

Bacheloroppgave

IB 303312

Mebostad B15 – Prosjektering av komplett VA-anlegg

Kandidatnumre: 10037, 10007, 10012

Totalt antall sider inkludert forside: 184

Innlevert Ålesund, 20.05.2019

Denne oppgaven er en eksamensbesvarelse utført av studenter ved NTNU i Ålesund.

Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

Du/dere fyller ut erklæringen ved å klikke i ruten til høyre for den enkelte del 1-6:		
1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ul style="list-style-type: none">ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands.ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt.ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt.har alle referansene oppgitt i litteraturlisten.ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse.	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å <u>betrakte som fusk</u> og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høgskoler i Norge, jf. Universitets- og høgskoleloven §§4-7 og 4-8 og Forskrift om eksamen §§14 og 15.	<input checked="" type="checkbox"/>
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatskontrollert i Ephorus, se Retningslinjer for elektronisk innlevering og publisering av studiepoenggivende studentoppgaver	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Jeg/vi er kjent med at høgskolen vil behandle alle saker hvor det forligger mistanke om fusk etter høgskolens studieforskrift §31	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av kilder og referanser på biblioteket sine nettsider	<input checked="" type="checkbox"/>

Publiseringsavtale

Studiepoeng: 20

Veileder: Razak Seidu

Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

Forfatter(ne) har opphavsrett til oppgaven. Det betyr blant annet enerett til å gjøre verket tilgjengelig for allmennheten ([Åndsverkloven §2](#)).

Alle oppgaver som fyller kriteriene vil bli registrert og publisert i Brage HiM med forfatter(ne)s godkjennelse.

Opgaver som er unntatt offentlighet eller båndlagt vil ikke bli publisert.

Jeg/vi gir herved NTNU i Ålesund en vederlagsfri rett til å

gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering:

ja

nei

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)?

ja

nei

(Båndleggingsavtale må fylles ut)

- Hvis ja:

Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over?

ja

nei

Er oppgaven unntatt offentlighet?

ja nei

(inneholder taushetsbelagt informasjon. [Jfr. Offl. §13/Fvl. §13](#))

Dato: 20.05.2019

FORORD

Denne oppgaven er skrevet av studenter ved Norges teknisk-naturvitenskaplige universitet (NTNU) i Ålesund som en avslutning på bachelorutdanningen i Vann og miljøteknikk. Oppgaven er skrevet for Rambøll Trondheim avd. Urban Water and Treatment og er valgt med et ønske om å lære mer om prosjektering og modellering av VA-anlegg.

Vi ønsker å rette en stor takk til veileder ved NTNU Razak Seidu for god veiledning og hjelp gjennom hele oppgaven. I tillegg rettes det en takk til Andreas Longva ved NTNU som også har vært til god hjelp.

En stor takk til Rambøll som har gitt oss muligheten til å jobbe med et reelt prosjekt. Vi ønsker spesielt å takke Jørgen Snekvik og Johan Martin Tiller som har vært våre veiledere hos Rambøll. Med sin erfaring fra bransjen har de bidratt med gode råd og innvendinger som har vært viktig for utformingen av oppgaven.

Det rettes også en takk til andre eksterne bidragsytere som har hjulpet oss med oppgaven, spesielt Tor Albert Oveland (Aprova) og Anbjørg Kristine Isaksen (COWI).

Ålesund, 20.05.2019



Jesper A. Oveland Vimme



Ludvik Brunstad



Martin Ringstad

INNHOLDFORTEGNELSE

SAMMENDRAG	1
TERMINOLOGI	2
BEGREPER	2
SYMBOLER	3
FORKORTELSER.....	3
INNLEDNING	4
1.1 BAKGRUNN FOR VALG AV OPPGAVE	4
1.2 PROSJEKTBSKRIVELSE.....	4
1.3 AVGRENSNINGER TIL OPPGAVEN	4
2 TEORI.....	5
2.1 VA-ANLEGG	5
2.1.1 <i>Vannledning</i>	6
2.1.1.1 Vannbehov	7
2.1.1.2 Vann til brannslukning.....	8
2.1.1.3 Trykk	9
2.1.1.4 Gren-/ringsystem	10
2.1.2 <i>Spillvannsledning</i>	11
2.1.2.1 Trykkavløp.....	12
2.1.3 <i>Overvannsledning</i>	14
2.2 LEDNINGSMATERIALER.....	14
2.2.1 <i>Polyetylenrør (PE-rør)</i>	15
2.2.2 <i>Polyvinylkloridrør (PVC-rør)</i>	15
2.2.3 <i>Duktilt Støpejernsrør</i>	15
2.3 UTFØRELSE AV GRØFT	16
2.4 KUMUTFORMING	18
2.4.1 <i>Vannkum</i>	18
2.4.2 <i>Spillvannskum</i>	18
2.4.3 <i>Overvannskum</i>	18
2.4.4 <i>Spesialtilpassede renneløpskummer</i>	18
2.4.5 <i>Sandfang</i>	18
2.5 UTSTYR PÅ LEDNINGSNETTET	19
2.5.1 <i>Lufteventil</i>	19
2.5.2 <i>Tappeventil</i>	19
2.5.3 <i>Tilbakeslagsventil</i>	19

BACHELOROPPGAVE

2.5.4	<i>Trykkreduksjonsventil (TRV)</i>	19
2.5.5	<i>Sikkerhetsventil</i>	19
2.5.6	<i>Stengeventil</i>	20
2.5.7	<i>Vannmålere</i>	20
2.6	OVERVANNSHÅNDTERING	21
2.6.1	<i>Den rasjonelle metoden</i>	21
2.6.2	<i>Summasjonskurvemetoden / Tid-Areal metoden</i>	22
2.6.3	<i>LOD – Lokal overvannshåndtering</i>	22
2.6.3.1	Lukkede magasiner	23
2.6.4	<i>Regnhyetogram</i>	23
3	MATERIALER OG METODE	24
3.1	MEBOSTAD B15	24
3.2	DATAINNSAMLING	26
3.2.1	<i>Kartdata</i>	26
3.2.1.1	SOSI-vis	26
3.2.2	<i>Hydrologisk data</i>	26
3.2.3	<i>VA-norm</i>	26
3.2.4	<i>Reguleringsdata</i>	26
3.3	DIMENSJONERING	27
3.3.1	<i>Vannledning</i>	27
3.3.1.1	Antall abonnenter	27
3.3.1.2	Forbruksvariasjoner	27
3.3.2	<i>Spillvannsledning</i>	28
3.3.3	<i>Overvannsledning</i>	29
3.4	PROSJEKTERING AV VA-ANLEGG	33
3.5	MODELLERING OG SIMULERING AV VA-ANLEGG	34
3.5.1	<i>EPANET</i>	34
3.5.1.1	Oppbygning	34
3.5.2	<i>SWMM</i>	35
3.5.2.1	Oppbygning	35
3.5.3	<i>MIKE URBAN</i>	36
3.5.3.1	Oppbygning	36
3.6	DIGITAL DETALJPROSJEKTERING	38
4	RESULTATER OG DRØFTING	39
4.1	TRASEFORSLAG	39
4.1.1	<i>Traseforslag 1</i>	39

BACHELOROPPGAVE

4.1.2	<i>Traseforslag 1 med pumpeløsning</i>	41
4.1.3	<i>Traseforslag 2</i>	43
4.1.4	<i>Valg av trasé</i>	45
4.2	DIMENSJONER PÅ LEDNINGSNETTET	46
4.2.1	<i>Vannledning</i>	46
4.2.1.1	Forbrukskurve EPANET.....	46
4.2.1.2	Vannforbruk.....	47
4.2.1.3	Dimensjoner og materialvalg	47
4.2.1.4	Trykkforhold ved minimalt trykk	49
4.2.1.5	Trykkforhold ved optimalt trykk.....	50
4.2.1.6	Mulige feilkilder	51
4.2.2	<i>Spillvannsledning</i>	51
4.2.2.1	Dimensjoner og materialvalg	51
4.2.2.2	Simulering i SWMM	52
4.2.2.3	Mulige feilkilder	52
4.2.3	<i>Overvannsledning</i>	53
4.2.3.1	Den rasjonelle metoden.....	53
4.2.3.2	Simulering i MIKE URBAN	56
4.2.3.3	Mulige feilkilder	60
4.3	DETALJPROSJEKTERING/-TEGNING I NOVAPPOINT	62
4.3.1	<i>Detaljprosjektering</i>	62
4.3.1.1	Plan- og profiltegning	62
4.3.1.2	Grøftetverrsnitt	64
4.3.1.2.1	Grøftetverrsnitt sprinkleranlegg	65
4.3.1.3	3D-modell.....	65
4.3.2	<i>Funksjonsbeskrivelse av elementer på nettet</i>	65
4.3.2.1	Utførelse av kumgrupper	65
4.3.2.2	Vannkummer	66
4.3.2.3	Spill- og overvannskummer	67
4.3.2.3.1	Minikummer.....	67
4.3.2.4	Plassering av tappeventil.....	68
4.3.2.5	Plassering av lufteventil.....	68
4.3.2.6	Plassering av vannmålere.....	69
4.3.2.7	Anleggelse av bend.....	69
4.3.2.8	Mulige feilkilder	69
5	KONKLUSJON	70
6	REFERANSER	71
	VEDLEGG	73

FIGUROVERSIKT

Figur 2-1 Vann- og avløpsinfrastruktur (Langeland Jørgensen, 2016)	5
Figur 2-2 Gren- og ringsystem i vannledningsnettet (Ødegaard mfl., 2014)	10
Figur 2-3 Gren- og ringsystem i vannledningsnettet (Ødegaard mfl., 2014)	10
Figur 2-4 Utsnitt fra vedlegg A4 i VA-normen	16
Figur 3-1 Kart over Bjugn kommune (Google, 2019).....	24
Figur 3-2 Illustrasjonsplan Mebostad B15	25
Figur 3-3 Maksimaldøgnfaktor (f_{maks}) som funksjon av antall tilknyttede personer (Ødegaard mfl., 2014)...	27
Figur 3-4 Prinsippskisse for sammenheng mellom k_{maks} , k_{min} og tettstedets størrelse (Ødegaard mfl., 2014)	28
Figur 3-5 Verdier for noen avrenningskoeffisienter gitt i VA-normen	30
Figur 3-6 IVF-kurve for boligfeltet hentet fra Norsk Klimaservicesenter.....	30
Figur 3-7 Valg av dimensjonerende regnskyllhyppighet gitt i VA-normen.....	31
Figur 3-8 Kart over nedbørssonen generert i Scalgo	31
Figur 4-1 Traseforslag 1	40
Figur 4-2 Brannvannsdekning traseforslag 1.....	40
Figur 4-3 Traseforslag 1 med pumpeløsning.....	41
Figur 4-4 Trykkavløpssystem i traseforslag 1 med pumpeløsning.....	41
Figur 4-5 Steinmagasin i traseforslag 1 med pumpeløsning	42
Figur 4-6 Traseforslag 2	43
Figur 4-7 Brannvannsdekning traseforslag 2.....	44
Figur 4-8 Forbruksvariasjon over et døgn	46
Figur 4-9 Forbruksvariasjon over et døgn i EPANET.....	46
Figur 4-10 Forbruksvariasjon kontor/barnehage i EPANET	47
Figur 4-11 Forbruksvariasjon brannvannstapping i EPANET	47
Figur 4-12 Dimensjoner på ledningsnettet i EPANET	48
Figur 4-13 Brannvannstapping i node J18 ved minimalt trykk	49
Figur 4-14 Vannføring og trykk klokken 0700 i EPANET	50
Figur 4-15 Ledningsnettet for spillvann i SWMM	52
Figur 4-16 Oppdeling av delområder i AutoCAD.....	53
Figur 4-17 Beregnede rørdiametere illustrert i SWMM.....	55
Figur 4-18 Regnhyetogram fra IVF-kurve	56
Figur 4-19 Viser de valgte delområdene, noder og links i MIKE URBAN	57
Figur 4-20 Input for delområdene i MIKE URBAN	58
Figur 4-21 Beregnede dimensjoner på overvannsnettet	58
Figur 4-22 Simuleringsresultat fra MIKE URBAN.....	59
Figur 4-23 Profil av ledning C12 i MIKE URBAN	60

BACHELOROPPGAVE

Figur 4-24 Tegnforklaringer og forkortelser	62
Figur 4-25 Eksempel plantegning.....	62
Figur 4-26 Eksempel profiltegning og tabell.....	63
Figur 4-27 Eksempel på grøftetverrsnitt.....	64
Figur 4-28 Illustrasjoner fra 3D-modell i Novapoint	65
Figur 4-29 Illustrasjon fra 3D-modell	66
Figur 4-30 Illustrasjon fra 3D-modell	66
Figur 4-31 Illustrasjon fra 3D-modell i Novapoint.....	66
Figur 4-32 Plassering av minikummer	67

Tabelloversikt

Tabell 2-1 Omregningsfaktorer for hydraulisk belastning fra institusjoner, servicevirksomhet o.l. (Norsk Vann 2009).....	7
Tabell 2-2 Enkel sammenlikning av selvfallssystem og trykkavløp mht. ulike aspekter (Strand & Hansen, 2017).....	13
Tabell 2-3 Minste horisontal avstand i forhold til rørdiameter.....	17
Tabell 3-1 Tall hentet fra snitt-tegninger av området.....	33
Tabell 4-1 Fordeler og ulemper i de ulike forslagene.....	45
Tabell 4-2 Dimensjoner på PVC trykrør SDR21.....	48
Tabell 4-3 Fargekoder for rørdimensjoner i figur 4-12.....	48
Tabell 4-4 Dimensjoner på PVC grunnavløpsrør SN 8.....	51
Tabell 4-5 Resultater fra delområdene.....	54
Tabell 4-6 Fargekoder for rørdimensjoner i figur 4-17.....	55
Tabell 4-7 Data hentet fra IVF-kurve.....	56
Tabell 4-8 Omregning til mm/h.....	57
Tabell 4-9 Fargekoder for rørdimensjoner i figur 4-20.....	58

SAMMENDRAG

I denne oppgaven har vi prosjektert et komplett VA-anlegg for et regulert boligfelt i Bjugn kommune. Området er preget av et kupert terreng med mye fjell, som byr på utfordringer ved etablering av et VA-anlegg.

