Vedlegg 1

Forprosjektrapport

NTNU
Kunnskap for en bedre verden

FORPROSJEKT - RAPPORT

FOR BACHELOROPPGAVE

NTNU
Kunnskap for en bedre verden

TITTEL:
Ocean Space Centre – Tyholt i Trondheim

GRUPPEMEDLEMMER:
KIMIYA MO **KAJATHIRI NAGAVELCHANDRAN**

DATO:	EMNEKODE: *	EMNE:	DOKUMENT TILGANG:
13.01.2021	**IB303312**	**Bacheloroppgave (Bygg)**	- Åpen

STUDIUM:	ANT SIDER/VEDLEGG:	BIBL. NR:
VANN OG MILJØTEKNIKK	/	- Ikke i bruk -

OPPDRAGSGIVER(E)/VEILEDER(E):
Rambøll Trondheim / Martin Ringstad NTNU Ålesund / Razak Seidu

OPPGAVE/SAMMENDRAG:
Oppgaven går ut på å prosjektere mulige metoder for overvannshåndtering for ett avgrenset område på Tyholt i Trondheim. Området per i dag består av et maritimt bygg som skal rives og Ocean Space Centre skal bygges mer framtidssikret og bærekraftig. Vi skal ta for oss innovative og kreative overvannsløsninger for å oppnå optimalt utbytte av overvannet.

Denne oppgaven er en eksamensbesvarelse utført av student(er) ved NTNU i Ålesund.

Postadresse
NTNU i Ålesund
Postboks 1517
N-6025 Ålesund

Besøksadresse
Larsgårdsvegen 2
Internett
www.ntnu.no

Telefon
70 16 12 00
Epostadresse
postmottak@ntnu.no

Telefax
70 16 13 00

Bankkonto
7694 05 00636
Foretaksregisteret
NO 947 767 880

INNHOLD

INNHOLD **2**

1 INNLEDNING **3**

2 PROSJEKTORGANISASJON **4**

2.1 PROSJEKTGRUPPE 4
2.1.1 Oppgaver for prosjektgruppen – organisering *4*
2.2 STYRINGSGRUPPE (VEILEDER OG KONTAKTPERSON OPPDRAGSGIVER) 4

3 AVTALER **4**

3.1 AVTALE MED OPPDRAGSGIVER 4
3.2 ARBEIDSSTED OG RESSURSER 4
3.3 GRUPPENORMER – SAMARBEIDSREGLER – HOLDNINGER 5

4 PROSJEKTBESKRIVELSE **5**

4.1 PROBLEMSTILLING - MÅLSETTING - HENSIKT 5
4.2 KRAV TIL LØSNING ELLER PROSJEKTRESULTAT – SPESIFIKASJON 6
4.3 INFORMASJONSINNSAMLING – UTFØRT OG PLANLAGT 6
4.4 VURDERING – ANALYSE AV RISIKO 6
4.5 HOVEDAKTIVITETER I VIDERE ARBEID 7
4.6 FRAMDRIFTSPLAN – STYRING AV PROSJEKTET 7
4.6.1 Hovedplan *7*
4.6.2 Styringshjelpemidler *8*
4.6.3 Utviklingshjelpemidler *8*
4.6.4 Intern kontroll – evaluering *8*
4.7 BESLUTNINGER – BESLUTNINGSPROSESS 9

5 DOKUMENTASJON **9**

5.1 RAPPORTER OG TEKNISKE DOKUMENTER 9

6 PLANLAGTE MØTER OG RAPPORTER **9**

6.1 MØTER 9
6.1.1 Møter med styringsgruppen *9*
6.1.2 Prosjektmøter *9*

7 PLANLAGT AVVIKSBEHANDLING **10**

VEDLEGG **11**

1 INNLEDNING

Bakgrunnen for valg av oppgave har sitt utgangspunkt for behov for mer moderne tiltak rettet mot overvann. Det er ingen tvil om at det er behov for nye tiltak for å forbedre overvannshåndteringer i området. Ved forventet økning av nedbørsmengder som følge av klimaendringene er det viktig å forutse mulige utfordringer i framtiden. Noen av våre sentrale arbeidsoppgaver vil være å vurdere ulike alternativer med hensyn til økonomi, omfang og ikke minst framtidens klima.

Hovedformålet med bacheloroppgaven er å komme med ett forslag om mulige overvannshåndteringer på ett avgrenset område på Tyholt i Trondheim. Der området skal bestå av det nye bygget Ocean Space Centre og arealet rundt.

Vi valgte Rambøll Trondheim som oppdragsgiver grunnet deres innvirkning i samfunnet, og på grunn av deres tverrfaglige kompetanse. Vi opplever Rambøll som en svært profesjonell og vel kompetent bedrift.

Satelittfotoet over viser området som vi skal ta for oss.

2 PROSJEKTORGANISASJON

2.1 Prosjektgruppe

Studentnummer	Navn	E-post	Telefon
493733	Kajathiri Nagavelchandran	Kajathin@stud.ntnu.no	934 06 933
498769	Kimiya Mo	Kimiyam@stud.ntnu.no	969 60 720

Tabell 1: Personopplysninger for alle i gruppa som leverer oppgaven.

2.1.1 Oppgaver for prosjektgruppen – organisering

Ingen gruppemedlemmer får tildelt en spesiell rolle. Oppgaver og ansvar fordeles henholdsvis likt, men for å effektivisere arbeidet vil vi dele arbeidsoppgaver underveis. Utførende ansvar for tildelte arbeidsoppgavene ligger hos det enkelte medlemmet som skal sørge for at prosjektmålene oppnås. Oppnådd resultat skal likevel gjennomgås sammen for at begge medlemmene skal få lik innsikt og kompetanse.

2.2 Styringsgruppe (veileder og kontaktperson oppdragsgiver)

Navn	Rolle	Organisasjon	E-post	Telefon
Razak Seidu	Veileder	NTNU Ålesund	Rase@ntnu.no	701 61 507
Martin Ringstad	Veileder	Rambøll	Martin.ringstad@ramboll.no	468 26 067
Kajathiri Nagavelchandran	Medlem	Prosjektgruppe	Kajathin@stud.ntnu.no	934 06 933
Kimiya Mo	Medlem	Prosjektgruppe	Kimiyam@stud.ntnu.no	969 60 720

Tabell 2: Personopplysninger for alle i styringsgruppa.

3 AVTALER

3.1 Avtale med oppdragsgiver

Se vedlegg 1 for formell kontrakt mellom prosjektgruppen, NTNU Ålesund og Rambøll Trondheim.

3.2 Arbeidssted og ressurser

Ettersom kontoret til oppdragsgiver ligger i Trondheim, vil mye av kommunikasjonen og veiledningen foregå digitalt gjennom hovedsakelig mail og Teams. Jamfør

bachelorkontrakten er det avtalt flere fysiske møter i Trondheim hvor Rambøll står for nødvendige reiseutgifter og opphold. Grunnet den pågående Covid-19 pandemien vil fysiske møter tas til vurdering dersom situasjonen tillater det.

Rambøll stiller med alle nødvendige grunnlagskart og programvarer som vi ønsker å benytte. Dersom fysiske besøk blir aktuelt, vil Rambøll stille med kontorplass og andre fasiliteter. Veileder ved Rambøll er tilgjengelig gjennom hele perioden hvor vi planlegger møter etter behov for oppfølging. Det skal rapporteres om framdriften hver 14. dag.

3.3 Gruppenormer – samarbeidsregler – holdninger

Vi har satt oss regler og normer som ligger til grunn for samarbeidet. Det går ut på at arbeidsfordelingen og læringsutbytte skal være lik. Vi skal ha strukturerte arbeidsdager for å bli kjent med hverdagen i arbeidslivet. Gjennom perioden jobber vi hovedsakelig sammen gitt at arbeidet er effektivt og givende. Ved bruk av digitale verktøy skal vi utføre arbeidet sammen, samt utregninger knyttet til prosjektet.

En rådgivende ingeniør begynner med tenke- og planleggingsprosessen lenge før noen andre ser et eneste synlig tegn til et prosjekt. På den måten sikrer vi best mulig kvalitet, god økonomi og bærekraftige løsninger. Per i dag står mye av gjennomføringen til VA-virksomheten for tradisjonelle løsninger. Bransjen må styrke sin kompetanse og ta i bruk mer lønnsomme og innovative metoder. Dette synet må utvides og oppdateres slik at dagens og framtidens behov blir møtt.

4 PROSJEKTBESKRIVELSE

4.1 Problemstilling - målsetting - hensikt

Problemstilling: Hvordan kan overvannshåndteringen på Ocean Space Centre og området rundt bli mer innovativ, og samtidig ha en god fordrøyningsevne?

Hovedmålet med prosjektet er å se på ulike overvannshåndteringsmetoder for ett avgrenset område på Tyholt som består i dag av det marintekniske forskningssenteret som skal bli erstattet av Ocean Space Centre.

For å få framgang i prosjektet har vi satt oss følgende mål:

Samfunnsmål:	Effektmål:	Resultatmål:
• Det nye bygget skal bidra til verdiskapning i havnæringen. • Knutepunkt mellom næringslivet og NTNU-studenter. • Overvannet skal utnyttes til fordel for fasilitetene på bygget og omegn.	• Få erfaring med prosjektarbeid som går over ett lengre tidsrom. • Forbedre og beherske bruk av ulike programvarer. • Få innblikk hos bedriftens arbeidsoppgaver. • Anvende oppnådd kompetanse gjennom studieløpet.	• Dagens og framtidens behov skal bli ivaretatt når området har blågrønn infrastruktur. • Det nye bygget og området rundt skal være godt egnet til å håndtere overvannet, samt estetisk utformet.

4.2 Krav til løsning eller prosjektresultat – spesifikasjon

Ved gjennomføring av prosjektet vårt skal VA-normen til Trondheim kommune følges. Normen representerer forhåndsgodkjente løsninger på hvordan de kommunaltekniske anleggene skal utføres. Den viser blant annet til relevante standarder og forskrifter. I VA-normen finner vi også krav om overvannsreduserende tiltak ved alle utbygninger.

