 NOK	390.000 NOK
2.13.2 Utgraving byggegrop	m ³	320	550 NOK	176.000 NOK
2.13.3 Tørrlegging av byggegrop	RS	1	55.000 NOK	55.000 NOK
2.13.4 Betong blandet på stedet	m ³	60	6.000 NOK	360.000 NOK
2.13.5 Armeringsstål	m ³	12	14.000 NOK	168.000 NOK
2.13.6 Installasjon og ferdigstilling	RS	1	402.000 NOK	402.000 NOK
2.13.7 Pumpe Q = 200 l/s, levering og installasjon	St	2	142.000 NOK	284.000 NOK
2.13.8 Strømforsyning	RS	1	109.000 NOK	109.000 NOK
2.13.9 Elektrisk installasjon og styring	RS	1	328.000 NOK	328.000 NOK
Sum delprosess 2.13				2.272.000 NOK
2.14 Pumpeanlegg O4				
2.14.1 Sikring av byggegrop	m ²	400	1.300 NOK	520.000 NOK
2.14.2 Utgraving byggegrop	m ³	580	550 NOK	319.000 NOK
2.14.3 Tørrlegging av byggegrop	RS	1	55.000 NOK	55.000 NOK
2.14.4 Betong blandet på stedet	m ³	110	6.000 NOK	660.000 NOK
2.14.5 Armeringsstål	m ³	22	14.000 NOK	308.000 NOK
2.14.6 Installasjon og ferdigstilling	RS	1	652.000 NOK	652.000 NOK
2.14.7 Pumpe Q = 200 l/s, levering og installasjon	St	3	142.000 NOK	426.000 NOK
2.14.8 Strømforsyning	RS	1	109.000 NOK	109.000 NOK
2.14.9 Elektrisk installasjon og styring	RS	1	328.000 NOK	328.000 NOK
Sum delprosess 2.14				3.377.000 NOK

Vedlegg 5

Tegninger

Oversikt over tegningene

Tegning Nummer	Betegnelse	Målestokk
V101	Oversiktskart nord nåtilstand	1 : 2 500
V102	Oversiktskart sør nåtilstand	1 : 2 500
H121	Ledningsnettberegning Q2 - Eksisterende tilstand - Frie utløp	1 : 5 000
H122	Ledningsnettberegning Q2 - Eksisterende tilstand - Vannspeil utløp fra ledninger: Q200	1 : 5 000
H123	Ledningsnettberegning Q2 - Planlagt tilstand - Inaktive pumpestasjoner med frie utløp	1 : 5 000
H124	Ledningsnettberegning Q2 - Planlagt tilstand - Pumpestasjoner med oppstuvning Q200	1 : 5 000
V141	Gudbrandsdalslågen detaljkart nord planlagte tiltak	1 : 2 500
V142	Gudbrandsdalslågen detaljkart midte planlagte tiltak	1 : 1 000
V143	Gudbrandsdalslågen detaljkart sør planlagte tiltak	1 : 1 000
V144	Gudbrandsdalslågen/Otta detaljkart planlagte tiltak	1 : 1 000
V151	Otta detaljkart vest planlagte tiltak	1 : 1 000
V201	Lengdeprofil flomtiltak på høyre bredd av Gudbrandsdalslågen 0+000 til 1+600	1 : 1 000 / 100
V202	Lengdeprofil flomtiltak på høyre bredd av Gudbrandsdalslågen 1+600 til 3+200	1 : 1 000 / 100
V203	Lengdeprofil flomtiltak på venstre bredd av Otta 0+000 til 1+213	1 : 1 000 / 100
V301	Tverrprofiler flomtiltak på høyre bredd av Gudbrandsdalslågen stasjon 0+200 og 0+520	1 : 100
V302	Tverrprofiler flomtiltak på høyre bredd av Gudbrandsdalslågen stasjon 0+800 og 1+050	1 : 100
V303	Tverrprofiler flomtiltak på høyre bredd av Gudbrandsdalslågen stasjon 1+400 og 1+750	1 : 100
V304	Tverrprofiler flomtiltak på høyre bredd av Gudbrandsdalslågen stasjon 2+200 og 2+580	1 : 100
V305	Tverrprofiler flomtiltak på høyre bredd av Gudbrandsdalslågen stasjon 2+740 og 2+950	1 : 100
V306	Tverrprofiler flomtiltak på venstre bredd av Otta, stasjon 0+350, 0+700 og 1+000	1 : 100