Ved prosjektering av et komplett VA-anlegg er det en rekke beregninger og vurderinger som må gjøres. I oppgaven er det kommet frem til traseplasseringer, ledningsdimensjoner, materialbruk, grøfteutforming, kumutforming og plassering av utstyr på traseene. Vann- og spillvannsforbruk er beregnet i henhold til VA-normen og optimalt vanntrykk i påkoblingspunktet bestemt.

Overvannsmengdene for området er estimert og overvannsledninger dimensjonert deretter. Det endelige forslaget vil sørge for en sikker vannforsyning og god håndtering av spill- og overvann.

Det er gjort beregninger og kommet frem til løsninger ved en rekke digitale verktøy som EPANET, SWMM, MIKE URBAN, Novapoint og AutoCAD. I tillegg til det digitale er det også brukt tradisjonelle beregningsmetoder som den rasjonelle metoden. Ved bruk av tradisjonelle beregningsmetoder kombinert med resultatene fra de forskjellige programvarene har bestemmelser blitt gjort med et solid vurderingsgrunnlag.

TERMINOLOGI

Begreper

Akkumulere	Samle opp
Annuell	Årlig
Empirisk data	Data basert på erfaring
E-modul	Elastitetsmodul som beskriver materialets motstandsevne mot elastisk deformasjon
Godstykkelse	Tykkelse på rørvegg
Ground slope	Helning i terrenget
Fordrøying	Fordrøying er en prosess hvor overvann holdes tilbake til det kan slippes ut i kontrollert tempo og mengder for å forhindre flomskader.
Hovedangrepsveg	Byggets hovedinngang
Implementere	Utføre/iverksette
Kasseregner	Regner med en konstant intensitet over en viss tid
Korrosjon	Oksidasjon av metaller. Produktet av korrosjon er rust.
Lineær superposisjon	Prinsipp om at summen av enkeltløsningene en lineær differensiallikning har også er en løsning. Eks: $F(x_1 + x_2 + \dots) = F(x_1) + F(x_2) + \dots$
Mengdeoppsett	Beregninger for fylling, skjæring og bortkjøring ved etablering av grøft
Metningsgrad	Stoffinnholdet i jorden uttrykt i prosent av den totale mengden som jorden kan binde

BACHELOROPPGAVE

Node Knutepunkt/kum i EPANET, SWMM og MIKE URBAN. Flere husholdninger kan være tilkoblet samme node.

Permeabilitet Evnen et materiale har til å transportere vann

Sedimentering Partikler i en væske som med tiden legger seg til bunnen

SOSI Står for «Samordnet Opplegg for Stedfestet Informasjon» og er en nasjonal standard for geografisk informasjon. Det er også et filformat for norske kartdata.

Symboler

Π 3.14

ΔH Høydeforskjell

Forkortelser

Ha Hektar (1 Hektar = 10 000 kvadratmeter)

IVF Intensitet – Varighet – Frekvens

l/s Liter per sekund

mVS Meter vannsøyle, 10 mVS = 1 bar

pe Person ekvivalent

PE-rør Plastrør av Polyetylen

PVC-rør Plastrør av Polyvinylklorid

VA-anlegg Vann- og avløpsanlegg

INNLEDNING

1.1 Bakgrunn for valg av oppgave

Gjennom prosessen for valg av bacheloroppgave ble det lagt vekt på å finne en oppgave relevant til fremtidige arbeidsoppgaver man vil møte som VA-ingeniør. Det ble også fokusert på å finne et firma med lang erfaring og bred ekspertise for en best mulig veiledning. Da det åpnet seg en mulighet for å skrive for Rambøll ble dette et naturlig valg.

Rambøll er en global samfunnsrådgiver innen blant annet vann og miljø, noe som gir forutsetninger for en oppfølging av høy profesjonalitet og erfaring. Oppgaven som er gjennomført er valgt på grunnlag av problemstillinger der gruppen får testet kompetansen, samt anskaffe ny relevant kunnskap ved et bredt spekter av utfordringer, beregninger og prosjektering.

1.2 Prosjektbeskrivelse

Prosjektgruppen har inngått en avtale med Rambøll Trondheim om bacheloroppgave. Det skal prosjekteres komplett VA-anlegg for boligfeltet Mebostad B15 i Bjugn kommune, fra forprosjektering til ferdig detaljprosjektering. Prosjekteringen omhandler valg av traseer, prinsipper og løsninger samt detaljerte tegninger og planer for VA-anlegget. Det skal velges kvalitetsløsninger som må vurderes opp mot kostnader.

Dette medfører følgende delmål/resultatmål:

- Valg av ledningstraseer, kumplasseringer og påkobling av stikkledninger
- Valg av materiale og dimensjon på ledninger og kummer med hensyn til beregninger på vann og spillvannsforbruk samt plassering av brannuttak med tilstrekkelig tappekapasitet.
- Overvannsberegninger for hele området basert på relevante IVF-kurver og passende fremgangsmetoder. Dimensjonering av overvannsrør deretter, hvor fordrøying må vurderes.
- VA-anlegget skal tegnes i 3D i Novapoint. Herfra genereres plan og profiltegninger samt 3D-illustrasjoner.
- Detaljtegninger av kummer og grøftetverrsnitt lages i AutoCAD.
- Utarbeiding av funksjonsbeskrivelse som forklarer valg og begrunnelse av løsninger.

1.3 Avgrensninger til oppgaven

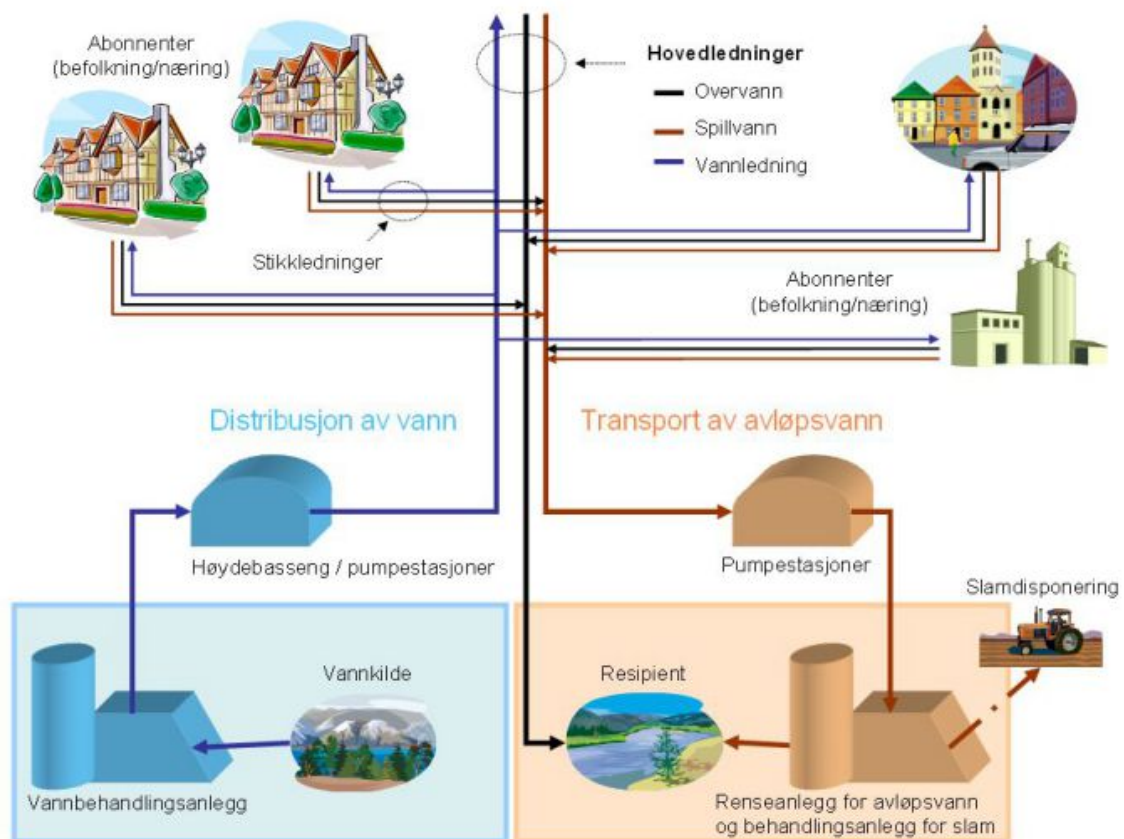
Prosjektet begrenses til oppgavene nevnt i kapittel 1.2. Den opprinnelige planen var at det i tillegg skulle utarbeides et mengdeoppsett og kostnadsoverslag for hele prosjektet. På grunn av usikkerheten rundt arbeidsomfanget ble disse oppgavene satt til side frem til vi så fremdriften av prosjektet, og det ble senere vurdert at dette ikke skulle implementeres i bacheloroppgaven.

2 TEORI

Det samlede norske ledningsnett består i dag av nesten 50 000km med vannledninger og ca. 40 000km rør for spillvann. I tillegg er det ledninger for håndtering av overvann, samt stikkledninger til og fra bygninger. Dette utgjør et massivt underjordisk nettverk av rør og komponenter, som har en samlet lengde på mer enn 2 ganger rundt jorda (Skjærstad, Emma Marie, 2013).

2.1 VA-anlegg

Et typisk ledningsnett består av en drikkevannsledning, spillvannsledning og overvannsledning. Ledningsnettets skal sikre tilfredsstillende funksjonsevne og lave kostnader til vedlikehold og reparasjoner i et langt perspektiv (over 100 år). God forvaltning med hensyn til materialer og utførelse har som formål å sikre gode og langsiktige løsninger. Noe som er viktig er å etablere et forsvar mot billige og dårlige løsninger og materialer (Ødegaard mfl., 2014).



Figur 2-1 Vann- og avløpsinfrastruktur (Langeland Jørgensen, 2016)

BACHELOROPPGAVE

Vann- og avløpsinfrastrukturen kan deles inn slik som i Figur 2-1. Inndelingen starter med en vannkilde som leverer vann til et vannbehandlingsanlegg. Behandlet vann sendes videre til et distribusjonssystem for vann som for eksempel består av et ledningsnett, høydebasseng og pumpestasjoner. Stikkledninger kobles på hovedledningene slik at abonnentene får tilgang til behandlet vann. Det kobles også stikkledninger på avløps- og overvannsledningen slik at vannet som er brukt i husholdninger, næringsliv eller andre virksomheter samt overvann, blir transportert bort og renses på en forsvarlig måte. Avløpsledningen fører som regel avløpsvannet til et renseanlegg via en pumpestasjon før det slippes ut i en resipient, mens overvannsledningen vanligvis fører overvannet rett til en god resipient (Ødegaard mfl., 2014). |

2.1.1 Vannledning

Hovedfunksjonen til en vannledning er å levere vann med god kvalitet uten avbrudd.

Drikkevannsforskriften stiller viktige krav til etablering og drift av anleggene. Det skal sørges for at vannverkets kunder får nok vann, godt vann og sikker forsyning (Bjugn kommune, 2016).

Som regel er det kravet til uttak av brannvann/sprinklervann som avgjør dimensjonerende vannmengde. Nødvendig kapasitet varierer ofte med interessene mellom brannvesen og eier av bygg/vannverk. Når man vurderer nødvendig kapasitet til brannvann/sprinklervann skal kravene i Drikkevannsforskriften følges, sammen med teknisk forskrift i plan og bygningsloven (Ødegaard mfl., 2014).

Bjugn kommune stiller krav om minste innvendig dimensjon for kommunal ledning 100mm. Hvis det er krav til brannvann skal kommunal ledning ha en minste innvendig dimensjon på 150mm.

Avvinkling med bend tillates mellom kummer (Bjugn kommune, 2016).

I utgangspunktet skal man benytte ledninger av PVC materiale i hele Bjugn kommune. PE kan derimot benyttes ved varierende grunnforhold, borehull og sjøledninger samt dimensjoner mindre enn 110mm (Bjugn kommune, 2016).

BACHELOROPPGAVE

2.1.1.1 Vannbehov

Et vannforsyningssystem skal tilfredsstille flere delbehov som til slutt danner et totalt vannbehov. Formelen for vannbehovet er: $Q_T = Q_h + Q_i + Q_o + Q_a + Q_t$ ($m^3/år$). En beskrivelse av de ulike parameterne kan ifølge Ødegaard mfl. (2014) være:

Det totale vannbehovet (Q_T) dekker det totale forbruket samt tap gjennom lekkasjer.

Husholdningens behov (Q_h) omfatter hele forbruket i private husholdninger.

Industriens behov (Q_i) dekker forbruket til produksjon og arbeidsstokk i arbeidstiden.

Det offentlige behovet (Q_o) inkluderer alt forbruk i skoler, sykehus, svømmehaller, VA-verk etc.

Annet behov (Q_a) kan være forbruket til hagevanning, gatespyling, fontener, etc.

Til slutt har vi parameteren for tap (Q_t) som er tap gjennom lekkasjer, sløsing etc. Bjugn kommune hadde i 2018 en lekkasjeprosent på 21,9% som er langt under gjennomsnittet i Norge som er på 29,6%, der Oslo kommune ikke er medregnet (SSB, 2019a).