Prosjektet skal ferdigstilles i henhold til gitte maler og regelverk fra NTNU. Følgende krav ligger til grunn for at prosjektet anses som fullført:

- Forprosjekt og fremdriftsplan
- Arbeidslogg til veileder hver 14. dag
- Skriftlig rapport og presentasjon av bacheloroppgaven

Fra Rambøll sin side anses prosjektet som fullført når følgende krav er oppnådd:

- Detaljprosjektering som inneholder beskrivelser av løsninger i form av tekniske tegninger og beskrivelser.

4.3 Informasjonsinnsamling – utført og planlagt

Oversikt over området:
Området er i dag bebygd, og består av institutt for marinteknikk, NRK Trøndelag, Tyholttårnet, en barnehage, miljøstasjon, ladestasjon for elektriske biler og ett stort område med grønt areal. Ved utbyggingen av Ocean Space Center vil institutt for marinteknikk, miljøstasjon og ladestasjon for elektriske biler bli berørt. Området er preget av næringsdrivende bedrifter og boenheter vil ikke bli berørt. Arealet har godt utgangspunkt for ytelsen av overvannsmengder.

Geografiske forhold:
Geografiske forhold på området er ukjent ettersom prosjektet er i startfasen og det ikke er gjennomført noen geotekniske prøver. Vi foretar at mer informasjon blir gitt i løpet av prosjektet.

4.4 Vurdering – analyse av risiko

Muligheten for å realisere prosjektet innenfor den rammen som er gitt er svært god. Vi skal se nærme på mulighetene som er knyttet til overvannshåndtering, og har dermed ingen begrensninger. Vi har god tilgang til veiledere og ressurser som er en stor fordel. I tillegg er vi kjent med formler og programvarer som vi skal ta i bruk.

En risiko ved arbeidet er om resultatene våre for blågrønne løsninger er optimalt med hensyn til fordrøyingsvolumet.

Et aspekt som vil være særlig viktig for å lykkes med prosjektet er å være nytenkende og ha et flersidig perspektiv. I tillegg er nøkkelen å jobbe kontinuerlig opp mot våre arbeidsmål, samt ta tak i omfattende arbeidsoppgaver fra en tidlig fase i prosessen. Det som anses som en trussel er å finne en mest gunstig plass for overvannstiltakene fra starten av. Dette for å bergene fordrøyingsvolumet.

Området har ingen tegn til flomveier, og likevel skal det tas til betraktning at klimaendringene vil medføre store nedbørsmengder som kan være til skade for området. Da området allerede bærer ett preg av grønne arealer har vi valgt å beholde så mye av det, samt tilføye flere grønne løsninger.

Dersom vi ligger i forkant av framdriftsplanen så har vi vurdert å se på løsninger for spillvann for det nye bygget. Dette gitt at arbeidet er gjennomført med kortere tidsrom enn anslått.

4.5 Hovedaktiviteter i videre arbeid

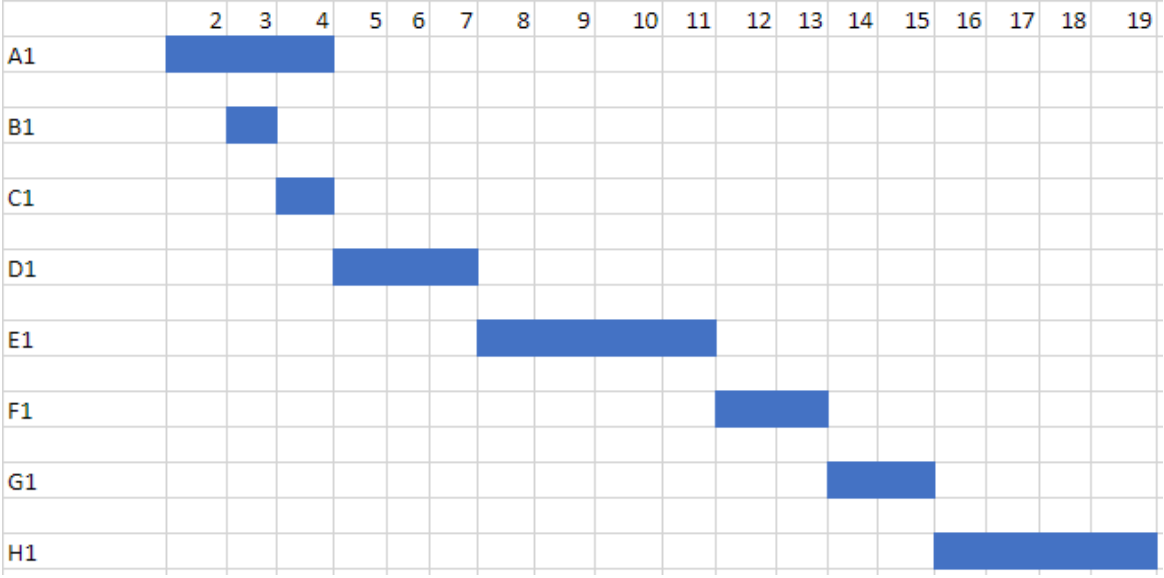
Nr	Hovedaktivetet	Ansvar	Kostnad	Tid (uker)
A1	Startsfase	DELT	-	1
B1	Idemyldring og bli kjent med området	DELT	-	1
C1	Beregning av fordrøyningsvolum	DELT	-	1
D1	Inblikk i tradisjonelle metoder av overvannshåndtering	DELT	-	3
E1	Nye blågrønne løsninger	DELT	-	4
F1	Sammenligning	DELT	-	2
G1	Produsere skisser og tegninger	DELT	-	2
H1	Finjusteringer	DELT	-	4

4.6 Framdriftsplan – styring av prosjektet

4.6.1 Hovedplan

Gantt Diagram:

Start	Slutt	Nr	Arbeidsoppgave
Uke 2	Uke 4	A1	Forprosjektrapport
Uke 3	Uke 3	B1	Idemyldring og bli kjent med området
Uke 4	Uke 4	C1	Beregning av fordrøyningsvolum
Uke 5	Uke 7	D1	Innblikk i tradisjonelle metoder
Uke 8	Uke 11	E1	Nye blågrønne løsninger
Uke 12	Uke 13	F1	Sammenligning
Uke 14	Uke 15	G1	Produsere skisser og tegninger
Uke 16	Uke 19	H1	Finjusteringer



Startsfasen i prosjektet vil gå ut på å bli kjent med bedriften og deres arbeidsmetoder. Vi skal prøve å definere oppgaven vår, sette oss inn i arbeidsomfanget og hva som kreves for å kunne løse den.

I fase B1 skal vi finne hvilke ressurser og løsninger vi velger å fokusere på. Her skal vi gjøre oss kjent med eksisterende området.

I neste hovedaktivitet skal vi beregne fordrøyingsvolumet. Overvannsberegningen vil være en viktig del av prosjektet og skal gi oss et bedre grunnlag for å kunne anbefale framtidige løsninger.

I de følgende fasene skal vi se på tradisjonelle løsninger, nye og blågrønne løsninger, samt diskutere fordeler og ulemper ved tiltakene.

I fase G1 skal vi visualisere løsningene og produsere tegninger som viser bedre oversikt på oppnådde resultater. Dette omfatter utarbeiding av kart og tegninger av de nye løsningene og andre viktige elementer som vanligvis leveres med et ferdigstilt prosjekt. Helt til slutt har vi satt resterende tid til finjustering av prosjektet. Vi har valgt å sette av god tid til denne fasen ettersom dette er en tidkrevende del.

4.6.2 Styringshjelpemidler

Vi benytter oss av framdriftsplanen (Ganttdiagrammet) for å holde spor på prosessen. I tillegg vil vi bruke forprosjektet gjennom hele prosjektet.

4.6.3 Utviklingshjelpemidler

Følgende hjelpemidler anser vi som nødvendige for å gjennomføre prosjektet:

- Microsoft Office
- OneDrive Cloud NTNU (sharepoint)
- Autodesk AutoCAD
- EPANET
- MIKE URBAN
- SCALGO
- Lumion 3D

Programvarelisenser gis av NTNU og eventuelt Rambøll dersom vi mangler noe.

Litteraturliste:

- Vann- og avløpsteknikk, Hallvard Ødegaard, Norsk Vann 2012
- VA-norm Trondheim

4.6.4 Intern kontroll – evaluering

Vi skal gjennomføre internkontroll gjennom loggføring hver 14. dag. På denne måten er det mer oversiktlig når det kommer til arbeidsfordeling og prioriteringer.

Et mål/delmål er nådd når prosjektgruppen er enige om det. Ved spørsmål og usikkerhet vil veiledere kontaktes.

4.7 Beslutninger – beslutningsprosess

Avgrensinger og presiseringen til oppgaven har blitt satt etter drøfting internt i prosjektgruppen, samt i dialog med veiledere. Fokuset har vært på hvilke fagområder vi ser på som mest interessant og relevant for arbeidslivet. Framtidige beslutninger for prosjektet gjennomføres på samme måte.

5 DOKUMENTASJON

5.1 Rapporter og tekniske dokumenter

Gjennom perioden skal følgende dokumentasjon utarbeides:

- Logg for hver 14. dag
- Skisser og tegninger av overvannsløsninger
- Begrunnelse for valg av løsninger
- Papir og elektronisk utgave av bacheloroppgaven. Frist 21.05.21

Dokumentene vil lagres i en intern mappe som gruppemedlemmene deler i NTNU sin OneDrive Cloud.

6 PLANLAGTE MØTER OG RAPPORTER

6.1 Møter

6.1.1 Møter med styringsgruppen

Planlagt møte med veileder fra NTNU er satt ukentlig, men ved behov kan det blir oftere. Det er satt av tid hver onsdag hvor tidspunkt kan variere. På møtet vil framdriften og eventuelle spørsmål bli diskutert. Møter med Rambøll vil foregå over Teams, hvor det vil planlegges fortløpende om dag og tidspunkt. Veileder ved Rambøll er tilgjengelig over mail, og kommunikasjonen vil være flytende. Fysiske møter vil planlegges i tråd med nasjonale retningslinjer grunnet den pågående pandemien.

6.1.2 Prosjektmøter

Prosjektgruppen møtes daglig innenfor normale arbeidstider, dersom ikke annet er avtalt. Hensikten med daglige rutiner er for å få en produktiv arbeidsvane og god kommunikasjonsflyt innad i gruppa. I tillegg kan vi jobbe separert med egne arbeidsoppgaver og diskutere sammen.

Vi tar utgangspunkt i at prosjektgruppen skal møtes daglig innenfor normale arbeidstimer, dersom ikke annet er avtalt. Hensikten med dette er å få en god arbeidsrutine og kommunikasjon innad i gruppen. Her vil også gruppemedlemmene informere hverandre om fremdriften dersom det jobbes med separate oppgaver.

7 PLANLAGT AVVIKSBEHANDLING

Dersom vi opplever at prosjektet ikke går som planlagt, må framdriftsplanen revurderes og eventuelle avgrensninger vurderes. Når det kommer til tidsmessige avvik vil vi se på tiltak som må gjøres for å forbedre dette.
Alle i gruppa har ett felles ansvar for å gjennomføre sine deloppgaver og arbeidet i sin helhet. Ved avvik skal dette meldes ifra om tidlig slik at det vil være oppnåelig å gjennomføre til planlagt tid.

VEDLEGG

Vedlegg 1 Avtale med oppdragsgiver

Bacheloroppgave 2021

I forbindelse med utførelse av Bacheloroppgave i bedrift.

Avtale mellom oppdragsgiver (bedrift), student og NTNU i Ålesund

Generelt om bacheloroppgaven:

Bacheloroppgaven gjennomføres fortrinnsvis i samarbeid med næringslivet, men kan også utformes i tilknytning til forskningsprosjekt skolens forskningsmiljø er involvert i. Oppgaveperioden deles i en forprosjektfase med egen innlevering og en prosjektfase som avsluttes med en offentlig framføring og rapport. Bacheloroppgaven kan også gjennomføres i bedrift. Oppgaven gjøres i grupper fortrinnsvis med 3 studenter og følges opp av oppnevnte veiledere. Bacheloroppgaven er på 20 studiepoeng som tilsvarer 2/3 av et semester i arbeidsmengde for studenten.

Denne avtale er inngått mellom:

Bedrift:	**Rambøll Trondheim**
NTNU i Ålesund:	Institutt IHB, Fagseksjon Bygg, **Veileder Razak Seidu**
Studenter:	**Kajathiri Nagavelchandran og Kimiya Mo**

Forpliktelser NTNU i Ålesund:

- Fagseksjonen skal stille med ansvarlig veileder.
- Fagseksjon Bygg ved veileder skal godkjenne oppgaven etter beskrivelse gitt i studiehåndboken.
- Veileder har ansvar for oppfølging og kontroll av fremdrift i bacheloroppgaven.

- NTNU i Ålesund ved veileder har ansvar for at vurdering av bacheloroppgaven blir utført i henhold til vedtatte retningslinjer.

Forpliktelser til studentene (studentgruppen(e)):

- Beskrive bacheloroppgaven gjennom forprosjekt og fremdriftsplan
- Levere rapportskjema til veileder hver 14. dag
- Levere og presentere bacheloroppgaven etter oppsatt mal og fremdriftsplan.

Forpliktelser oppdragsgiver (bedrift):

- Støtte studenten i utvelgelse og utforming/beskrivelse av bacheloroppgaven.
- Navngitt person, fra oppdragsgiver/firma, som kontaktperson/veileder for studentgruppen.
- Dekke alle nødvendige utgifter (ikke lønn) som reise, evt. kontorhold, kopiering, spesielle programvare etc.
- Vi garanterer lovpålagte forsikringer (da spesielt yrkesskade)

Generelt:

Bacheloroppgaven er NTNUs eiendom, men oppdragsgiver (firma) har rett til å benytte seg av resultatene i oppgaven. Er resultatene i bacheloroppgaven konfidensielle og må beskyttes, gjøres dette ved egen avtale mellom NTNU i Ålesund og oppdragsgiver (bedrift)

Dato: 11/01-2021

RAMBOLL

[signature]	Martin Ringstad	Kimiya Mo, Kayathri Nagaran
NTNU i Ålesund	Oppdragsgiver (bedrift)	Student(ene)

Vedlegg 2

Fordrøyningsvolum på planområdet

NTNU
Kunnskap for en bedre verden

Beregning av fordrøyningsvolumet på planområdet

Type flate	Avrenningskoeffisient (Φ)	Areal (ha)
Grønne flater	0,4	4,06
Takflater	0,9	3,17
Asfalt	0,9	3,01

Totalt areal = 10,23 ha

Gjentaksintervall = 30 år

Intensitet (I) = 85,8 l/s*ha

Klimafaktor (K_f) = 1,4

Lengde ledning = 340 m

Velger en vannhastighet i ledning på 2 m/s.

Konsentrasjonstid (t_k) er gitt ved:

$$ts = 27\ min$$

$$t1 = \frac{l}{v} = \frac{340\ m}{2\ m/s} = 2{,}83\ min \approx 3\ min$$

$$tk = ts + t1 = 27\ min + 3\ min = 30\ min$$

Gjennomsnittlig avrenningskoeffisient:

$$\Phi_{midl} = \frac{A_1 * \Phi_1 + A_2 * \Phi_2}{A_{tot}}$$

$$\Phi_{midl} = \frac{4{,}06\ ha * 0{,}4 + 6{,}17\ ha * 0{,}9}{10{,}23\ ha}$$

$$\Phi_{mid} = 0{,}7016$$

Vannføring på planområdet:

$$Q = K_f * \Phi * A * I$$

$$Q = 1{,}4 * 0{,}7016 * 10{,}23\ ha * 85{,}8\ l/(s * ha)$$

$$Q = 862{,}101\ l/s$$

Volum på planområdet:

$V = Q * t$

$V = 0{,}862\ m^3/s * 1800\ s$

$V = 1551{,}8\ m^3$

Beregning av andel fordrøyningsvolum fordelt på planområdet:

Grønne flater: $\frac{4{,}06\ ha}{10{,}23\ ha} \cdot 100\% = 39{,}7\%$

Takflater: $\frac{3{,}17\ ha}{10{,}23\ ha} \cdot 100\% = 30{,}9\%$

Asfalt: $\frac{3{,}01\ ha}{10{,}23\ ha} \cdot 100\% = 29{,}4\ \%$

Totalt gir andelen tette flater 60,3 % av det totalet arealet.

Andel beregnet l/s:

Grønne flater: $\frac{39{,}7\%\ \cdot 862{,}101\ l/s}{100\ \%} = 342{,}25\ l/s$

Takflater: $\frac{30{,}9\ \%\ \cdot 862{,}101\ l/s}{100\ \%} = 266{,}39\ l/s$

Asfalt: $\frac{29{,}4\ \%\ \cdot 862{,}101\ l/s}{100\ \%} = 253{,}46\ l/s$

Totalt gir andelen tette flater 519,85 l/s av det totale fordrøyningsvolumet.

Vedlegg 3

Påslipp på kommunalt nett

NTNU
Kunnskap for en bedre verden

Beregning av påslipp på kommunalt nett på område 1

Ved påslipp av overvann til fellessystem i Trondheim kommune brukes figur 3 hentet fra VA-normen.

Areal = 40735,925 m^2

Φ = 0,8

Redusert areal:

$A_{red} = A * \Phi$

$A_{red} = 40735{,}925\ m^2 * 0{,}8$

$A_{red} = 32588{,}74\ m^2$

Krav til fordrøyningsvolum:

$V_{ford} = A_{red} * 0{,}012\ m$

$V_{ford} = 32588{,}74\ m^2 * 0{,}012\ m$

$V_{ford} = 391{,}065\ m^3$

Maksimalt videreført vannmengde:

$$Q_{maks} = \frac{A_{red}}{1000} * 2{,}5$$

$$Q_{maks} = \frac{32588{,}74\ m^2}{1000} \cdot 2{,}5$$

$Q_{maks} = 81{,}47\ l/s$

Beregning av påslipp på kommunalt nett på område 2

Areal = 61860,759 m^2

Φ = 0,6

Redusert areal:

$A_{red} = A * \Phi$

$A_{red} = 61860{,}759\ m^2 * 0{,}6$

$A_{red} = 37116{,}455\ m^2$

Krav til fordrøyningsvolum:

$V_{ford} = A_{red} * 0{,}012\ m$

$V_{ford} = 37116{,}455\ m^2 * 0{,}012\ m$

$V_{ford} = 445{,}400\ m^3$

Maksimalt videreført vannmengde:

$Q_{maks} = \frac{A_{red}}{1000} * 2{,}5$

$Q_{maks} = \frac{37116{,}455\ m^2}{1000} \cdot 2{,}5$

$Q_{maks} = 92{,}8\ l/s$

Vedlegg 4

Dimensjonering av magasinvolum

NTNU
Kunnskap for en bedre verden

Beregning av magasinvolum

OMRÅDE 1:

Varighet	Intensitet	Areal	Avrenningskoeffisient	Regnvolum	Vannføring	Utløpsvolum	Nødvendig magasinvolum
tr	I	A	Φ	Vinn	Q	Vut	Vmag
min	l/(s*ha)	m2		m3	l/s	m3	m3
1	398,2	4,074	0,8	77,859	81,47	4,888	72,971
2	347,2	4,074	0,8	135,775	81,47	9,776	125,998
3	314,8	4,074	0,8	184,657	81,47	14,665	169,992
5	256,8	4,074	0,8	251,058	81,47	24,441	226,617
10	176,6	4,074	0,8	345,302	81,47	48,882	296,420
15	139,6	4,074	0,8	409,436	81,47	73,323	336,113
20	113,8	4,074	0,8	445,022	81,47	97,764	347,258
30	85,8	4,074	0,8	503,289	81,47	146,646	356,643
45	64,2	4,074	0,8	564,880	81,47	219,969	344,911
60	51,6	4,074	0,8	605,355	81,47	293,292	312,063
90	38,2	4,074	0,8	672,225	81,47	439,938	232,287
120	32	4,074	0,8	750,828	81,47	586,584	164,244
180	25,6	4,074	0,8	900,993	81,47	879,876	21,117
360	18,4	4,074	0,8	1295,177	81,47	1759,752	Negativt
720	12,2	4,074	0,8	1717,518	81,47	3519,504	Negativt
1440	8,2	4,074	0,8	2308,795	81,47	7039,008	Negativt

Beregning av magasinvolum

OMRÅDE 2:

Varighet	Intensitet	Areal	Avrenningskoeffisient	Regnvolum	Vannføring	Utløpsvolum	Nødvendig magasinvolum
tr	I	A	Φ	Vinn	Q	Vut	Vmag
min	l/(s*ha)	m2		m3	l/s	m3	m3
1	398,2	6,186	0,6	88,678	92,8	5,568	83,110
2	347,2	6,186	0,6	154,640	92,8	11,136	143,504
3	314,8	6,186	0,6	210,314	92,8	16,704	193,610
5	256,8	6,186	0,6	285,942	92,8	27,840	258,102
10	176,6	6,186	0,6	393,281	92,8	55,680	337,601
15	139,6	6,186	0,6	466,325	92,8	83,520	382,805
20	113,8	6,186	0,6	506,856	92,8	111,360	395,496
30	85,8	6,186	0,6	573,220	92,8	167,040	406,180
45	64,2	6,186	0,6	643,369	92,8	250,560	392,809
60	51,6	6,186	0,6	689,467	92,8	334,080	355,387
90	38,2	6,186	0,6	765,629	92,8	501,120	264,509
120	32	6,186	0,6	855,153	92,8	668,160	186,993
180	25,6	6,186	0,6	1026,183	92,8	1002,240	23,943
360	18,4	6,186	0,6	1475,138	92,8	2004,480	Negativt
720	12,2	6,186	0,6	1956,162	92,8	4008,960	Negativt
1440	8,2	6,186	0,6	2629,594	92,8	8017,920	Negativt

Vedlegg 5
Protan BlueKalk

NTNU
Kunnskap for en bedre verden

BLUEPROOF BEREGNING

Prosjektinformasjon

Prosjekt navn:	Ocean Spave Centre
Kunde:	Masteroppgave
Status:	Foreløpig
Dato / Prosjekt Nr.:	15.04.21 / TS 20190041
Prosjekt adresse:	Trondheim

Funksjonskrav & Nedbør data

Totalt prosjekt takareal:	30244 m²
Klimafaktor for fremtidig nedbør:	1,40
Værstasjon:	Trondheim - Tyholt (68170)
Maks. spesifikt påslipp tillatt:	Ikke spesifisert
Gjentaksintervall:	50 år

Prosjekt Resultat

Maks. beregnet påslipp:	27,42 l/s
Reduksjon i spissvannføring:	54 %
Maks. beregnet volum vann:	783,21 m³
Maks. volum vann før overløp:	873,87 m³
Varighet med vannstand:	16 t 28 min
Nedbørintensitet:	21,84 l/(s ha)

Prosjekt Beregninger

Regnvarighet [min]	Nedbør-intensitet [l/(s ha)]	Nedbør på takene [l/s]	BlueProof påslipp [l/s]	Volum av vann på alle tak [m³]
10	209,44	570,09	23,04	331,36
15	163,66	445,48	23,72	383,90
20	132,44	360,50	24,02	409,25
30	97,16	264,47	24,36	440,16
45	75,32	205,02	24,97	497,78
60	64,82	176,44	25,57	558,71
90	50,68	137,95	26,18	627,08
120	42,70	116,23	26,60	676,71
180	34,02	92,60	27,20	753,75
360	**21,84**	**59,45**	**27,42**	**783,21**

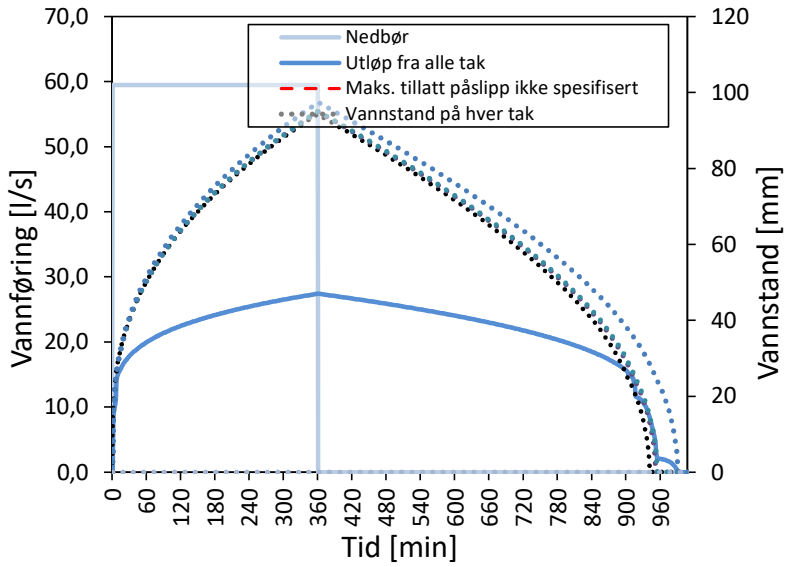
BlueProof Prosjekt Resultat

16 t 28 min

783,21 m³

27,42 l/s

Prosjekt Graf



Individualle Takresultater

Tak ID / navn	Vannstand ved sluk [mm]	Beregnet vannvolum [m³]
Tak 1	94,2	67,2
Tak 2	94,9	137,2
Tak 3	95,0	413,9
Tak 4	97,4	164,8

Denne beregningen er basert på: 4 tak oppbygget i ProPlan med BlueProof system og 1:60 (0,95°) fall. Beregningen er et anslag. Ytterligere informasjon er nødvendig for å unngå og forhindre betydelige endringer av resultatene.

Denne beregningen er tilpasset SINTEF Sertification nr. 20541 og Patent nr. 343128.
BlueProof beregningen gir en oversikt og kan ikke transporteres til andre løsninger.

Vedlegg 6

Dimensjonering av LOD-tiltak på område 1

NTNU
Kunnskap for en bedre verden

Beregning av regnbed på område 1

Areal for nedbørsfelt (A_{felt}) = 2382,148 m^2
Avrenningskoeffisient (Φ) = 0,8
Maksimal vannstand på overflate før overløp (h_{maks}) = 0,2 m
Hydraulisk konduktivitet (K_h) = 0,1 m/t
Varighet = 120 min
Verdiene for I (intensitet) og t_r (varighet) er hentet fra VA-normen for Trondheim kommune for 5 års nedbør.

Overflateareal av regnbed:

$$A_{regnbed} = \frac{\Phi * A_{felt} * I}{h_{maks} + K_h * t_r}$$

$$A_{rb} = \frac{0{,}8 * 2383{,}148\ m^2 * 0{,}0161\ m}{0{,}2\ m + 0{,}1 \frac{m}{t} * 2\ timer}$$

$$A_{rb} = 76{,}705\ m^2$$

Beregning av kapasitet i regnbed:

$$V_{regnbed,infiltrasjon} = A_{rb} * (h_{maks} + K_h * t_r)$$

$$V_{rb,inf} = 76{,}705\ m^2 * (0{,}2\ m + 0{,}1 \frac{m}{t} * 2\ timer)$$

$$V_{rb,inf} = 30{,}682\ m^3$$

Beregning for konstant vannføring tilsvarende regnbedets infiltrasjon:

$$Q = A_{inf} * K_h * \frac{h_{maks} + \frac{D}{2}}{D}$$

$$Q = 76{,}705\ m^2 * \frac{0{,}1 \frac{m}{t}}{3600 s} * \frac{0{,}2\ m + \frac{1\ m}{2}}{1\ m}$$

$$Q = 1{,}4914 * 10^{-3}\ m^3/s$$

Varighet	Intensitet	Avrenningskoeffisient	Areal av nedbørsfelt	Maksimal vannstand på overflate før overløp	Hydraulisk konduktivitet	Nødvendig areal av regnbed	Kapasitet i regnbed
t_r	I	Φ	A_{felt}	h_{maks}	K_h	$A_{regnbed}$	V_{rb}
Min.	mm		m2	m	m/t	m2	m3
1	1,5	0,8	2382,148	0,2	0,1	14,179	2,859
2	2,6	0,8	2382,148	0,2	0,1	24,372	4,954
3	3,4	0,8	2382,148	0,2	0,1	31,607	6,479
5	4,7	0,8	2382,148	0,2	0,1	42,994	8,956
10	6,6	0,8	2382,148	0,2	0,1	58,053	12,574
15	7,9	0,8	2382,148	0,2	0,1	66,912	15,055
20	8,6	0,8	2382,148	0,2	0,1	70,249	16,389
30	9,8	0,8	2382,148	0,2	0,1	74,704	18,676
45	11,2	0,8	2382,148	0,2	0,1	77,615	21,344
60	12,3	0,8	2382,148	0,2	0,1	78,134	23,440
90	14,1	0,8	2382,148	0,2	0,1	76,773	26,870
120	**16,1**	**0,8**	**2382,148**	**0,2**	**0,1**	**76,705**	**30,682**
180	19,3	0,8	2382,148	0,2	0,1	73,561	36,780
360	27,8	0,8	2382,148	0,2	0,1	66,224	52,979
720	38,6	0,8	2382,148	0,2	0,1	52,543	73,560
1440	51,2	0,8	2382,148	0,2	0,1	37,528	97,572

Beregning av fordrøyning på tak på område 1

Maksimale volumet som må fordrøyes ved 30 min ($V_{for,maks}$) = 356,643 m^3
Kapasitet til regnbed ved 120 min (V_{rb}) = 30,682 m^3

Bestemmelse av fordrøyningsbehov som må bli dekket på område 2 etter installering av regnbed:

$$V = V_{inn} - V_{ut} - V_{rb}$$
$$V = V_{for,maks} - V_{rb}$$
$$V = 356{,}643\ m^3 - 30{,}682\ m^3$$
$$V = 325{,}961\ m^3$$

Protan sine BlueProof beregninger i vedlegg xx sier:
Kapasitet til tak 3 = 413,9 m^3
Kapasitet til tak 4 = 164,8 m^3
Totalt kapasitet ved verste tilfelle = 579,7 m^3

Nødvendig fordrøyningsbehov etter installering av både regnbed og tak:

$$V_{Behov} = V_{for,maks} - V_{rb} - V_{tak}$$

$$V_{Behov} = V - V_{tak}$$

$$V_{Behov} = 325{,}961\ m^3 - 579{,}7\ m^3 = -253{,}739\ m^3$$

Varighet	Intensitet	Avrenningsvolum som må fordøyes	Kapasitet i regnbed	Differanse mellom volum inn og ut
Tr	**I**	**Vfor**	**V_{rb}**	**V**
Min.	**mm**	**m3**	**m3**	**m3**
1	1,5	72,971	2,859	70,112
2	2,6	125,998	4,954	121,044
3	3,4	169,992	6,479	163,513
5	4,7	226,617	8,956	217,661
10	6,6	296,420	12,574	283,846
15	7,9	336,113	15,055	321,058
20	8,6	347,258	16,389	330,869
30	9,8	356,643	18,676	337,967
45	11,2	344,911	21,344	323,567
60	12,3	312,063	23,440	288,623
90	14,1	232,287	26,870	205,417
120	16,1	164,244	30,682	133,562
180	19,3	21,117	36,780	Negativt
360	27,8	Negativt	52,979	Negativt
720	38,6	Negativt	73,560	Negativt
1440	51,2	Negativt	97,572	Negativt

Vedlegg 7

Dimensjonering av LOD-tiltak på område 2

NTNU
Kunnskap for en bedre verden

Beregning av regnbed på område 2

Areal for nedbørsfelt (A_{felt}) = 2797,29 m^2
Avrenningskoeffisient (Φ) = 0,6
Maksimal vannstand på overflate før overløp (h_{maks}) = 0,2 m
Hydraulisk konduktivitet (K_h) = 0,1 m/t
Varighet = 120 min
Verdiene for I (intensitet) og t_r (varighet) er hentet fra VA-normen for Trondheim kommune for 5 års nedbør.