I VA-normen til Bjugn kommune henvises det til NS-EN 805:2000 ved beregning av vannbehov. Standarden beskriver en metode man kan bruke ved mangel på detaljerte målinger eller historisk data. Metoden går ut på å beregne normal vannmengde per innbygger og multiplisere dette med antall personer som skal forsynes. Ved mangel på detaljerte målinger eller andre nøyaktige opplysninger kan man bruke 150-250 liter per person per døgn, der sosiale og klimatiske forhold er avgjørende for behovet.

Ved beregning av vannbehov til andre anlegg kan tabell 2-1 brukes, som viser vannforbruket i ulike virksomheter.

Tabell 2-1 Omregningsfaktorer for hydraulisk belastning fra institusjoner,

Type virksomhet	Hydraulisk belastning
Barneskoler, ungdomsskoler og videregående skoler ¹	40 l/elev·døgn
Arbeidsplasser	80 l/ansatt·døgn
Sykehus inkl. betjening	625 l/seng·døgn
Pleiehjem, sanatorium ²	450 l/seng·døgn
Hoteller, høy standard ²	500 l/overnattingsdøgn
Hoteller, midlere standard, pensjonater ²	275 l/overnattingsdøgn
Hytter, høy standard (dusj, WC, oppvaskmaskin)	150 l/gjestedøgn
Hytter, innlagt vann, uten WC	75 l/gjestedøgn
Restauranter, kafeer	100 l/stol
Svømmehaller	100 l/besøkende
Forsamlingslokaler	6 l/sitteplass

¹⁾ Skoler og forsamlingslokaler med svømmehaller vil gi en hydraulisk tilleggsbelastning som må vurderes i hvert enkelt tilfelle

²⁾ Ansatt som bor fast, regnes som 1 pe og kommer i tillegg til de oppgitte tabellverdier

2.1.1.2 Vann til brannslukning

Når en brann oppstår er det behov for store mengder vann på kort tid. God planlegging og analysering av eksisterende ledningsnett er derfor viktig for at den alminnelige vannforsyningen i området skal være upåvirket. Dersom tilstrekkelig kapasitet til brannvann er et problem, må man vurdere å bruke nærliggende vannkilder til tapping (Ødegaard mfl., 2014).

Byggverk må ikke føres opp eller tas i bruk til opphold for mennesker eller dyr uten å kartlegge en forsvarlig tilgang til brannvann. Vannverkseier har ansvar for at vannforsyningen frem til tomtegrense er tilstrekkelig i samsvar med brannvesenet og deres behov. Krav til brannvann kan variere mellom kommuner, da utstyret brannvesenet innehar er avgjørende. I områder med liten spredningsfare kan det være tilstrekkelig at kommunen disponerer en tankbil som dekker behovet for brannvann. Andre hensyn som må tas er virksomhet hvor sprinkelanlegg er aktuelt. Her har vannverkseier ansvar for at behovet for slike installasjoner dekkes (Direktoratet for byggkvalitet, 2017).

Preaksepterte ytelser finnes for vannforsyning utendørs. Det regnes ikke med samtidig uttak av brannvann til sprinkleranlegg og brannvesen. I områder hvor brannvesenet ikke kan medbringe tilstrekkelig vann til slokking, må det være trykkvann eller åpen vannkilde. Tilstrekkelig mengde brannvann må være lett tilgjengelig uavhengig av årstiden. Brannkum eller hydrant må plasseres innenfor 25-50 meter fra inngangen til hovedangrepsveg. Det må være tilstrekkelig antall brannkummer eller hydranter slik at alle deler av byggverket dekkes (Direktoratet for byggkvalitet, 2017).

Brannvannskapasiteten må være (Direktoratet for byggkvalitet, 2017):

- Minst 20 l/s i småhusbebyggelse
- Minst 50 l/s, fordelt på minst to uttak, i annen bebyggelse

BACHELOROPPGAVE

2.1.1.3 Trykk

Trykket i hovedledningen bør ideelt sett ikke ligge over 80 mVS. Dette fordi (Ødegaard mfl., 2014):

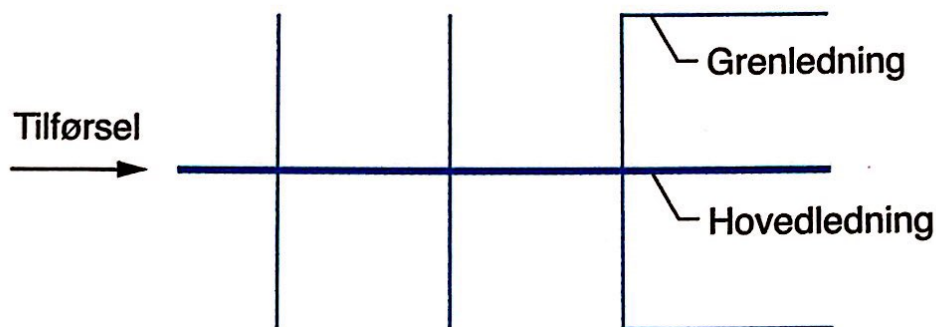
- trykk-klassen for plastrør ofte er PN 10, som innebærer at trykket ikke bør ligge over 10 bar
- forsikringsselskapene krever at abonnenten skal ha trykkreduksjonsventil når trykket overstiger 6 bar, primært fordi slanger til vaskemaskin ikke tåler mer
- høyt trykk i nettet gir større lekkasjer enn ved lavere trykknivå
- høyt trykknivå gir ekstra energikostnader til pumping
- høyere trykk enn 10 bar gir store forankringskrefter som igjen gir mer kostbare rørdeler og vannkummer

Et tappetrykk lavere enn 20 mVS vil normalt ikke tilfredsstille forbruket hos abonnentene. Det stilles krav til et minste tillatte trykk på kommunalt ledningsnett på 2,0 bar og maksimalt tillatt trykk på 10,0 bar (Bjugn kommune, 2016).

BACHELOROPPGAVE

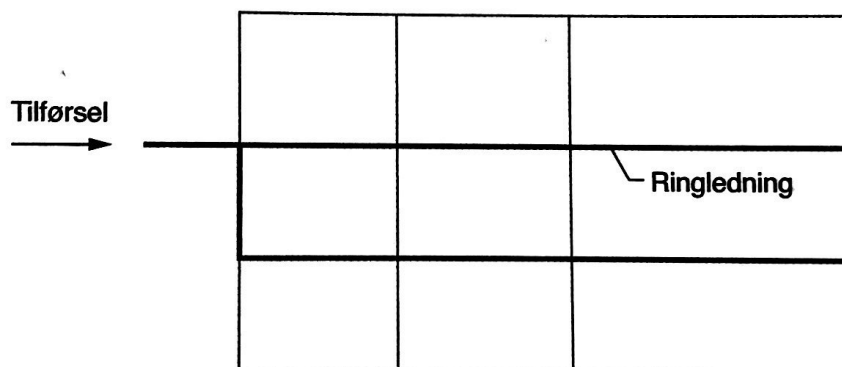
2.1.1.4 Gren-/ringsystem

I et ledningsnett foretrekker man at flest mulig punkter kan forsynes fra to kanter. Ledningsnett der ledningene knyttes sammen i sløyfer og dermed forsyner fra to kanter kalles ringsystem. Et ringsystem vil sammenlignet med et grensystem ha en klart bedre forsyningsikkerhet. Ved forsyning fra to kanter vil et ledningsbrudd ikke påvirke vannforsyningen da den vil opprettholdes fra en annen kant. Trykkforhold og sirkulasjon av vannet er også jevnere og mer gunstig i et ringsystem (Ødegaard mfl., 2014).



Figur 2-2 Gren- og ringsystem i vannledningsnett (Ødegaard mfl., 2014)

Skulle et brudd på ledningen til et grensystem oppstå vil forsyningen til abonnentene stoppe. Et grensystem er også mer sårbart for undertrykk og innsug av forurenset vann ved brudd på ledning. Sirkulasjonen til vannet avhenger av vannforbruk, noe som kan føre til økt sedimentering av partikler og konsentrasjon av metaller i vannet ved et lavt forbruk. Ledningene er også mer utsatt for frost når vannet er stillestående (Ødegaard mfl., 2014).



Figur 2-3 Gren- og ringsystem i vannledningsnett (Ødegaard mfl., 2014)

Ringsystem er ofte mer kostbart å anlegge sammenlignet med et grensystem. Hvorvidt det lønner seg å anlegge ringsystem eller ikke må vurderes opp mot kostnad og funksjonen ledningsnett vil ha. Det vil alltid være endeledninger hvor vannet ikke sirkulerer like godt. Dette må tas hensyn til i drift av ledningsnett for å unngå sedimentering og dårlig vannkvalitet. Løsninger for å unngå slike tilfeller kan være periodevise tappings fra endeledningene (Ødegaard mfl., 2014).

BACHELOROPPGAVE

2.1.2 Spillvannsledning

Avløpsnettets funksjon er å transportere spillvann fra husholdninger til renseanlegg uten ulemper for samfunnet. Både kapasitet og selvrens i ledningen er to sentrale funksjonskrav for avløpstransport. Ved underdimensjonering av nettet risikerer man oversvømmelser på grunn av brudd på ledninger eller utslipp ved overløp til sårbare resipienter. Uten selvrens i spillvannsledningen vil partikler sedimentere til bunnen og til slutt hindre eller blokkere transporten av spillvann (Ødegaard mfl., 2014).

For å unngå velkjente driftsutfordringer som tilstopping, må spillvannsledninger utformes riktig. Tilrettelegging for høytrykksspyling/suging, rørinspeksjon og framtidig rehabilitering er svært viktig. Under reparasjon eller utskiftning av rør skal den innvendige rørdimensjonen alltid opprettholdes. Ved nyanlegg og omlegginger av eksisterende anlegg skal det alltid etableres separatsystem. Bruk av bend større enn 15 grader skal avtales med VA ansvarlig (Bjugn kommune, 2016).

Selvrens skal dokumenteres i områder med fall mindre enn 10 promille ved skjærkraftsberegninger. Minste dimensjon for spillvannsledninger med selvfyll er 160mm for kommunale ledninger. Endeledninger kan ofte være en utfordring når det kommer til selvrens og disse må vurderes spesielt. Ved legging av ledninger er det viktig å unngå motfall og svanker (Bjugn kommune, 2016). En forutsetning for å oppnå selvrens er at hastigheten i ledningen skal være over 0,8 m/s (Ødegaard mfl., 2014).

Spillvannsmengder må regnes ut med hensyn til planlagt behov, fremtidige spillvannsmengder og utbygging av hovednettet. Med hensyn til at boligområdet ikke vil ha et forbruk som går utover det vanlige brukes det spesifikke vannmengder for beregning. For husholdninger regnes det et forbruk på 200 liter per person per døgn (Bjugn kommune, 2016).

BACHELOROPPGAVE

2.1.2.1 Trykkavløp

Det tradisjonelle avløpsanlegget leder avløpsvannet fra forbruker i selvfallsledninger til en felles pumpestasjon eller direkte til renseanlegg. Det er kostbart å anlegge og kan kreve store inngrep i terrenget, samt føre til store mengder med massetransport (Br. Dahl, 2016).

Et alternativ til det tradisjonelle avløpsanlegget er trykkavløp. Dette er et avløpssystem der man benytter seg av mindre pumper enten hos en enkelt forbruker eller ved at flere forbrukere benytter en felles pumpestasjon. Her vil avløpsvannet fra pumpestasjonen bli pumpet inn på en pumpeledning som er felles for flere pumpestasjoner. Denne fører til en felles hovedpumpestasjon, direkte til renseanlegg eller en annen godkjent behandlingsenhet (Brødrene Dahl, 2016).

De første trykkavløpssystemene som ble installert i Norden er fortsatt i drift nesten 45 år etter de ble tatt i bruk. Systemet blir vanligvis brukt i spredtbygde strøk og hytteområder i Norge, mens i Sverige installeres det flest trykkavløpsanlegg i boligområder (Strand & Hansen, 2017).

Dimensjonering av trykkavløpssystemet vil avhenge av vannmengde, lengde på pumpeledning og løftehøyde. På grunn av krav til selvrens og beskjedne vannmengder blir dimensjonen på pumpeledningen relativt liten. I et trykkavløpssystem brukes det pumper med kvernfunksjon, ettersom det er nødvendig med tyntflytende avløpsvann ved små ledningsdimensjoner (Strand & Hansen, 2017).

Rørmaterialet er vanligvis PE-rør på kveil i PE100 SDR11-materiale, men andre alternativer kan benyttes. Avløpsledningen merkes med rødbrun stripe for at man skal kunne skille denne fra vannledningen (Strand & Hansen, 2017).

Frostsikringsmetode for trykkavløp vil variere etter hvor dypt ledningen legges. Ofte legges ledningen i grunne grøfter og må da sikres mot frost. Dette gjøres vanligvis ved bruk av isolasjonskasser eller preisolerte rør med varmekabel. I isolasjonskassen legges VA-ledningene sammen med en varmekabel før kassen fylles igjen med sand og legges lokk på. Sanden vil akkumulere varme fra ledningene og sikre mot frost når temperaturen synker. Ved kalde perioder kan det tilføres varme gjennom varmekabelen (Strand & Hansen, 2017).

BACHELOROPPGAVE

I en Svensk studie gjennomført av Nacka Kommun i 2012 sammenlignet de trykkavløp med konvensjonelt selvfallsystem. Studiet tok for seg de økonomiske faktorene som kan påløpe fra start til slutt. De kom frem til at selvfallsystem har store investeringskostnader, men vil være mer konkurransedyktig i tettbygde strøk. Det var heller ikke store forskjeller på trykkavløp lagt på frostfri dybde i forhold til trykkavløp lagt i grunne grøfter. I tabell 2-2 er en oversikt over de ulike fordelene og ulempene med avløpssystemene. Her er de ulike faktorene gradert med farger der grønt er best, gult er middels og rødt er dårligst (Strand & Hansen, 2017).

Tabell 2-2 Enkel sammenlikning av selvfallsystem og trykkavløp mht. ulike aspekter (Strand & Hansen, 2017)

Aspekt	Selffallsystem	Trykkavløp grunt	Trykkavløp dypt
<i>Investeringskostnad</i>			
<i>Drift og vedlikehold</i>			
<i>Årlig kapitalkostnad – Spredtbygd strøk</i>			
<i>Årlig kapitalkostnad – Tettbygd strøk</i>			
<i>Levetid</i>			

2.1.3 Overvannsledning

Overvann er alt vann som oppstår ved nedbør eller snøsmelting. Store deler av dette vannet infiltreres naturlig i grunnen, mens det som forblir på overflaten kalles overvann. Urbanisering av områder og ellers utbygging gir økt overflateavrenning og skaper stadig mer flom og forurensing. En fremtidsrettet overvannshåndtering innebærer å sikre gode og effektive overvannsløsninger som samtidig ivaretar estetikk, sikkerhet og miljø (Ødegaard mfl., 2014).

Bjugn kommune stiller krav om minste utvendig dimensjon 160mm for overvannsledninger. For å sikre tilstrekkelig selvrens, skal overvannsledninger ikke legges med mindre fall enn 10 promille. Bruk av bend større enn 15 grader skal avtales med VA ansvarlig (Bjugn kommune, 2016).

2.2 Ledningsmaterialer

Valg av ledningsmateriale varierer ut ifra de tekniske og mekaniske egenskaper som kreves i ulike situasjoner.

En viktig parameter når det kommer til ledningsmateriale er rørruheten. Dette er ruheten som kan måles i rørveggen på et nytt rør og er forskjellen mellom små groper og forhøyninger i tverrsnittet av røret (Hafskjold, 2009).

Tor Albert Oveland i Aprova AS sier følgende om ruheten på vannledningsnettet:

På vanlige ledningsanlegg med 160 mm – 225 mm PVC for eksempel, har vi gjort flere kalibreringer som viser at 0.1 mm ruhet er en riktig verdi. Da blir den teoretiske verdien på røret korrigert for de ekstra tapene som forekommer i kummer, avvinklinger osv.

Ruheten på spill- og overvannsledninger varierer også ut ifra materialvalg, men det anbefales å alltid bruke en minimumsverdi på 0,5mm selv om nye plastrør ofte har en mye lavere verdi. Dette vil ta høyde for hydrauliske tap som følge av rørkryss, bend, anboringer, begroinger med mer (Ødegaard mfl., 2014). Rørledninger i god tilstand kan likevel ha en ruhet på 1,0mm dersom hastigheten i ledningen er under 1,0m/s (Hafskjold, 2009).

Mannings ruhet (n) oppgis ofte i engelsk og amerikansk litteratur og blir brukt ved dimensjonering og beregninger av ledningsnett. Sammenhengen mellom rørruheten (k) og Mannings tall (M) angis i

$$\text{formelen: } M = \frac{25,4}{k^{\frac{1}{6}}} \left[m^{\frac{1}{3}} / s \right]$$

Den inverse av Mannings tall (M) er Mannings ruhet (n): $n = \frac{1}{M}$ (Ødegaard mfl., 2014).

2.2.1 Polyetylenrør (PE-rør)

PE er under normale betingelser det mest motstandsdyktige materialet mot slitasje og er svært mye brukt for vannledninger og trykkledninger. Materialet er robust og skjøtes ved speil- eller elektromuffesveising. Dette gir et rørmateriale med tette, strekkfaste og korrosjonsfrie skjøter (Ødegaard mfl., 2014).

Ved bruk av PE i Bjugn kommune skal faren for forurensing i grunn alltid vurderes. Trykklassen skal være SDR 11 eller lavere med materialkvalitet PE 100 (Bjugn kommune, 2016).

2.2.2 Polyvinylkloridrør (PVC-rør)

PVC brukes som regel for vann-, spillvann- og overvannsledning. Materialet er lett å håndtere og utførelsen av skjøtene er rask og enkel. Sammenlignet med en PE-skjøt er ikke en standard PVC-skjøt strekkfast. Spesielle muffe brukes da for å oppnå strekkfasthet (Ødegaard mfl., 2014).

Bjugn kommunes krav ved bruk av PVC er trykkklasse SDR 21 eller lavere, med designfaktor 2,5. Ved ledningstraseer med større fall enn 1:5 (200 promille) skal strekkfaste skjøter eller helsveisede rør benyttes (Bjugn kommune, 2016).

2.2.3 Duktilt Støpejernsrør

Duktilt (seigt) støpejern er et av de mest brukte materialene for vannledningene i forsyningsnettet i Norge. Etersom materialet er svært sterkt brukes det ofte der det er store trykk tilstede, i tillegg til at det har en høy E-modul og lav temperaturkoeffisient (Ødegaard mfl., 2014).

Rør av støpejern må beskyttes mot korrosjon, som oftest med innvendig sementmørtel og utvendig med et belegg av sinkaluminium og epoksy (Mosevoll, 2010).

2.3 Utførelse av grøft

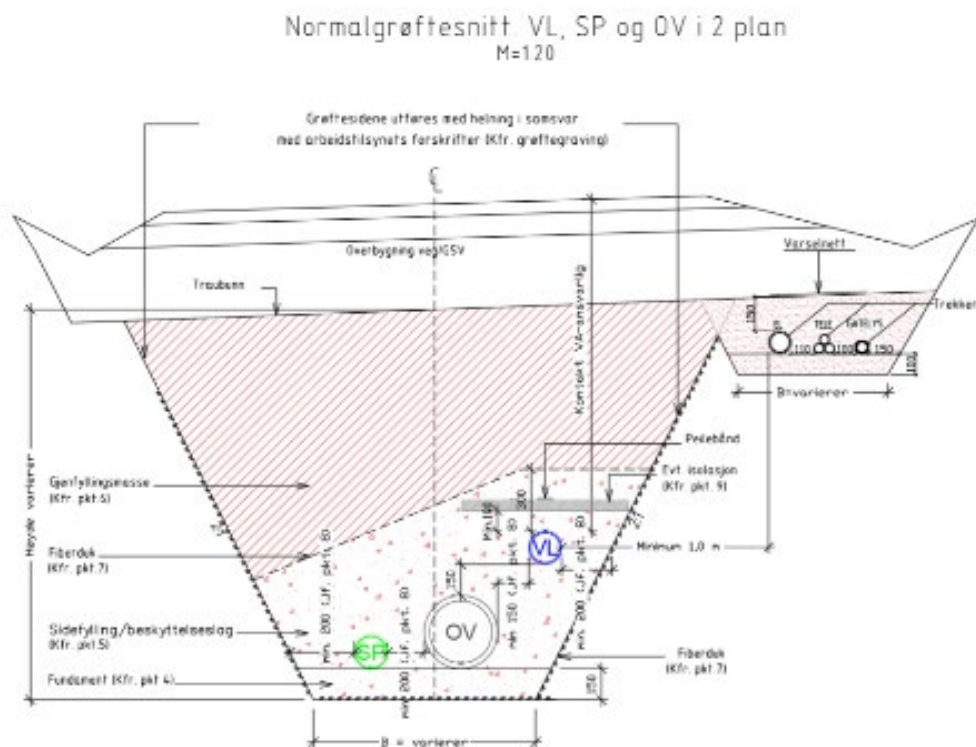
«En riktig utført rørgrøft skal være med på å tilfredsstille kravene til sikkerhet, økonomi, tetthet, styrke og bestandighet samt drift og vedlikehold av de ulike rørtypene» (Stiftelsen VA/Miljø-blad, 2016).

Funksjonskravet for grøfteutførelsen er å oppnå et mekanisk stabilt grøftesystem. Dette skal bidra til å sikre lang funksjonstid for de VA-ledninger som ligger i ledningssonen til grøften.

Utformingen av en rørgrøft og dets tverrsnitt vil variere ut fra flere forhold. Faktorer som vil spille inn kan være VA-normens krav til fri avstand mellom rørene, frostdybde, dimensjon på rør samt nødvendig plass for påkobling av stikkledninger og anborings-/reparasjonsklammer (Stiftelsen VA/Miljø-blad, 2016).

Kravene til sidefylling og beskyttelseslag er avhengig av ulike parametere. Viktige faktorer her er om ledningen skal plasseres i eller utenfor veg, grunnforhold og masser som brukes, rørtipe og rørstivhet. Før et grøftearbeid skal utføres må derfor grunnforholdene undersøkes. Jordarten og dens fasthet, dybde til fjell og grunnvannstand må bestemmes (Stiftelsen VA/Miljø-blad, 2016).

For Bjugn kommune skal grøfteutformingen gjøres etter vedlegg A2 og A4 i VA-normen (Bjugn kommune, 2016). Utsnitt fra vedlegg A4 er vist i figur 2-4.



Figur 2-4 Utsnitt fra vedlegg A4 i VA-normen

BACHELOROPPGAVE

Her vises avstanden fra rør til fundament, sider, eventuell isolasjon og gjenfyllingsmasse samt avstanden mellom rørene. Den sier også hvor de ulike rørene skal ligge i forhold til hverandre og avstand til eventuelle el-ledninger. De vertikale avstandene er konstante, mens de horisontale avstandene mellom de ulike rørene og til sidene vil variere ut ifra rørenes dimensjon.

Se også tabell 2-3 (Bjugn kommune, 2016).

Tabell 2-3 Minste horisontal avstand i forhold til rørdiameter

Rørdiameter [mm]	Minste horisontale avstand [mm]	
	Til grøfteside	Mellom rør
DN ≤ 225	200	150
225 < DN ≤ 350	250	200
350 < DN ≤ 700	350	250

2.4 Kumutforming

Ved oppbygging av kummer skal VA-miljøblad nr. 1 følges. Valg av rørdeler og endelig oppbygging skal skje i samråd med VA-ansvarlig i kommunen. Det skal alltid være kummer ved elvekryssing og på begge sider av veger (Bjugn kommune, 2016).

2.4.1 Vannkum

Minste dimensjon for vannkummer er 1600mm diameter. Alle ledninger skal ha kum med mulighet for brannuttak, spyleledning og pluggkjøring. Avstand mellom vannkummer må vurderes med hensyn til brannvannsuttak, høybrekk/lavbrekk, drift og avgreininger (Bjugn kommune, 2016).

2.4.2 Spillvannskum

Det skal så langt det er mulig brukes minikummer med diameter minimum 400 mm.

Nedstigningskummer skal ikke ha mindre diameter enn 1000mm. Renner bør utføres i samme materiale som rørledningen for de minste dimensjonene. Ved dypere kummer enn 2,0 meter skal utførelse avklares med VA ansvarlig. Maksimal avstand mellom spillvannskummer er 75 meter (Bjugn kommune, 2016).

2.4.3 Overvannskum

Det skal så langt det er mulig brukes minikummer med diameter minimum 400mm.

Nedstigningskummer skal ikke ha mindre diameter enn 1000mm. Renner bør utføres i samme materiale som rørledningen. Ved dypere kummer enn 2,0 meter skal utførelse avklares med VA ansvarlig. Maksimal avstand mellom overvannskummer er 75 meter (Bjugn kommune, 2016).

2.4.4 Spesialtilpassede renneløpskummer

For å redusere utvalget av rørdeler for å utføre tilkobling til spillvannkummer og overvannskummer kan det bestilles spesialtilpassede renneløp. Kummen blir spesialtilpasset det enkelte kumpunktet og leveres i ulike diametere, byggehøyder og godstykkelser (Basal AS, 2019).

2.4.5 Sandfang

Overflatevann skal alltid passere rist og sandfang før det ledes inn på kommunalt nett.

Sandfangkummer skal ha diameter minimum 630mm og vanndybde minimum 900mm (Bjugn kommune, 2016).

2.5 Utstyr på ledningsnett

2.5.1 Lufteventil

Det bør installeres lufteventiler i alle høybrekk der det er fare for at luftlommer samler seg. Luftlommene vil føre til trykktap som vil øke kostnadene for pumping, samt forsterke trykkstøtene i ledningene. Det er også vist at korrosjonshastigheten kan øke i visse situasjoner (Ødegaard mfl., 2014).

2.5.2 Tappeventil

Ved undersøkelse med TV-kameraer, spyling av ledningen, gjennomkjøring av rensepropper, rehabilitering eller liknende, må ledningen ha mulighet for å tømmes. Dette løses ved å installere tappeventiler i lavbrekk. Man sørger for at kummen til tappeventilen har god drenering og plasseres ved et nærliggende vassdrag eller til en avløpsledning (Ødegaard mfl., 2014).

2.5.3 Tilbakeslagsventil

Hvis man ønsker at vannet kun skal renne en veg installerer man en tilbakeslagsventil. For eksempel i en pumpestasjon vil det være aktuelt med tilbakeslagsventiler ettersom man ønsker at pumpet vann ikke skal renne tilbake (Ødegaard mfl., 2014).

2.5.4 Trykkreduksjonsventil (TRV)

En trykkreduksjonsventil reduserer vanntrykket som er oppstrøms ventilen til et forhåndsinnstilt lavere trykk nedstrøms. Høyt vanntrykk kan føre til økte lekkasjer og skader både på eget ledningsnett og sanitærutstyr i boliger og bedrifter (Ødegaard mfl., 2014).

2.5.5 Sikkerhetsventil

En sikkerhetsventil åpner seg dersom det forhåndsinnstilte maksimale trykket blir nådd. Når ventilen åpner seg slipper den ut høye overtrykk som er skadelige på ledningsnett. Den brukes i hovedsak for å avlaste trykket hvis det oppstår en feil med trykkreduksjonsventilen (Ødegaard mfl., 2014).