Overflateareal av regnbed:

$$A_{regnbed} = \frac{\Phi * A_{felt} * I}{h_{maks} + K_h * t_r}$$

$$A_{rb} = \frac{0{,}6 * 2797{,}29 m^2 * 0{,}0161\ m}{0{,}2\ m + 0{,}1 \frac{m}{t} * 2\ timer}$$

$$A_{rb} = 67{,}555\ m^2$$

Beregning av kapasitet i regnbed:

$$V_{rengbed,infiltrasjon} = A_{rb} * (h_{maks} + K_h * t_r)$$

$$V_{rb,inf} = 67{,}555\ m^2 * (0{,}2\ m + 0{,}1 \frac{m}{t} * 2\ timer)$$

$$V_{rb,inf} = 27{,}022\ m^3$$

Beregning for konstant vannføring tilsvarende regnbedets infiltrasjon:

$$Q = A_{inf} * K_h * \frac{h_{maks} + \frac{D}{2}}{D}$$

$$Q = 67{,}555\ m^2 * \frac{0{,}1 \frac{m}{t}}{3600 s} * \frac{0{,}2\ m + \frac{1\ m}{2}}{1\ m}$$

$$Q = 1{,}3135 * 10^{-3}\ m^3/s$$

Varighet	Intensitet	Avrenningskoeffisient	Areal av nedbørs felt	Maksimal vannstand på overflate før overløp	Hydrauliske konduktivitet	Nødvendig areal av regnbed	Kapasitet i regnbed
t_r	I	Φ	A_{felt}	h_{maks}	K_h	$A_{regnbed}$	V_{rb}
Min.	mm		m2	m	m/t	m2	m3
1	1,5	0,6	2797,29	0,2	0,1	12,488	2,518
2	2,6	0,6	2797,29	0,2	0,1	21,465	4,363
3	3,4	0,6	2797,29	0,2	0,1	27,836	5,706
5	4,7	0,6	2797,29	0,2	0,1	37,865	7,888
10	6,6	0,6	2797,29	0,2	0,1	51,142	11,077
15	7,9	0,6	2797,29	0,2	0,1	58,930	13,259
20	8,6	0,6	2797,29	0,2	0,1	61,869	14,434
30	9,8	0,6	2797,29	0,2	0,1	65,792	16,448
45	11,2	0,6	2797,29	0,2	0,1	68,356	18,797
60	12,3	0,6	2797,29	0,2	0,1	68,813	20,643
90	14,1	0,6	2797,29	0,2	0,1	67,614	23,664
120	**16,1**	**0,6**	**2797,29**	**0,2**	**0,1**	**67,555**	**27,022**
180	19,3	0,6	2797,29	0,2	0,1	64,785	32,392
360	27,8	0,6	2797,29	0,2	0,1	58,323	46,658
720	38,6	0,6	2797,29	0,2	0,1	46,275	64,785
1440	51,2	0,6	2797,29	0,2	0,1	33,051	85,932

Beregning av fordrøyningsdam på område 2

Maksimal fordrøyningsvolum $V_{for,maks}$ = 406,180 m^3
Varighet: 120 min
V_{rb}= 27,022 m^3

Bestemmelse av fordrøyningsbehov som må bli dekket på område 2 etter installering av regnbed:

$$V = V_{inn} - V_{ut} - V_{rb}$$
$$V = V_{for,maks} - V_{rb}$$
$$V = 406{,}180\ m^3 - 27{,}022\ m^3$$
$$V = 379{,}158\ m^3$$

Høyde ved tørrværsvolum: 1 m
Høyde ved fordrøyningsvolum: 0,5 m

For å finne minste radius ved fast vannvolum i dammen:

$$V = \pi * r^2 * h$$

$$r^2 = \frac{V}{\pi * h}$$

$$r^2 = \frac{379{,}158\ m^3}{\pi * 1\ m}$$

$$r^2 = \sqrt{120{,}69\ m}$$

$$r = 10{,}99\ m$$

Dette tilsier at når høyde er 1 m ved tørrvæsvolum må radius være minst 10,99 m:

$$V = \pi * r^2 * h$$

$$V = \pi * 10{,}99^2\ m * 1\ m = 379{,}158\ m^3$$

For å sjekke om radiusen er tilstrekkelig nok som fordrøyningsvolum bruker vi samme radius:

$$V = \pi * 10{,}99^2\ m * 0{,}5\ m = 189{,}579\ m^3$$

Bestemmelse av størrelse til dammen med fast vannvolum:

$$A = \pi * 10{,}99^2\ m = 379{,}158\ m^2$$

Beregning av fordrøyning på tak på område 2

Maksimale volumet som må fordrøyes ved 30 min ($V_{for,maks}$) = 406,180 m^3
Kapasitet til regnbed ved 120 min (V_{rb}) = 27,022 m^3

Bestemmelse for fordrøyningsbehov som må bli dekket på område 2 etter installering av regnbed:

$$V = V_{inn} - V_{ut} - V_{rb}$$
$$V = V_{for,maks} - V_{rb}$$
$$V = 406{,}180\ m^3 - 27{,}022\ m^3$$
$$V = 379{,}158\ m^3$$

Protan sine BlueProof beregninger i vedlegg xx sier:
Kapasitet til tak 1 = 67,2 m^3
Kapasitet til tak 2 = 137,2 m^3
Total kapasitet ved verste tilfelle = 204,4 m^3

Nødvendig fordrøyningsbehov etter installering av både regnbed og tak:

$$V_{Behov} = V_{for,maks} - V_{rb} - V_{tak}$$

$$V_{Behov} = V - V_{tak}$$

$$V_{Behov} = 379{,}158\ m^3 - 204{,}4\ m^3 = 174{,}758\ m^3$$

Varighet	Intensitet	Avrenningsvolum som må fordøyes	Kapasitet i regnbed	Differanse mellom volum inn og ut
Tr	I	Vfor	V_{rb}	V
Min.	mm	m3	m3	m3
1	1,5	52,826	2,518	50,308
2	2,6	90,694	4,363	86,332
3	3,4	121,788	5,706	116,082
5	4,7	160,453	7,888	152,565
10	6,6	203,296	11,077	192,220
15	7,9	223,556	13,259	210,298
20	8,6	222,406	14,434	207,972
30	9,8	210,426	16,448	193,979
45	11,2	173,100	18,797	154,303
60	12,3	119,936	20,643	99,293
90	14,1	3,048	23,664	Negativt
120	16,1	Negativt	27,022	Negativt
180	19,3	Negativt	32,392	Negativt
360	27,8	Negativt	46,658	Negativt
720	38,6	Negativt	64,785	Negativt
1440	51,2	Negativt	85,932	Negativt

Vedlegg 8

Dimensjonering av sandfang

NTNU
Kunnskap for en bedre verden

Beregning av sandfang for hele planområdet

	Enhet	Verdi
Volum i slambeholder V_s	m^3	3,81
Kapasitet til sandfang for optimal renseeffekt	l/s	237
Maksimal vannføring	l/s	750
TSS	g/m^3 → mg/l	90
Årlig normalnedbør	mm	1123
Avrenningskoeffisient Φ	-	0,85
Klimafaktor	-	1,4
Areal av nedbørsfelt	m^2	102300
Avrenning regnhendelse etter 2 år	l/s	1123
Rensegrad for partikler	l/s	80% opp til 230 l/s
Tetthet til TSS	Kg/m^3	2650

Gjennomsnittlig årlig avrenning:

$$Avrenning \ = normalnedbør * A * \Phi * kf$$

$$Avrenning \ = 1{,}123\ m * 102300\ m^2 * 0{,}85 * 1{,}4$$

$$Avrenning \ = 136\ 710{,}65\ m^3$$

Oppsamlingskapasitet i slamholderen:

$$Oppsamlingskapasitet = V_s * tett\ i\ TSS$$

$$Oppsamlingskapasitet = 3{,}81 m^3 * 2650\ kg/m^3$$

$$Oppsamlingskapasitet = 10096{,}5\ kg \rightarrow 10\ 096\ 500 g$$

Mengde volum vann som kan strømme gjennom før rensing/slamsuging med 80% virkning:

$$\text{Mengde volum vann før rensing} = TSS * 0{,}8$$

$$90 \frac{mg}{l} * 0{,}8 = 72 \frac{mg}{l} \rightarrow 0{,}072\ g/l$$

$$10\ 096\ 500\ g \div 0{,}072 \frac{g}{l} = 140\ 229{,}16\ m^3$$

Dersom det skal dimensjoneres 1 sandfang vil dette gi:

$Tømminger\ per\ år = Avrenning * mengde\ volum\ vann\ før\ rensing$

$136\ 710{,}65 m^3 \div 140\ 229{,}16 = 0{,}974\ \approx 1\ tømming\ per\ år.$

Avrenning ved 2 års regnhendelse:

$Q = \Phi * I * A * K_f$

$Q = 0{,}7 * 172(\frac{l}{s} * ha) * 10{,}23 * 1{,}4$

$Q = 1724{,}368\ \mathrm{l/s}$

Antall sandfang som er nødvendig:

$Antall\ sandfang = Q\ \div kapasitet\ ved\ 80\%\ virkningsgrad$

$Antall\ sandfang = 1724{,}368\ l/s\ \div 230\ l/s$

$Antall\ sandfang = 7{,}49\ \approx 8\ sandfang$

Vedlegg 9
Avrenning av LOD-tiltak

NTNU
Kunnskap for en bedre verden

Beregning av avrenning for LOD-tiltakene

Regnbed på område 1:

Avrenningskoeffisient (Φ) = 0,4
Intensitet ved 120 min (I)= 32 l/s*ha
Areal (A) = 76,705 m^2
Klimafaktor (K_f) = 1,4

$$Q = \Phi * I * A * K_f$$

$$Q = 0{,}4 * 32\ (\frac{l}{s} * ha) * (\frac{76{,}705\ m^2}{10000}) * 1{,}4$$

$$Q = 0{,}137\ l/s$$

Regnbed på område 2:

Avrenningskoeffisient (Φ) = 0,4
Intensitet ved 120 min (I)= 32 l/s*ha
Areal (A) = 67,55 m^2
Klimafaktor (K_f) = 1,4

$$Q = \Phi * I * A * K_f$$

$$Q = 0{,}4 * 32\ (\frac{l}{s} * ha) * (\frac{67{,}55\ m^2}{10000}) * 1{,}4$$

$$Q = 0{,}121\ l/s$$

Fordrøyningsdam:
Avrenningskoeffisient (Φ) = 0,4
Intensitet ved 120 min (I)= 32 l/s*ha
Areal (A) = 379,158 m^2
Klimafaktor (K_f) = 1,4

$$Q = \Phi * I * A * K_f$$

$$Q = 0{,}4 * 32\ (\frac{l}{s} * ha) * (\frac{379{,}158\ m^2}{10000}) * 1{,}4$$

$$Q = 0{,}679\ l/s$$

Tak 1:
Avrenningskoeffisient (Φ) = 0,4
Intensitet ved 360 min (I)= 21,84 l/s*ha
Areal (A) = 2736,567 m^2
Klimafaktor (K_f) = 1,4

$$Q = \Phi * I * A * K_f$$

$$Q = 0{,}4 * 21{,}84\ (\frac{l}{s} * ha) * (\frac{2736{,}567\ m^2}{10000}) * 1{,}4$$

$$Q = 3{,}346\ l/s$$

Tak 2:
Avrenningskoeffisient (Φ) = 0,6
Intensitet ved 360 min (I)= 21,84 l/s*ha
Areal (A) = 5192,164 m^2
Klimafaktor (K_f) = 1,4

$$Q = \Phi * I * A * K_f$$

$$Q = 0{,}6 * 21{,}84\ (\frac{l}{s} * ha) * (\frac{5192{,}164\ m^2}{10000}) * 1{,}4$$

$$Q = 9{,}525\ l/s$$

Tak 3:
Avrenningskoeffisient (Φ) = 0,4
Intensitet ved 360 min (I)= 21,84 l/s*ha
Areal (A) = 15479,578 m^2
Klimafaktor (K_f) = 1,4

$$Q = \Phi * I * A * K_f$$

$$Q = 0{,}4 * 21{,}84\ (\frac{l}{s} * ha) * (\frac{15479{,}578\ m^2}{10000}) * 1{,}4$$

$$Q = 18{,}93\ l/s$$

Tak 4:
Avrenningskoeffisient (Φ) = 0,4
Intensitet ved 360 min (I)= 21,84 l/s*ha
Areal (A) = 6013,815 m^2
Klimafaktor (K_f) = 1,4

$$Q = \Phi * I * A * K_f$$

$$Q = 0{,}4 * 21{,}84\ (\frac{l}{s} * ha) * (\frac{6013{,}815\ m^2}{10000}) * 1{,}4$$

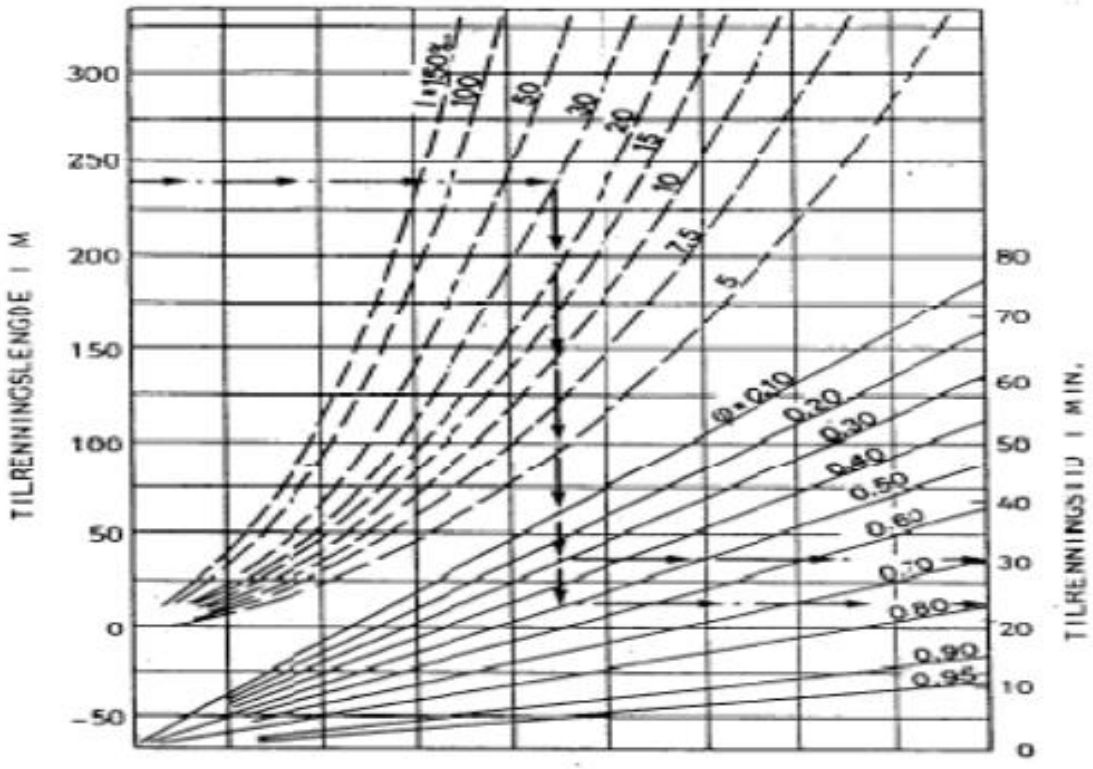
$$Q = 7{,}355\ l/s$$

Vedlegg 10

Dimensjonering av overvannsledninger

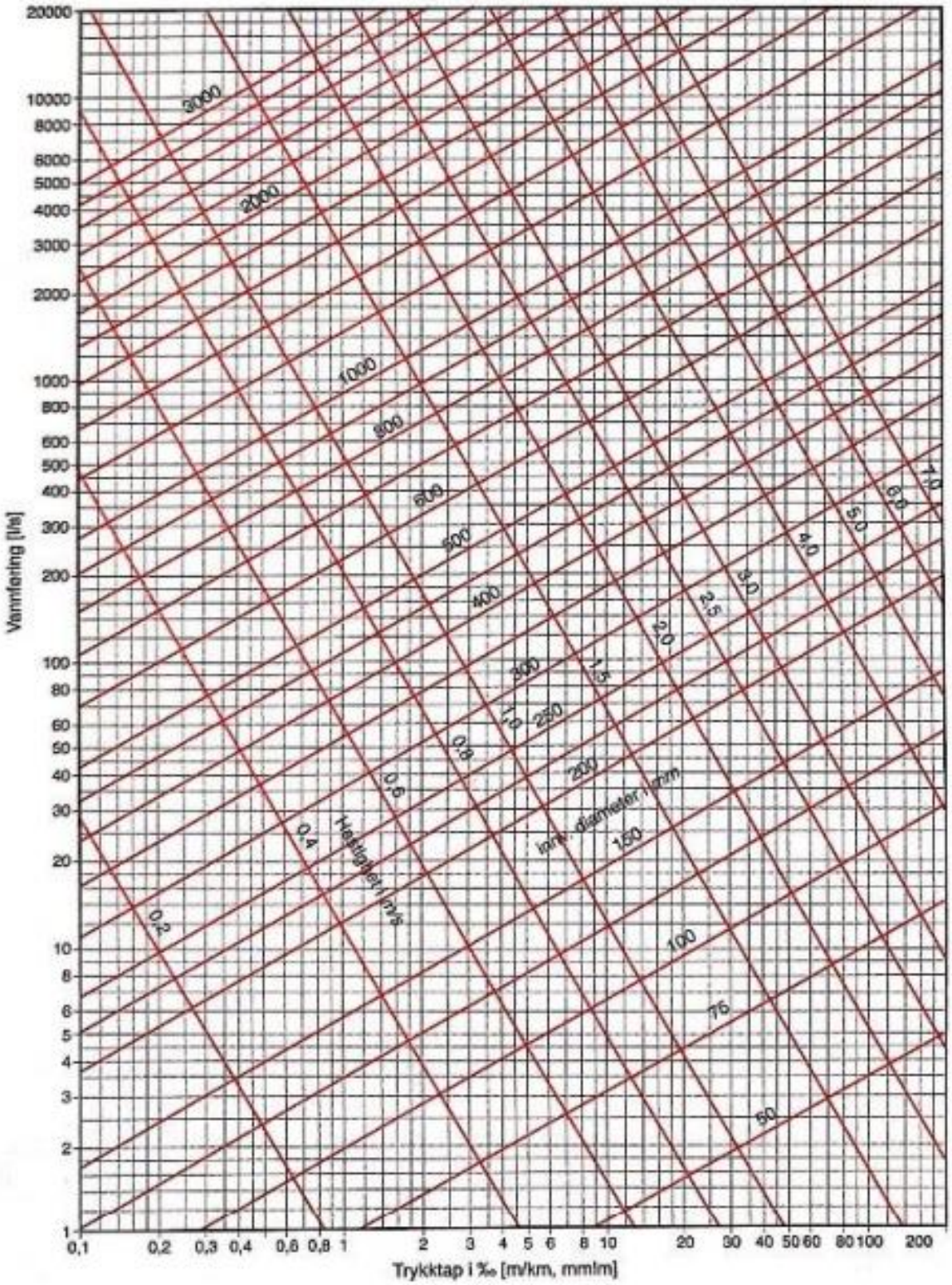
NTNU
Kunnskap for en bedre verden

VEDLEGG 10.A


TILRENNINGSLENGDE I M
TILRENNINGSTID I MIN.
300
250
200
150
100
50
0
-50
80
70
60
50
40
30
20
10
0
I=150%
100
50
30
20
15
10
7,5
5
φ=0,10
0,20
0,30
0,40
0,50
0,60
0,70
0,80
0,90
0,95