2.5.6 Stengeventil

Vanligvis står stengeventiler helt åpne. Det er kun i visse situasjoner at det er nødvendig å stenge vannstrømmen på ledningen. Dette kan blant annet være for å ta ut og skifte eller reparere deler på ledningsnett. For å isolere utstyret fra vanntrykket rundt må det være stengeventiler på hver side. Dette gjør også at man slipper å fjerne trykket i ledningen. Stengeventilene må installeres ved visse mellomrom på nettet slik at man kan stenge av enkelte strekninger og gjøre undersøkelser, vedlikehold og reparasjoner. Det er for eksempel vanlig å finne stengeventiler i alle gatekryss (Ødegaard mfl., 2014).

Den vanligste typen stengeventil på hovednettet er sluseventil. Denne blir mest brukt ettersom det tar lang tid å stenge den og dermed forebygges faren for trykkstøt i ledningen (Ødegaard mfl., 2014).

2.5.7 Vannmålere

Vannmålere viser både den direkte vannføringen og vannmengden over en gitt tid. Dette er viktig informasjon hvis man for eksempel driver med lekkasjeundersøkelser på nettet. Aktuelle plasseringer for en vannmåler kan være ved utløp fra pumpestasjon eller ved større uttaksledninger og forgreininger. Ved bruk av flere vannmålere vil man oppdage lekkasjer hurtigere (Ødegaard mfl., 2014).

Den vanligste typen vannmåler er en elektromagnetisk måler som benytter prinsippet til Faradays lov. Prinsippet går ut på at væsken fungerer som en leder og renner gjennom et magnetfelt. Når væsken føres gjennom røret vil det oppstå elektrisk strøm som vil føre til en potensialforskjell som kan måles. Potensialforskjellen vil være proporsjonal med vannhastigheten gjennom måleren. Fordelen med denne typen måler er at den krever lite vedlikehold og mindre rettstreking foran seg enn andre målere (Ødegaard mfl., 2014).

2.6 Overvannshåndtering

Den tradisjonelle håndteringen av overvann går ut på å lede overvann raskest mulig bort fra overflaten til ledningsnett. Denne overvannshåndteringen har ofte ført til økt vannhastighet, erosjon, senkning av grunnvannsstand, materielle skader og økt forurensning. Dagens samfunn preges av utbygging av nye områder og fortetting i eksisterende områder, noe som fører til mer tette flater og lite naturlige infiltrerende områder. Sammen med den fremtidige økningen av nedbør grunnet klimaendringer, vil avrenning og nedbørmengder bli et problem for disse områdene. For å gjøre minst mulig inngrep på opprinnelig hydrologisk situasjon må en hydrologisk orientert arealplanlegging legges til grunn for alle typer utbygging (Norconsult, 2016).

2.6.1 Den rasjonelle metoden

Den rasjonelle metoden brukes for beregning av overvann og egner seg best ved overslagsberegninger. Den blir brukt der arealet av feltet som skal dimensjoneres er mindre enn 50 hektar og nedbøren kan knyttes direkte til avrenningen.

Metoden er basert på følgende forutsetninger (Ødegaard mfl., 2014):

1. Intensiteten er konstant gjennom hele regnværet, og likt over hele nedbørsfeltet
2. Permeabiliteten til medvirkende areal er likt gjennom hele regnværet
3. Hastigheten på vannet i ledningsnett er konstant (fulle ledninger)

Den rasjonelle formelen er: $Q = \varphi \cdot A \cdot I$, der Q er avrent vannføring fra feltet (l/s), φ er forholdet mellom avrent nedbør på overflaten og nedbørmengde, A er området innenfor vannskillene for feltet og I er nedbørsintensiteten (l/s·ha), som hentes ut fra IVF-kurver (Bjugn kommune, 2016).

En klimafaktor K_f kan også implementeres i formelen. Denne benyttes for å ta høyde for at både intensiteten og frekvensen av intense nedbørsperioder øker i årene fremover på grunn av klimaendringer (Ødegaard mfl., 2014). Som klimafaktor bruker Bjugn kommune $K_f=1,3$, som vil si at man tar høyde for ca. 30% fremtidig nedbørsøkning (Bjugn kommune, 2016).

2.6.2 Summasjonskurvemetoden / Tid-Areal metoden

Et problem med den rasjonelle metoden er at det beregnes med et konstant areal, noe som ofte ikke stemmer med virkeligheten. En annen metode for manuell beregning av overvann er summasjonskurvemetoden. Denne er mest brukt der det er viktig å få frem påvirkningen fra flere ulike delfelter på den totale avrenningen. Feltet som skal beregnes deles inn i flere forskjellige områder med ulike avrenningskoeffisienter og konsentrasjonstider. Resultatene en får ved bruk av denne metoden kan vise når de ulike delfeltene begynner å bidra på den totale avrenningen. Hvilke som bidrar mest og når det maksimale bidraget fra alle delfeltene skjer kan da vises i en hydrograf (Ødegaard mfl., 2014).

Det finnes dog et par forutsetninger som må ligge til grunn for at denne metoden kan brukes. For det første kan det ikke være tidsvariable strømningshastigheter på overflaten eller i ledningene. Det andre er at lineær superposisjon legges til grunn for de ulike delfeltbidragene (Ødegaard mfl., 2014).

2.6.3 LOD – Lokal overvannshåndtering

LOD (LOH), lokal overvannshåndtering, er en fremtidsrettet og bærekraftig måte å håndtere overvannet på. Det går ut på å fordrøye og infiltrere overflateavrenningen lokalt ved løsninger som i størst mulig grad opprettholder den naturlige vannbalansen i området. Lokal overvannshåndtering medfører i tillegg også ofte en betydelig rensing av overvannet, avhengig av hvilke løsninger som blir brukt (Ødegaard mfl., 2014).

Tankegangen kan beskrives i en treleddstrategi som sier:

Fang opp og infiltrer alle regn med $<20\text{mm}$ → Forsink og fordrøy vann $>20\text{mm}$ og $<40\text{mm}$ → Sikre trygge flomveger for regn $>40\text{mm}$ (Ødegaard mfl., 2014).

Før man kan ta i bruk LOD må faren for vannskader vurderes. Viktige punkter som må sjekkes er for eksempel om infiltrasjonskapasiteten i grunnen er god nok, om det kan oppstå forsumpning i området, om det kan oppstå erosjonsproblemer og mer (Ødegaard mfl., 2014).

Hovedsakelig er det 5 forskjellige LOD-prinsipper. Disse prinsippene er dammer, lukkede magasiner, våtmark, infiltrasjon og grønne tak, alle med hver sine typer LOD-anlegg. Ofte kombineres disse ulike LOD-prinsippene. Det som er viktig da er å tenke gjennom hvilke kombinasjoner som er hensiktsmessig for det gjeldene området, og rekkefølgen, for å oppnå ønsket resultat (Ødegaard mfl., 2014).

2.6.3.1 Lukkede magasiner

Lukkede magasiner brukes hovedsakelig for å unngå overbelastning av ledningsnettene eller hindre bekke-, grøfte- og andre lokale oversvømmelser. Lukkede magasiner finnes enten som steinmagasiner, plaskassetter eller rørmagasiner (Ødegaard mfl., 2014).

Et steinmagasin er som regel fylt med singel, grus eller annet grovt steinmateriale. Dette er et alternativ når det ikke er mulig å lede overvannet ut til en god infiltrasjonsflate. Lukkede magasiner med plaskassetter har samme bruksområde, men har et mye høyere disponibelt porevolum. Ved steinmagasin ligger dette på ca 30%, mens ved bruk av plaskassetter kan dette volumet utvides til opp mot 95%. Ved rørmagasiner overdimensjoneres overvannsrøret, og utløpet strupes (Ødegaard mfl., 2014).

2.6.4 Regnhyetogram

I noen tilfeller er det nødvendig å produsere et regnhyetogram. Dette gjøres der utregninger med et konstant kasseregnet ikke er ideelt. Et hyetogram viser nedbørens forløp med en intensitetstopp. Normalt regnes disse ut som symmetriske, og man antar at regnet bygger seg opp og minker med samme verdier rundt denne intensitetstoppen. For at et hyetogram skal kunne konstrueres trengs det en relevant IVF-kurve, hvor varighet for regnet og tidssteg for inndelingen av hyetogrammet må bestemmes.

For å konstruere hyetogrammet hentes først ut intensitetene for de valgte steglengdene. Deretter brukes formelen vist under for å beregne de ulike intensitetene for hvert steg.

$$I_{10} = \frac{V_{10}}{\Delta t} \rightarrow I_{20} - I_{10} = \frac{V_{20} - V_{10}}{\Delta t} \dots \rightarrow I_X - I_Y = \frac{V_X - V_Y}{\Delta t}$$

Ved å plote inn disse verdiene om midtaksen til regntoppen med høyest intensitet vil man få et regnhyetogram (Ødegaard mfl., 2014).

3 MATERIALER OG METODE

3.1 Mebostad B15

Mebostad B15 ligger i Bjugn kommune i Trøndelag fylke. Per 01.01.2019 har Bjugn kommune 4904 innbyggere og en folkevekst på 0,8% (Sundet, 2019). Ifølge SSB er det forventet at innbyggertallet øker til 5643 innbyggere innen 2040 (SSB, 2019b).

Kommunens natur inneholder alt fra øyer og sund i nord til strandflater i sør og et innland preget av jord og skog, myr og noen koller der den høyeste strekker seg opp til 493 meter over havet (Stokkan, 2018).

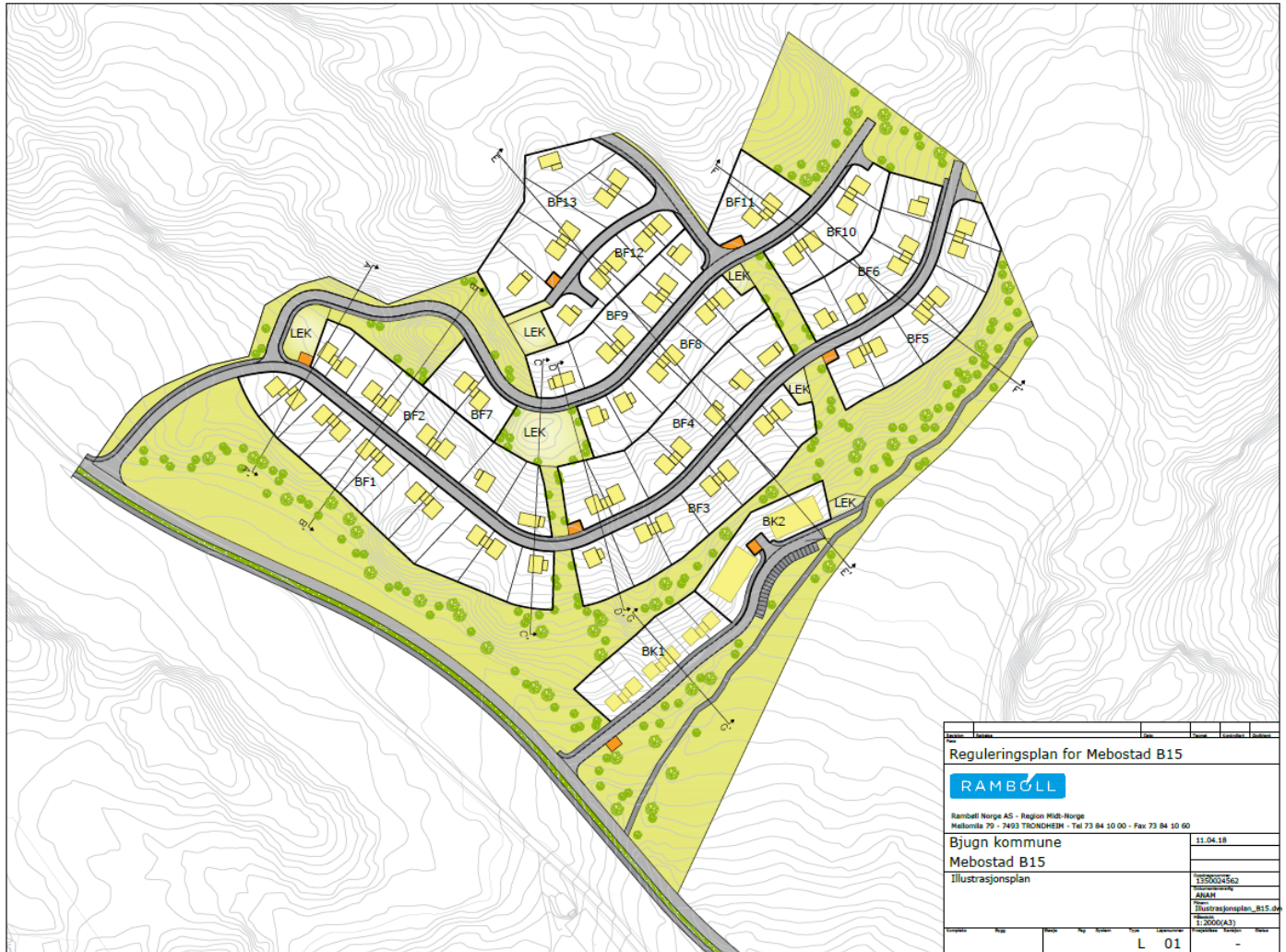


Figur 3-1 Kart over Bjugn kommune (Google, 2019)

Per 14.01.19 var prosjektområdet helt ubebygd og regulert for boligfelt bestående av eneboliger og tomannsboliger, hvor ingen industri var planlagt. Alle boliger må ha tilgang til vann, spillvann- og overvannsledninger samt brannvann når de er ferdigbygde. Feltet består av bratt fjellparti med lite løsmasser. Det er antatt 0,5 meter med løsmasser over fjell for hele området. Området er heller ikke utsatt for flom eller skred.

BACHELOROPPGAVE

Figur 3-2 er en illustrasjonsplan av hvordan boligfeltet kan bli. Tegningen viser den planlagte vegtraseen og de planlagte tomtene i feltet. Totalt er det planlagt 50 ene- og tomannsboliger, samt 2 større bygg som skal være en barnehage og et kontorbygg. Det er ikke eksisterende VA-anlegg i området.



Figur 3-2 Illustrasjonsplan Mebostad B15

3.2 Datainnsamling

Ved valg av ledningstrasé må kommunens VA-norm følges. For å komme frem til riktige dimensjoner var det nødvendig å finne et fornuftig forbruk og rasjonelle overvannsmengder. Vannforbruk, spillvannforbruk og overvannsmengder beregnes ut ifra innsamlet data.

3.2.1 Kartdata

For å kunne lage en nøyaktig modell og foreta gode simuleringer er det nødvendig med et dybdekart av området. Dybdekartet er hentet fra Infoland sin nettside og levert av Rambøll som SOSI-fil.

Det ble også levert et kart med oversikt over eksisterende VA-nett rundt området. Ledningskartet er hentet fra Bjugn kommune, som har eksportert det fra Gemini VA.

3.2.1.1 SOSI-vis

SOSI-vis er et gratis program laget av Kartverket. Programmet viser innholdet i SOSI-filer som kartbilder. Dette ble brukt for å finne høyder på ulike steder i terrenget.

3.2.2 Hydrologisk data

Dataen om nedbørintensitet er hentet ut som IVF-kurve fra norsk klimaservicesenter sin nettside. Da Bjugn kommune ikke har egen værstasjon blir det generert egne IVF-kurver for området basert på data fra omliggende stasjoner. Det skal nevnes at de advarer mot at deres estimerer er foreløpig upålitelige og ikke bør brukes. Da IVF-kurven for Bjugn kommune ikke varierer merkverdig fra den målt på Voll i Trondheim er det likevel valgt å bruke den for Bjugn kommune selv om den ikke anbefales.

3.2.3 VA-norm

Det stilles krav til løsninger og resultater ved gjennomføring av prosjektet Mebostad B15, hvor VA-normen til Bjugn kommune er sentral. Normen representerer forhåndsgodkjente løsninger på hvordan de kommunaltekniske anleggene skal være eller utføres. Den viser også videre til relevante standarder og forskrifter.

3.2.4 Reguleringsdata

Ved prosjektering av VA-anlegg var reguleringsdataen essensiell for å avgjøre hvor ledningsnettene skulle plasseres. Dette er data om fastsatt arealbruk, eiendomsforhold, plassering av bygninger, høyder, terrengsnitt og vegprofiler. Nødvendig reguleringsdata ble levert av Rambøll.

3.3 Dimensjonering

3.3.1 Vannledning

Dimensjonering av vannledning gjøres på bakgrunn av VA-normen og nødvendig kapasitet.

Vannforbruket varierer ut ifra ulike faktorer og kan være vanskelig å beregne uten noe historisk data.

Når man skal dimensjonere vannforbruket må man beregne vann til ordinært forbruk og brannslukking. I dette prosjektet er det brukt 200 liter per døgn per person til forbruk og 20 l/s til brannslukking.

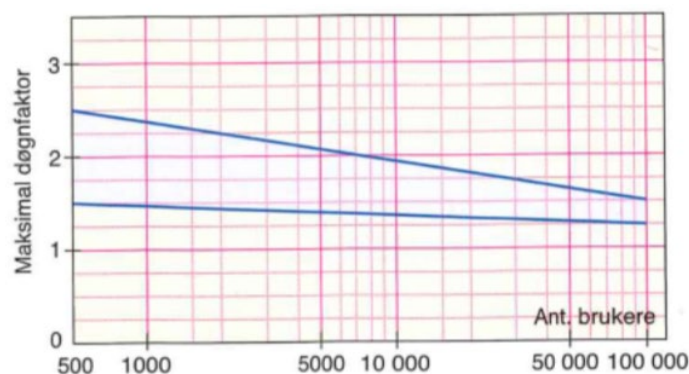
3.3.1.1 Antall abonnenter

For å kunne beregne gode estimater i vannforbruket var det nødvendig å kartlegge hvor mange personer det er i det aktuelle forsyningsområdet. Antallet abonnenter var avgjørende for beregningen av mengden vann som er nødvendig i området. Ifølge Johan Martin Tiller i Rambøll kan man beregne at det vanligvis er 3-4 pe per bolig.

3.3.1.2 Forbruksvariasjoner

I vannforsyningssystemet vil det være forbruksvariasjoner over tid. Dette kan være alt fra årlige variasjoner til variasjoner hver time. I løpet av et døgn vil variasjonene time for time være store, spesielt i de mest intense forbrukstidene som er før og etter arbeidstiden. Ved beregning av disse forbruksvariasjonene er følgende variasjonskoeffisienter brukt (Ødegaard mfl., 2014):

Maksimal døgnfaktor (f_{maks}) er det maksimale døgnforbruket i alle årets døgn dividert på forbruket i det midlere døgn. I figur 3-3 ser man at det ikke er oppgitt verdier dersom antall brukere er under 500. Det er derfor valgt å ta nærmeste verdi av dette som er fra 1,5-2,5.

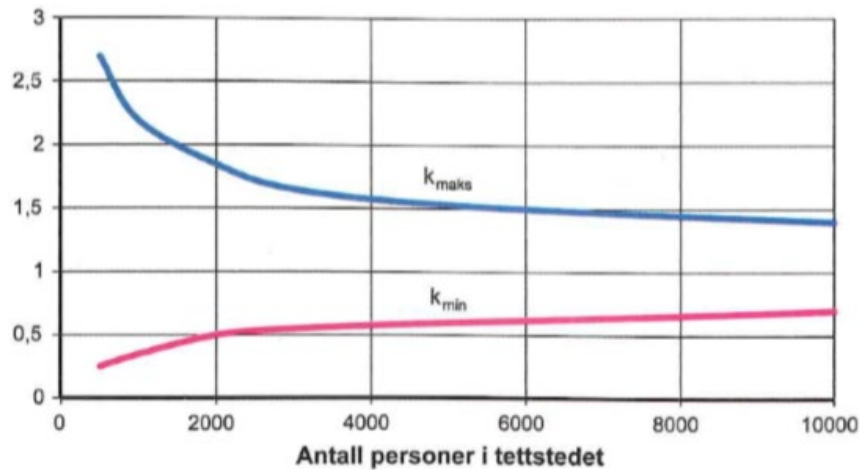


Figur 3-3 Maksimaldøgnfaktor (f_{maks}) som funksjon av antall tilknyttede personer (Ødegaard mfl., 2014)

BACHELOROPPGAVE

Minimal døgnfaktor (f_{\min}) er det minimale døgnforbruket i alle årets døgn dividert på forbruket i det midlere døgn. Etter diskusjon med Razak Seidu NTNU antas det at en typisk verdi for f_{\min} i dette tilfellet er 0,6.

Maksimal timefaktor (k_{\max}) er det maksimale timeforbruket i alle av døgnetts timer dividert på forbruket i den midlere time. Fra figur 3-4 kan man se at k_{\max} for prosjektområdet er tilnærmet 2,7.



Figur 3-4 Prinsippskisse for sammenheng mellom k_{\max} , k_{\min} og tettstedets størrelse (Ødegaard mfl., 2014)

Maksimal timefaktor (k_{\min}) er det minimale timeforbruket i alle av døgnetts timer dividert på forbruket i den midlere time. Fra figur 3-4 kan man se at k_{\min} for dette tettstedet er tilnærmet 0,2-0,3.

3.3.2 Spillvannsledning

Ved dimensjonering av spillvannsledninger må man kjenne til ledningens trasé, ledningens fall og spillvannsmengden som ledningen skal føre. For husholdninger regnes det et forbruk på 200 liter per person per døgn.

Dimensjonerende vannmengde for en spillvannsledning:

$$Q_{s \text{ dim}} = Q_{\text{midl}} \cdot f_{\text{maks}} \cdot k_{\text{maks}} + Q_{\text{infmaks}}$$

$Q_{s \text{ dim}}$: Dimensjonerende vannføring

Q_{midl} : Gjennomsnittlig vannføring over året basert på antall personekvivalenter (pe) med alt forbruk som går til avløp.

f_{maks} : Faktor for vannføring i døgnet ved maksimal vannføring

k_{maks} : Faktor for vannføring i timen ved maksimal vannføring

Q_{infmaks} : Vannlekkasjer inn på spillvannsnett

I denne oppgaven går man ut ifra at samme f_{maks} og k_{maks} blir brukt på spillvannsforbruket som på vannforbruket.

3.3.3 Overvannsledning

Grunnlaget for dimensjonering av overvannsledninger er kjennskap til overvannsmengdene i området. Ved beregning av overvannsmengdene i dette prosjektet er blant annet den rasjonelle metoden brukt ettersom arealet av område er såpass lite (Ødegaard mfl., 2014).

Som nevnt i teorien er formelen for den rasjonelle metoden: $Q = \varphi \cdot A \cdot I \cdot k_f$

- Q: Avrent vannføring for feltet i l/s
- φ : Forholdet mellom avrent nedbør på overflaten og nedbørsmengde
- A: Området innenfor vannskillene for feltet
- I: Nedbørintensiteten, l/s·ha
- K_f : Klimafaktor

Tiden en regndråpe bruker fra den faller ned ytterst i feltet til den når utløpet av feltet kalles konsentrasjonstiden. Denne ble brukt for å finne den maksimale overvannsavrenningen for feltet gjennom regnintensitetskurven.

Konsentrasjonstiden er gitt ved $t_k = t_t + t_s$ (Ødegaard mfl., 2014).

- t_k : Konsentrasjonstiden
- t_t : Tiden på overflaten frem til sluket
- t_s : Strømningstiden i rørsystemet

Strømningstiden i rørsystemet er $t_s = \frac{L}{v}$ der L er lengden av ledningen i meter og v er vannhastigheten i ledningen i m/s. Vannhastigheten må antas før videre beregninger gjøres. Vanligvis anbefales en hastighet på 1,5-2,0 m/s (Ødegaard mfl., 2014).

Tiden på overflaten anslås ved hjelp av et nomogram gitt i Bjugn kommunes VA-norm, se vedlegg 2.A. Denne bestemmes etter avstanden fra ytterste punkt til nærmeste sluk og er proporsjonal med strømningsavstanden. Den minker med regnintensiteten og terrengfallet, i tillegg til at den er avhengig av overflatens beskaffenhet (Ødegaard mfl., 2014).

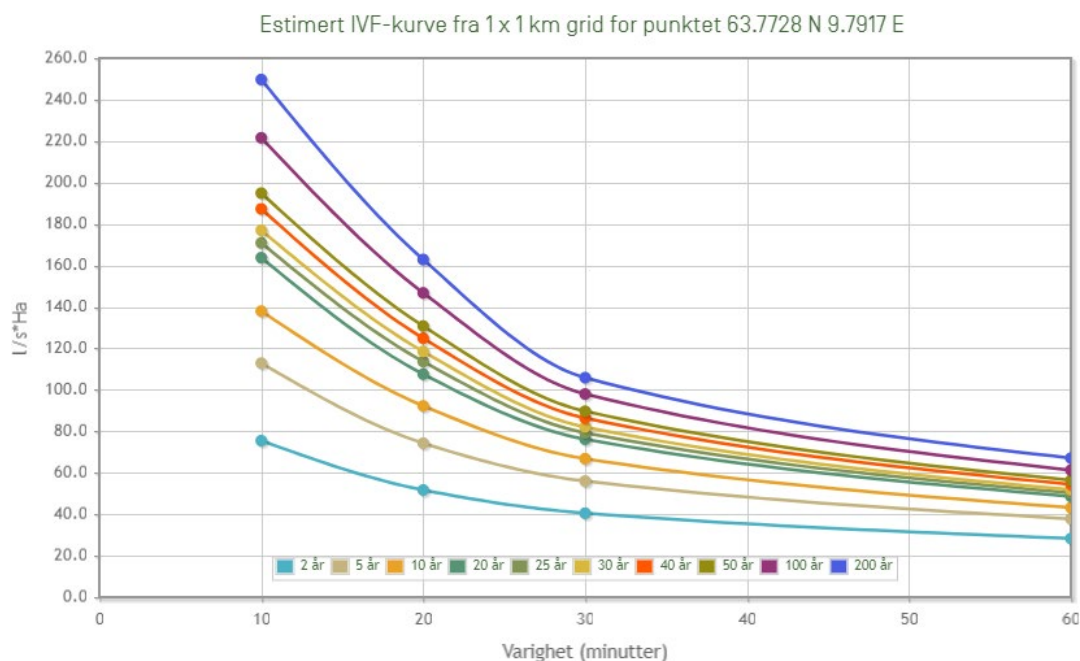
«Avrenningskoeffisienten (φ) angir forholdet mellom avrenningen fra et område og nedbøren over det samme området» (Ødegaard mfl., 2014). Koeffisienten vil variere fra område til område, med tanke på overflatens permeabilitet og beskaffenhet, fallforhold, nedbørintensitet og nedbørsvarighet (Ødegaard mfl., 2014).

Verdier for avrenningskoeffisientene som brukes er gitt i VA-normen og vises i figur 3-5.