Colebrooks formel for k=0,2 mm

Trykktapsdiagram for rørledninger ved transport
av vann ved 10 grader celcius



Beregning av ledningsdimensjon og vannhastighet i overvannsledning **uten** LOD-tiltak

Delområde 1:

Totalt areal = 2,78 ha

Avrenningskoeffisient = 0,6

Klimafaktor = 1,4

Høyde topp = 120 m

Høyde nærmeste antatte sluk = 116 m

$\Delta h = 120\ m - 116\ m = 4\ m$

Lengde fra topp til nærmeste sluk = 46 m

Dette gir et fall på:

$\frac{4}{46} * 1000\ ‰ = 86\ ‰$

Velger t_s = 5 min

Lengde ledning = 132,4 m

Fall på ledning gitt av Rambøll = 10 ‰

Velger en vannhastighet i ledning på 2 m/s, og får:

$t1 = \frac{132{,}4\ m}{2\ m/s} = 1{,}1\ min$

$tk = 5\ min + 1{,}1\ min = 6{,}1\ min$

$I = 240{,}76\ l/(s * ha)$

$Q = 1{,}4 * 0{,}6 * 2{,}78\ ha * 240{,}76\ l/(s * ha)$

$Q = 562{,}22\ l/s$

Colebrooks diagram gir innvendig diameter på 490 mm.
Runder opp til nærmeste standard dimensjon = 500 mm.

Colebrooks formel gir:

$$\boldsymbol{v = -2 * \sqrt{2 * g * S_f * D} * log_{10} * \left[\left(\frac{k_s}{3{,}7 * D}\right) + \left(\frac{2{,}5 * \upsilon}{D * \sqrt{2 * g * S_f * D}}\right)\right]}$$

$\upsilon = 1{,}3063 * 10^{-6}\ m^2/s$

k_s = 0,025*10^{-3} m

$$\boldsymbol{v = -2 * \sqrt{2 * 9,81 \frac{m}{s^2} * 0,01 * 0,5m} * log_{10} * \left[\left(\frac{0,025 * 10^{-3}m}{3,7 * 0,5m}\right) + \left(\frac{2,5 * 1,3063 * 10^{-6}m^2/s}{0,5m * \sqrt{2 * 9,81 \frac{m}{s^2} * 0,01 * 0,5m}}\right)\right]}$$

$$\boldsymbol{v = 2,79\ m/s}$$

Delområde 2:

Totalt areal = 1,26 ha

Avrenningskoeffisient = 0,7

Klimafaktor = 1,4

Høyde topp = 115 m

Høyde nærmeste sluk = 113 m

$\Delta h = 115\ m - 113\ m = 2\ m$

Lengde fra topp til nærmeste sluk = 88 m

Dette gir et fall på:

$$\frac{2}{88} * 1000\ ‰ = 22,7\ ‰$$

Velger t_s = 9 min

Lengde ledning = 193,3 m

Fall på ledning gitt av Rambøll = 10 ‰

Velger en vannhastighet i ledning på 2 m/s, og får:

$$t1 = \frac{193,3\ m}{2\ m/s} = 1,6\ min$$

$$tk = 9\ min + 1,6\ min = 10,6\ min$$

$$I = 172,16\ l/(s * ha)$$

$$Q = 1,4 * 0,7 * 1,26\ ha * 172,16\ l/(s * ha)$$

$$Q = 212,58\ l/s$$

Delområde 1 vil renne ut på delområde 2:

$$Q = 562,22 \frac{l}{s} + 212,58 \frac{l}{s} = 774,8 \frac{l}{s}$$

Colebrooks diagram gir innvendig diameter på 580 mm.
Runder opp til nærmeste standard dimensjon = 600 mm.

Colebrooks formel gir:

$\upsilon = 1{,}3063*10^{-6}\ m^2/s$

$k_s = 0{,}04*10^{-3}\ m$

$$\boldsymbol{v = -2 * \sqrt{2 * 9{,}81 \frac{m}{s^2} * 0{,}01 * 0{,}6m} * log_{10} * \left[\left(\frac{0{,}04 * 10^{-3}m}{3{,}7 * 0{,}6m}\right) + \left(\frac{2{,}5 * 1{,}3063 * 10^{-6}m^2/s}{0{,}6m * \sqrt{2 * 9{,}81 \frac{m}{s^2} * 0{,}01 * 0{,}6m}}\right)\right]}$$

$$\boldsymbol{v = 3{,}1\ m/s}$$

Delområde 3:

Totalt areal = 2,12 ha

Avrenningskoeffisient = 0,45

Klimafaktor = 1,4

Høyde topp = 109 m

Høyde nærmeste sluk = 94 m

$\Delta h = 109\ m - 94\ m = 15\ m$

Lengde fra topp til nærmeste sluk = 47 m

Dette gir et fall på:

$$\frac{15}{47} * 1000\ ‰ = 319{,}2\ ‰$$

Velger t_s = 6 min

Lengde ledning = 121,8 m

Fall på ledning gitt av Rambøll = 60 ‰

Velger en vannhastighet i ledning på 2 m/s, og får:

$$t1 = \frac{121{,}8\ m}{2\ m/s} = 1{,}0\ min$$

$$tk = 6\ min + 1\ min = 7\ min$$

$$I = 227{,}72\ l/(s * ha)$$

$$Q = 1{,}4 * 0{,}45 * 2{,}12\ ha * 227{,}72\ l/(s * ha)$$

$Q = 304{,}14\ l/s$

Delområde 1 og 2 vil renne ut på delområde 3:

$$Q = 562{,}22\frac{l}{s} + 212{,}58\frac{l}{s} + 304{,}14\frac{l}{s} = 1078{,}94\frac{l}{s}$$

Colebrooks diagram gir innvendig diameter på 450 mm.
Runder opp til nærmeste standard dimensjon = 500 mm.

Colebrooks formel gir:

$\upsilon = 1{,}3063*10^{-6}\ m^2/s$

$k_s = 0{,}04*10^{-3}\ m$

$$\boldsymbol{v = -2 * \sqrt{2 * 9{,}81\frac{m}{s^2} * 0{,}01 * 0{,}5m} * log_{10} * \left[\left(\frac{0{,}04 * 10^{-3}m}{3{,}7 * 0{,}5m}\right) + \left(\frac{2{,}5 * 1{,}3063 * 10^{-6}m^2/s}{0{,}5m * \sqrt{2 * 9{,}81\frac{m}{s^2} * 0{,}01 * 0{,}5m}}\right)\right]}$$

$$\boldsymbol{v = 2{,}7\ m/s}$$

Delområde 4:

Totalt areal = 2,23 ha

Avrenningskoeffisient = 0,8

Klimafaktor = 1,4

Høyde topp = 113 m

Høyde nærmeste sluk = 109 m

$\Delta h = 113\ m - 109\ m = 4\ m$

Lengde fra topp til nærmeste sluk = 163 m

Dette gir et fall på:

$$\frac{4\ m}{163\ m} * 1000\ ‰ = 24{,}5\ ‰$$

Velger t_s = 15 min

Lengde ledning = 241,4 m

Fall på ledning gitt av Rambøll = 10 ‰

Velger en vannhastighet i ledning på 2 m/s, og får:

$$t1 = \frac{241{,}4\ m}{2\ m/s} = 2\ min$$

$tk = 15\,min + 2\,min = 17\,min$

$I = 129{,}28\ l/(s * ha)$

$Q = 1{,}4 * 0{,}8 * 2{,}23\ ha * 129{,}28\ l/(s * ha)$

$Q = 322{,}89\ l/s$

Colebrooks diagram gir innvendig diameter på 410 mm.
Runder opp til nærmeste standard dimensjon = 500 mm.

Colebrooks formel gir:

$\upsilon = 1{,}3063 * 10^{-6}\ m^2/s$

$k_s = 0{,}04 * 10^{-3}\ m$

$$\boldsymbol{v = -2 * \sqrt{2 * 9{,}81 \frac{m}{s^2} * 0{,}01 * 0{,}5m} * log_{10} * \left[\left(\frac{0{,}04 * 10^{-3}m}{3{,}7 * 0{,}5m}\right) + \left(\frac{2{,}5 * 1{,}3063 * 10^{-6}m^2/s}{0{,}5m * \sqrt{2 * 9{,}81 \frac{m}{s^2} * 0{,}01 * 0{,}5m}}\right)\right]}$$

$\boldsymbol{v = 2{,}7\ m/s}$

Delområde 5:

Totalt areal = 1,84 ha

Avrenningskoeffisient = 0,8

Klimafaktor = 1,4

Høyde topp = 107 m

Høyde nærmeste sluk = 102 m

$\Delta h = 107\ m - 102\ m = 5\ m$

Lengde fra topp til nærmeste sluk = 138 m

Dette gir et fall på:

$$\frac{5\ m}{138\ m} * 1000\ ‰ = 36{,}2\ ‰$$

Velger t_s = 13 min

Lengde ledning = 58,2 m

Fall på ledning gitt av Rambøll = 60 ‰

Velger en vannhastighet i ledning på 2 m/s, og får:

$$t1 = \frac{58{,}2\ m}{2\ m/s} = 0{,}5\ min$$

$$tk = 13\ min + 0{,}5\ min = 13{,}5\ min$$

$$I = 150{,}7\ l/(s * ha)$$

$$Q = 1{,}4 * 0{,}8 * 1{,}84\ ha * 150{,}7\ l/(s * ha)$$

$$Q = 310{,}56\ l/s$$

$$Q = 322{,}89\frac{l}{s} + 310{,}56\frac{l}{s} = 633{,}45\frac{l}{s}$$

Colebrooks diagram gir innvendig diameter på 380 mm.
Runder opp til nærmeste standard dimensjon = 400 mm.