Tette flater (tak, asfalterte plasser/veger o.l.)	0,85 - 0,95
Bykjerne	0,70 - 0,90
Rekkehus-/leilighetsområde	0,60 - 0,80
Eneboligområde	0,50 - 0,70
Grusveger/-plasser	0,50 - 0,80
Industriområde	0,50 - 0,90
Plen, park, eng, skog, dyrket mark	0,30 - 0,50
Fjellområde uten lyng og skog	0,50 - 0,80
Fjellområde med lyng og skog, steinete og sandholdig grunn	0,30 - 0,50

Figur 3-5 Verdier for noen avrenningskoeffisienter gitt i VA-normen

For info om nedbørstastikker for område ble det brukt IVF-kurve hentet fra norsk klimaservicesenter sine nettsider, og viser sammenhengen mellom intensiteten, varigheten og frekvensen for nedbøren i området. Merk at de advarer mot at deres estimater for prosjektområdet foreløpig er upålitelige og ikke bør brukes (Norsk Klimaservicesenter, 2019).



Figur 3-6 IVF-kurve for boligfeltet hentet fra Norsk Klimaservicesenter

BACHELOROPPGAVE

For å finne intensiteten gjennom IVF-kurven må et gjentakintervall velges. Det skal ifølge Bjugn kommunes VA-norm være et intervall på 10 år. Se figur 3-7.

Dimensjonerende regnskylhyppighet (1 i løpet av "n" år)*	Plassering	Dimensjonerende oversvømmelseshyppighet ** (1 i løpet av "n" år)
1 i løpet av 5	Områder med lavt skadepotensiale (utkantområder, landbrukskommuner)	1 i løpet av 10
1 i løpet av 10	Boligområder	1 i løpet av 20
1 i løpet av 20	Bysenter /industriområder/forretningsstrøk	1 i løpet av 30
1 i løpet av 30	Unganger/ områder med meget høyt skadepotensial	1 i løpet av 50

Figur 3-7 Valg av dimensjonerende regnskylhyppighet gitt i VA-normen

Når overvannsmengdene beregnes er det viktig å ta høyde for fremtidige klimaendringer. En klimafaktor (k_f) ble derfor implementert i den rasjonelle formelen. Denne er gitt i VA-normen, og for Bjugn kommune er denne satt til 1,3 (Bjugn kommune, 2016).

Nedbørssonen for boligfeltet er på 0,29 km². Dette er innenfor den rasjonelle metodens anbefalte parametere på 20-50 hektar. Kart over nedbørssonen og bekken det renner ut til er gitt av Rambøll og er generert fra programmet Scalgo med grunnlag i Norgeskart av kartverket. Den genererte nedbørssonen er vist i figur 3-8.



Figur 3-8 Kart over nedbørssonen generert i Scalgo

Det er i midlertidig ikke reelt å regne med hele arealet på 29 hektar. På grunn av høydekurver i terrenget er det kun ca. 11 hektar av nedbørssonen som vil påvirke overvannsystemet til boligfeltet. Dette arealet er videre delt opp i flere delområder for å få mer nøyaktige beregninger.

BACHELOROPPGAVE

Etter at avrenningskoeffisienten (φ) ble funnet, intensiteten (I) beregnet og arealet (A) bestemt kunne vannmengdene beregnes ved bruk av den rasjonelle formelen. Ved hjelp av denne verdien i l/s ble en ledningsdiameter bestemt ved å gå inn i Colebrooks diagram. For dette prosjektet brukes Colebrooks diagram med ruhet (k) = 0,2mm. Denne k -verdien er valgt etter samtale med Razak Seidu NTNU.

Diagrammet er vist i vedlegg 2.B.

Etter en diameter er valgt regnes den maksimale vannføringen Q_f ut. Dette gjøres ved bruk av en omgjort Darcy-Weisbachs ligning:

$$Q_f = \pi \cdot r \cdot 2 \cdot \sqrt{\frac{hf \cdot D \cdot 2g}{f \cdot L}}$$

Friksjonskoeffisienten f for rør varierer ut fra materialvalg, men det anbefales ifølge (Ødegaard mfl., 2014) å alltid bruke en minimumsverdi på $k = 0,5$ mm selv om nye plastrør ofte har en mye lavere verdi. Denne ble først gjort om til relativ ruhet ved formelen $\frac{k}{D}$ der D er den aktuelle rørdiameteren. Deretter brukes Moodys diagram for å finne friksjonskoeffisienten f for denne verdien. Moodys diagram er vist i vedlegg 2.C.

Til slutt benyttes det et delfyllingsdiagram for å finne vannhastigheten som sammenlignes med den tidligere antatte hastigheten. Dersom det var for stort gap mellom disse ble beregningene gjort på nytt, med en ny antatt vannhastighet (Ødegaard mfl., 2014). Delfyllingsdiagrammet som er brukt er vist i vedlegg 2.D.

3.4 Prosjektering av VA-anlegg

I starten av prosjekteringsfasen er det essensielt med gode reguleringsdata for å lage et godt traseforslag. Ut ifra tilgjengelig informasjon er det valgt hvor påkoblingspunktet til ledningsnettets skal være. Vegprofiler, høyder, terrengsnitt og plassering av boliger er grunnlaget for hvordan ledningsnettets utformes. Plasseringen til de prosjekterte boligene gir første pekepinn på hvordan ledningsnettets vil bli.

Snitt-tegningene av området viser hvordan boligene vil ligge i terrenget i forhold til vegen. Feltet består både av boliger med og uten sokkel. Alle boligene som har sokkel ligger på nedsiden av vegen. I tabell 3-1 er de ulike boligenes høyder i forhold til veg oppgitt. Dette er viktig informasjon når man videre utformer ledningsnettets med hensyn til selvfal.

Tabell 3-1 Tall hentet fra snitt-tegninger av området

Type bolig	Høyde i forhold til veg (meter)
Bolig på oppsiden av veg	+0,5
Bolig på nedsiden av veg	- 0,5
Bolig med sokkel	- 3

Som regel ønsker man at ledningstraseen skal følge vegene i området. I et kupert terreng er det utfordrende å få lagt hovedtraseen langs vegen siden det vil være dyrt og tidkrevende å sprengte dypt for å få selvfal. Det kan også være kostbart å sprengte dypt nok for å få fall i stikkledningene fra boligene. Traseeforslagene er derfor lagt langs vegen så langt dette var mulig.

Vannledningen krever ikke selvfal slik som spill- og overvannsledningen. Derfor kan denne legges på strekninger som ikke er teknisk mulig for de andre ledningene. Vanligvis ønsker man å bygge opp vannledningsnettets med ringsystem. På grunn av dette vil vannledningsnettets ofte ha noen ekstra traseer som spill- og overvannsnnettets ikke har. Ringsystem ble implementert der dette var hensiktsmessig.

Videre er kummene plassert på ledningsnettets etter VA-normen og empirisk data.

3.5 Modelling og simulering av VA-anlegg

Modelleringsprogrammer kan bli brukt til å kjøre simuleringer på større felt der manuelle beregninger blir for store og komplekse. Det er flere faktorer som er med å avgjøre hvor god modelleringen blir. Det er derfor viktig med god kompetanse i fagfeltet og kjennskap til modelleringsprogrammene. I EPANET kan man blant annet analysere trykkforholdene og vannføringen på ledningsnett. EPAs Stormwater Management Model (SWMM) og MIKE URBAN kan brukes til å analysere, designe og planlegge håndteringen av spill- og overvann.

3.5.1 EPANET

EPANET er utviklet av den amerikanske miljøvernsetaten Environmental Protection Agency (EPA) og er et åpent modelleringsprogram for drikkevannssystemer. Programvaren brukes til å utføre tidssimuleringer på trykkledningsnett for å teste hydrauliske egenskaper og vannkvaliteten i nettverket. For å regne ut friksjonstapet kan man benytte Darcy-Weisbach, Hazen-Williams eller Mannings formel. I denne oppgaven brukes Darcy-Weisbachs formel. Simuleringen gir svar på hvordan trykkforholdene i ledningsnett er og om valgt diameter takler vannmengdene (Ødegaard mfl., 2014).

3.5.1.1 Oppbygning

I modellen legger man inn et bakgrunnskart, også kalt backdrop. Bakgrunnskartet er laget av en DWG-fil levert av Rambøll og xy-koordinater er lagt inn i modellen. Videre er selve ledningstraseen tegnet og verdier for de ulike elementene på nettet ført inn.

Vannforbruket som legges inn i hver node er beregnet på forhånd i Excel og varierer etter hvor mange hus som er påkoblet ledningen til en node. Formelen som blir brukt for å finne vannforbruket er:

$$Q = \frac{Pe \cdot Q_h}{24 \cdot 60^2}$$

Det var ikke nødvendig å ta med k_{maks} i beregningene til vannforbruket ettersom et forbruksmønster var lagt inn. Det var heller ikke nødvendig å ta med f_{maks} i beregningene siden denne er lagt til i programmet. Videre er rørruheten satt til 0,1mm på alle ledninger.

Når all nødvendig data var lagt inn ble det kjørt flere simuleringer av modellen. Etter endt simulering kan resultatene fra objektene som er av interesse hentes ut.

3.5.2 SWMM

EPA står også bak utviklingen av modelleringsprogrammet SWMM. Programmet er et hydrologisk og hydraulisk analyseverktøy som kan brukes til å lage modeller av spill- og overvannssystemer. I likhet med EPANET kan man legge inn koordinatfestede bakgrunnskart, samt velge at programmet skal bruke Darcy-Weisbachs formel som hovedligning.

3.5.2.1 Oppbygning

SWMM-modellen som brukes i oppgaven er importert fra EPANET-modellen. Modellen inneholder et bakgrunnskart med koordinater i xy-planet og de samme nodene som i EPANET-modellen.

Manglende noder er tegnet inn i modellen og ledninger lagt inn. Etter at selve tegningen var ferdig ble spillvannsmengder i hver node ført inn.

Videre er rørruheten satt til 0,5mm der hastigheten i ledningen var over 0,8 m/s og til 1,0mm der hastigheten var under. Rørruheten regnes om til Mannings ruhet som brukes i SWMM.

Til slutt kjører man en simulering av systemet. Ved en vellykket simulering kan man hente ut resultater fra rapport-funksjonen i programmet.

3.5.3 MIKE URBAN

MIKE URBAN er et GIS-basert modelleringsprogram utviklet av DHI GROUP. Det er et analyseverktøy for simulering av ulike typer ledningsnett. Dette inkluderer vanddistribusjon, spillvann og overvann, som enten kan modelleres separat eller i kombinerte systemer. I denne oppgaven brukes det kun for simulering av overvannsnettet. MIKE URBAN bruker blant annet EPANET og SWMM sine kjerneprogramvarer for beregninger.

3.5.3.1 Oppbygning

I modellen er Hortons ligning brukt som infiltrasjonsmetode. Denne kobler maksimal og minimal infiltrasjonsevne for et jordsmonn med en økende metningsgrad. I starten av et regn kan jordsmonnet infiltrere maksimalt av dens infiltrasjonsevne før den avtar med tiden i henhold til Hortons ligning. Ved langvarige regnskyll vil metningsgraden bli nådd og kun minimal infiltrasjonsgrad vil være tilgjengelig (Eikerol, 2013).

Ligningen er som følger:

$$f(t) = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt}$$

$f(t)$: Infiltrasjon som funksjon av tid

f_c : Minimum infiltrasjon ved mettet jord (mm/time)

f_0 : Maksimal infiltrasjonsevne ved umettet jord (mm/time)

k : konstant for avtagende infiltrasjonsevne

Ettersom overvannsledningene og overvannskummene ligger i samme trasé som ledningsnettet for spillvann kan man importere noder og ledninger fra SWMM.

I modellen er det lagt inn et regnskyll (Rain Gauge) basert på IVF-kurven for området, med returperiode på 10år og 1 times varighet. I stedet for å beregne med kasseregner som ved den rasjonelle metoden er det her gjort om til et symmetrisk hyetogram. Dette er gjort ved å bruke formelen:

$$I_{10} = \frac{V_{10}}{\Delta t} \rightarrow I_{20} - I_{10} = \frac{V_{20} - V_{10}}{\Delta t} \dots \rightarrow I_{60} - I_{50} = \frac{V_{60} - V_{50}}{\Delta t}$$

BACHELOROPPGAVE

For at simuleringen skal bli nøyaktig er området delt opp i såkalte subcatchments. Dette er delområder som representerer et areal som samler opp regn. Alle delområdene er enten koblet til en node eller til et nytt delområde som nedbøren renner til (outlet).

Et delområde er definert av følgende egenskaper:

Width er regnet ut ved å dele arealet av delområdet på lengden.

$$Width = \frac{Area}{Avg. flow path length}$$

Slope er fallet i delområdet oppgitt i prosent (%).

$$Slope = \frac{\Delta H}{Avg. flow path length} \cdot 100\%$$

Imperviousness er andelen (%) av delområdet som er dekket av ugjennomtrengelig overflate som regnet ikke kan infiltrere. Verdiene er hentet fra VA-normen og basert på eneboligområde med omliggende fjellområder med lyng og skog, steinete og sandholdig grunn (Bjugn kommune, 2016).

For «pervious Manning» er det valgt å bruke verdier for skogområde med noe vegetasjon. Etter diskusjon med Andreas Longva NTNU er «Impervious Manning» basert på betong med glatt overflate. Verdiene som er brukt er hentet fra brukermanualen for SWMM (Rossman, 2015).

«Depression storage» er volumet som må fylles opp før avrenning kan forekomme. Det er valgt verdier fra brukermanualen i SWMM for de gjennomtrengelige og ugjennomtrengelige delområdene. De gjennomtrengelige er basert på skogsområde (Rossman, 2015).

«Percent of impervious area without depression storage» forteller om den umiddelbare avrenningen som oppstår ved begynnelsen av et regnskyll før «depression storage» er fylt opp. Denne er omfattende å regne ut og settes normalt til 25% (Rossman, 2015).