Colebrooks formel gir:

$\upsilon = 1{,}3063 * 10^{-6}\ m^2/s$

$k_s = 0{,}04 * 10^{-3}\ m$

$$\boldsymbol{v = -2 * \sqrt{2 * 9{,}81\frac{m}{s^2} * 0{,}01 * 0{,}4m} * log_{10} * \left[\left(\frac{0{,}04 * 10^{-3}m}{3{,}7 * 0{,}4m}\right) + \left(\frac{2{,}5 * 1{,}3063 * 10^{-6}m^2/s}{0{,}4m * \sqrt{2 * 9{,}81\frac{m}{s^2} * 0{,}01 * 0{,}4m}}\right)\right]}$$

$$\boldsymbol{v = 2{,}4\ m/s}$$

Beregning av ledningsdimensjon og vannhastighet i overvannsledning **med** LOD-tiltak

For dimensjonering av rørdiameter på overvannsledninger tatt LOD-tiltak til betraktning brukes vedlegg 8 og 9.B som grunnlag.

Delområde 1:

$Q = 562{,}22\ l/s$

$Q_{LOD} = 3{,}346\ l/s$

$Q = 562{,}22\frac{l}{s} - 3{,}346\frac{l}{s} = 558{,}874\frac{l}{s}$

Colebrooks diagram gir innvendig diameter på 480 mm.
Runder opp til nærmeste standard dimensjon = 500 mm.

Colebrooks formel gir:

$\upsilon = 1{,}3063*10^{-6}\ m^2/s$

$k_s = 0{,}025*10^{-3}\ m$

$$\boldsymbol{v = -2 * \sqrt{2 * 9{,}81\frac{m}{s^2} * 0{,}01 * 0{,}5m} * log_{10} * \left[\left(\frac{0{,}025 * 10^{-3}m}{3{,}7 * 0{,}5m}\right) + \left(\frac{2{,}5 * 1{,}3063 * 10^{-6}m^2/s}{0{,}5m * \sqrt{2 * 9{,}81\frac{m}{s^2} * 0{,}01 * 0{,}5m}}\right)\right]}$$

$\boldsymbol{v = 2{,}79\ m/s}$

Delområde 2:

$Q = 774{,}8\ l/s$

$Q_{LOD} = 9{,}646\ l/s$

$Q = 774{,}8\frac{l}{s} - 9{,}646\frac{l}{s} = 765{,}154\frac{l}{s}$

Colebrooks diagram gir innvendig diameter på 550 mm.
Runder opp til nærmeste standard dimensjon = 600 mm.

Colebrooks formel gir:

$\upsilon = 1{,}3063*10^{-6}\ m^2/s$

$k_s = 0{,}04*10^{-3}\ m$

$$\boldsymbol{v = -2 * \sqrt{2 * 9{,}81\frac{m}{s^2} * 0{,}01 * 0{,}6m} * log_{10} * \left[\left(\frac{0{,}025 * 10^{-3}m}{3{,}7 * 0{,}6m}\right) + \left(\frac{2{,}5 * 1{,}3063 * 10^{-6}m^2/s}{0{,}6m * \sqrt{2 * 9{,}81\frac{m}{s^2} * 0{,}01 * 0{,}6m}}\right)\right]}$$

$\boldsymbol{v = 3{,}1\ m/s}$

Delområde 3:

$Q = 1078{,}94\ l/s$

$Q_{LOD} = 0{,}679\ l/s$

$Q = 1078{,}94\frac{l}{s} - 0{,}679\frac{l}{s} = 1078{,}261\frac{l}{s}$

Colebrooks diagram gir innvendig diameter på 450 mm.
Runder opp til nærmeste standard dimensjon = 500 mm.

Colebrooks formel gir:

$\upsilon = 1{,}3063*10^{-6}\ m^2/s$

$k_s = 0{,}04*10^{-3}\ m$

$$\boldsymbol{v = -2 * \sqrt{2 * 9{,}81\frac{m}{s^2} * 0{,}01 * 0{,}5m} * log_{10} * \left[\left(\frac{0{,}04 * 10^{-3}m}{3{,}7 * 0{,}5m}\right) + \left(\frac{2{,}5 * 1{,}3063 * 10^{-6}m^2/s}{0{,}5m * \sqrt{2 * 9{,}81\frac{m}{s^2} * 0{,}01 * 0{,}5m}}\right)\right]}$$

$\boldsymbol{v = 2{,}7\ m/s}$

Delområde 4:

$Q = 322{,}89\ l/s$

$Q_{LOD} = 19{,}1\ l/s$

$Q = 322{,}89\frac{l}{s} - 19{,}1\frac{l}{s} = 303{,}79\frac{l}{s}$

Colebrooks diagram gir innvendig diameter på 400 mm.

Colebrooks formel gir:

$\upsilon = 1{,}3063*10^{-6}\ m^2/s$

$k_s = 0{,}04*10^{-3}\ m$

$$\boldsymbol{v = -2 * \sqrt{2 * 9{,}81\frac{m}{s^2} * 0{,}01 * 0{,}4m} * log_{10} * \left[\left(\frac{0{,}04 * 10^{-3}m}{3{,}7 * 0{,}4m}\right) + \left(\frac{2{,}5 * 1{,}3063 * 10^{-6}m^2/s}{0{,}4m * \sqrt{2 * 9{,}81\frac{m}{s^2} * 0{,}01 * 0{,}4m}}\right)\right]}$$

$\boldsymbol{v = 2{,}4\ m/s}$

Delområde 5:

$Q = 633{,}45\ l/s$

$Q_{LOD} = 7{,}355\ l/s$

$Q = 633{,}45\frac{l}{s} - 7{,}355\frac{l}{s} = 626{,}095\frac{l}{s}$

Colebrooks diagram gir innvendig diameter på 370 mm.
Runder opp til nærmeste standard dimensjon = 400 mm.

Colebrooks formel gir:

$\upsilon = 1{,}3063*10^{-6}\ m^2/s$

$k_s = 0{,}04*10^{-3}\ m$

$$v = -2 * \sqrt{2 * 9{,}81\frac{m}{s^2} * 0{,}01 * 0{,}4m} * log_{10} * \left[\left(\frac{0{,}04 * 10^{-3}m}{3{,}7 * 0{,}4m}\right) + \left(\frac{2{,}5 * 1{,}3063 * 10^{-6}m^2/s}{0{,}4m * \sqrt{2 * 9{,}81\frac{m}{s^2} * 0{,}01 * 0{,}4m}}\right)\right]$$

$$\boldsymbol{v = 2{,}4\ m/s}$$

Vedlegg 11
Kostnadsberegning

NTNU
Kunnskap for en bedre verden

Kostnadsberegning:
LOD-tiltak

LOD-tiltak	Areal	Pris		Bergenet pris	
		Investering	Drift	Investering	Drift
	m2	kr/m2	kr/m2	kr	kr
Blågrønne tak	31656,404	500	6	15828202	189938,424
Regnbed	144,26	1400	15	201964	2163,9
Fordrøyningsdam	210,298	1300	35	273387,4	7360,43
Permeabel dekke - betongheller	4533,145	400	Ikke oppgitt	1813258	Ikke oppgitt
SUM				**18116811,4**	**199462,754**

Kostnadsberegning: Betongrør

Dette arket er ment som et arbeidsark for dimensjonering av BASAL fordrøyningsmagasin med betongrør.
Det er basert på BASAL sitt beregningsprogram: Se BASAL beregningsprogram.
Bruk BASAL sitt program om det ønskes mer detaljer ift. utslippskum etc.

Grunnlagsdata

				Kommentar
Fordrøyningsvolum	V_{tot}	1 552	m3	Fra beregning
Antall linjer	n	1		
Rørdiameter	D	1 600	mm	
Rørveggtykkelse	t	176	mm	Fra Loe Rørprodukter Katalog
Lengde per "modul"	L_{modul}	2 000	mm	Fra Loe Rørprodukter Katalog
Dimensjonerende trykkhøyde	h_b	1	m	For virvelkum.

Grøft

Helning, vertikal	y	1	
Helning, horisontal	x	1	
Overdekning	H	1 000	mm
Fundamenttykkelse		150	mm
Avstand		150	mm

Beregninger

Volum per linje	V_{linje}	1 552,0	m3	
Rør, tverrsnitt areal	A	2,0	m2	
Lengde per linje	L	772,4	m	Uten kummer
Antall moduler, per linje	m_{linje}	386,0	stk	
Antall moduler, totalt	m_{totalt}	386,0	stk	

Enkel Pris estimat

Komponent	Enhetspris (kr)	Antall	Total (kr)	Kilde
Endepropp med nedstigning	24 751	4	99 004	Loe rørkatalog 2017
igT-falsrør	13 110	382	5 008 020	Loe rørkatalog 2017
Innløpskum	5 000	1	5 000	Loe rørkatalog 2017
Virvelkum	10 000	1	10 000	Loe rørkatalog 2017
		Sum	5 122 024	
		Spesifikk pris	3 300	kr/m3 fordrøyd

Kostnadsfordeling

Rørpris inkl. kummer	15 %	5 122 024
Legging og montering	5 %	1 707 341
Fundament, sidefylling og beskyttelseslag	30 %	10 244 048
Graving og gjenfylling	50 %	17 073 413
	Sum	34 146 827

Snitt ved 2 linjer

Aktiv
Gå til I

Vedlegg 12
Tegninger i AutoCAD

NTNU
Kunnskap for en bedre verden

Vedlegg 12.A

= Grønne tak

= Blågrønne tak

= Takterrasse

= Permeable flater

= Regnbed

= Fordrøyningsdam

REV. INDEX	ANT.	ENDRINGEN GJELDER	SIGN	DATO

Dato 01.05.21	Konstr./Tegnet KM, KN		Målestokk 1:2000 (A3)	NTNU/Rambøll
Filnavn		Godkjent		
LOD-tiltak på planområde Ocean Space Centre Tyholt i Trondheim				Erstatning for: / Erstattet av:
Henvisning:	Index:	Beregning:		

= Grønne tak

= Blågrønne tak

= Takterrasse

= Permeable flater

= Regnbed

= Fordrøyningsdam

= Strømningspil

REV. INDEX	ANT.	ENDRINGEN GJELDER	SIGN	DATO

Dato 01.05.21	Konstr./Tegnet KM, KN		Målestokk 1:2000 (A3)	NTNU/Rambøll
Filnavn		Godkjent		
Vannveier på planområdet Ocean Space Centre Tyholt i Trondheim				Erstatning for: / Erstattet av:
Henvisning:	Index:	Beregning:		