Videre er minimal og maksimal infiltrasjon i de forskjellige delområdene bestemt etter Hortons infiltrasjonsparametere gitt i manualen. For maksimal infiltrasjon er det brukt «Loam soils» både for områdene med og uten vegetasjon. Den minimale infiltrasjonen er valgt etter verdien for «loam» i samme manual (Rossman, 2015).

BACHELOROPPGAVE

I manualen står det at typisk verdi for «decay rate» er mellom 2-7 timer. Ettersom vi ikke har nok informasjon om grunnforholdene til å bestemme en nøyaktig verdi er denne satt til 4 timer.

«DWF regeneration» er tiden det tar for et fullt mettet jordsmonn å tørke fullstendig. Typiske verdier varierer fra 2-14 dager, men da det kun simuleres for et døgn i prosjektet har ikke denne en innvirkning på resultatet. Verdien er derfor satt til 7 dager.

Før simulering har alle ledninger en diameter på 377mm. Når all input er på plass kan en simulering kjøres. Det åpnes da en tekst-fil som viser en statusrapport av simuleringen. Diameteren justeres etter flere simuleringer basert på hvordan delfyllingen i ledningene ser ut. Denne prosedyren gjentas, frem til de mest optimale dimensjonene er bestemt.

3.6 Digital detaljprosjektering

I prosjekteringen av et VA- anlegg legger man grunnlaget for utførelsen av byggverket. Gode plan- og profiltegninger, kumtegninger og 3D-modeller av et anlegg bidrar til å heve kvaliteten på utførelsen av arbeidet. I dette prosjektet er AutoCAD og Novapoint brukt for detaljprosjektering.

Beregningsgrunnlag og kartgrunnlag er importert i modellen og skaper basisen for en realistisk 3D-modell. Novapoint VA er en tilleggsmodul i konstruksjonsprogramvaren AutoCAD og består av to deler med en konfigurasjonsdel og en konstruksjonsdel. I konfigurasjonen er grøftetverrsnittene som skal brukes i konstruksjonsdelen definert. Konstruksjonsdelen er brukt til å konstruere og redigere trasene.

I produktbiblioteket til Novapoint finnes en oversikt over av leverandørers VA-produkter i 3D. Disse er brukt til å utforme kumtegninger.

4 RESULTATER OG DRØFTING

Når man prosjekterer et VA-anlegg for et nytt boligfelt er det viktig å kartlegge hvor det er tilstrekkelig fall til spill- og overvannsledningen. Man må også undersøke om det er tilstrekkelig vannføring og trykk i vannledningen til å dekke ulike situasjoner som kan oppstå. Ved prosjektering av et område med kupert terreng kan dette bli komplisert. Det er av den grunn jobbet frem tre forskjellige traseforslag som er drøftet opp mot hverandre.

Skisser laget i AutoCAD som viser de forskjellige traseforslagene er lagt ved i deres respektive underkapitler. De ulike skissene har en farge- og symbolforklaring, som forteller hva som er hva. Det som ikke vises her er hvor overvannsledningene vil ligge, da dette vil bli trangt og uoversiktlig.

Overvannsledningene vil i hovedsak ligge ved spillvannsledningene.

Oppgaven tar utgangspunkt i at ledningsnettets skal kobles på det kommunale ledningsnettets som vil komme fra sør langs hovedvegen.

4.1 Traseforslag

4.1.1 Traseforslag 1

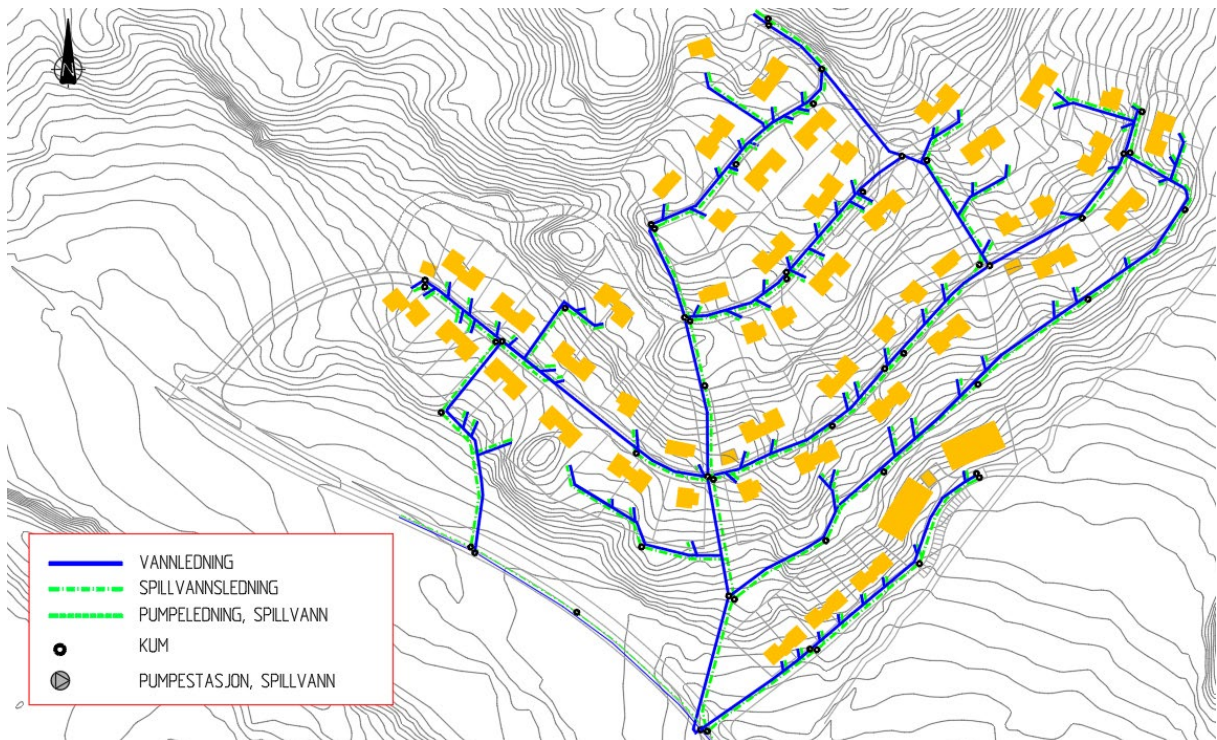
Dette forslaget er utarbeidet med fokus på kvalitet for abonnenter og at det er godt tilrettelagt for driftspersonell. Det blir tatt spesielt hensyn til vannkvalitet, forsyningsikkerhet og driftssikkerhet.

Som man kan se på neste side i figur 4-1 er det implementert ringsystem på hovedvannledningen der det er mulighet for det. Når traseene knyttes sammen ved ringledninger skaper man et ledningsnett som sørger for stabilitet, sirkulasjon og leveringssikkerhet.

Ringsystemet vil dog være en ekstra anleggelseskostnad.

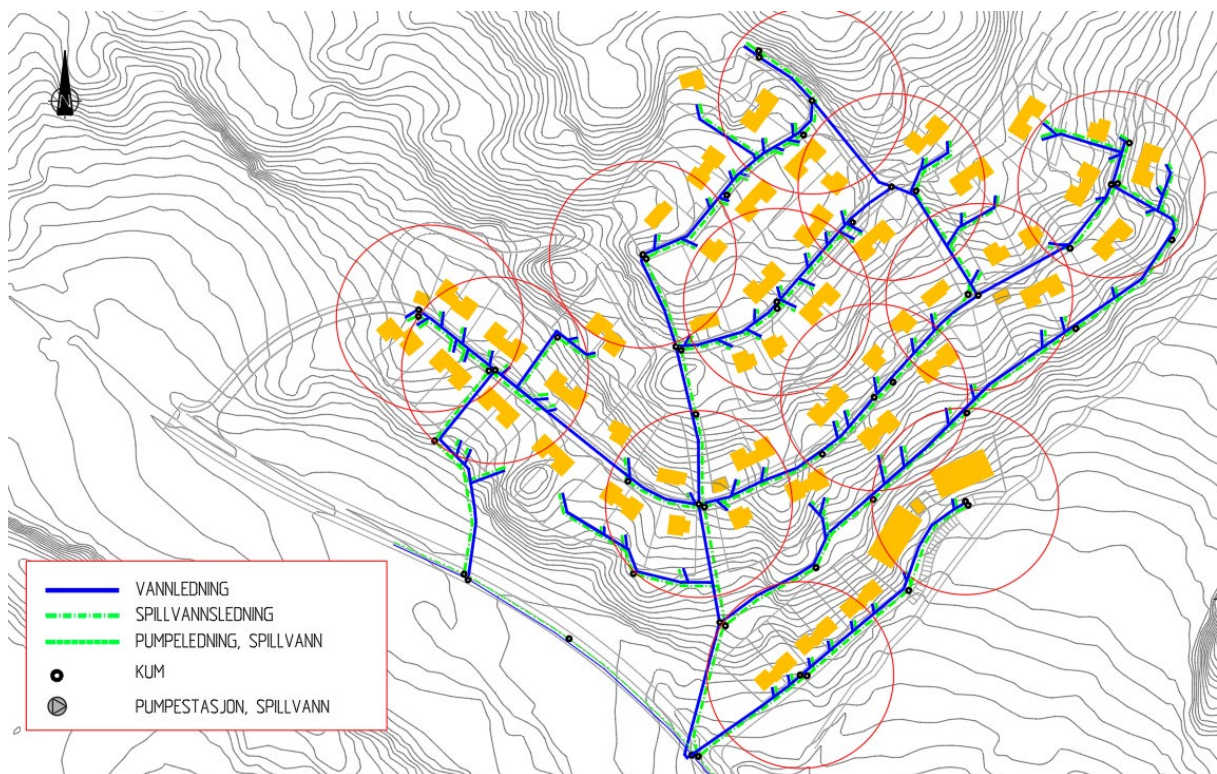
For enklere tilgang for driftspersonell og besparelser ved anleggelse ligger store deler av VA-anlegget ved vegen. Det er likevel noen strekninger der dette ikke er hensiktsmessig. Sokkelleilighetene som ligger sør for vegtraseen vil kreve sprengning av dype grøfter for å få godt nok fall på stikkledningen. Dette er teknisk lite gunstig, og vil føre til store kostnader. Ledningen må derfor legges sør for boligene i disse tilfellene.

I toppen av boligfeltet ligger det ekstra ledning som tilrettelegger for fremtidig utbygging av området.



Figur 4-1 Traseforslag 1

Figur 4-2 viser plasseringen av brannkummer og dekningsen til disse i det første forslaget. Det er gått ut ifra at en brannkum vil ha en dekningsradius på 50m.

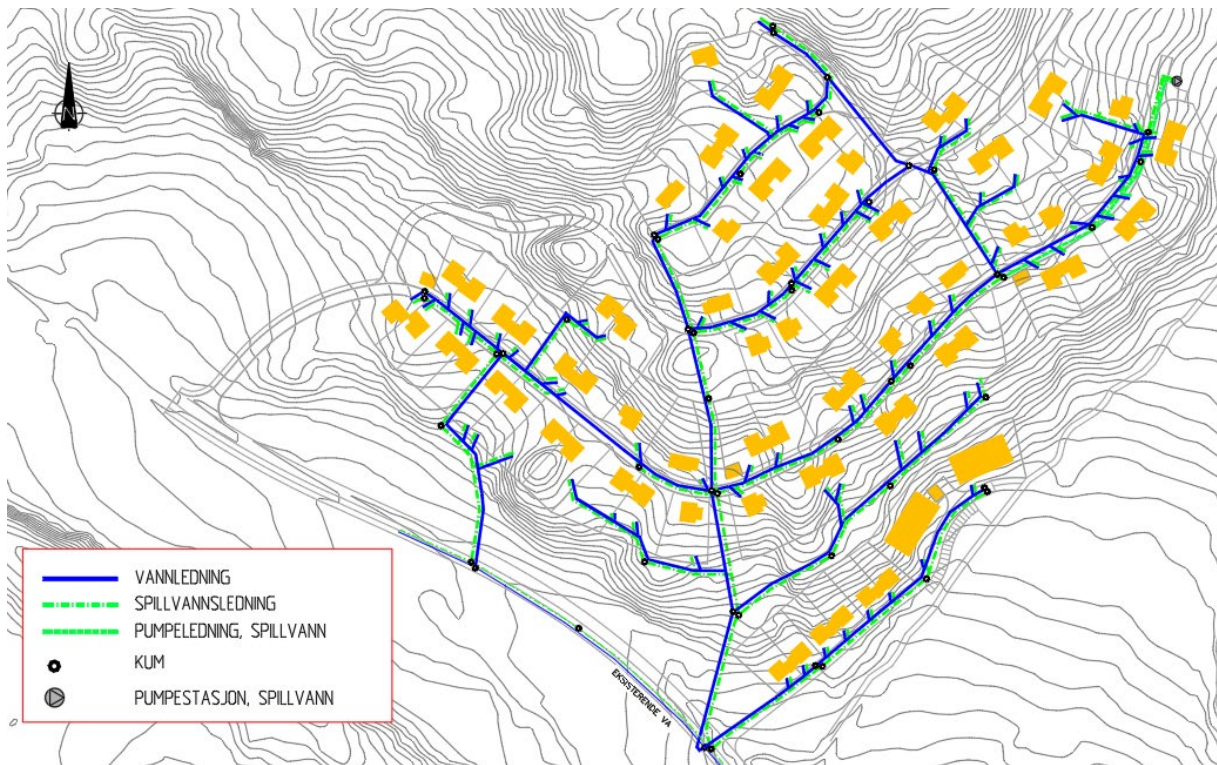


Figur 4-2 Brannvannsdekning traseforslag 1

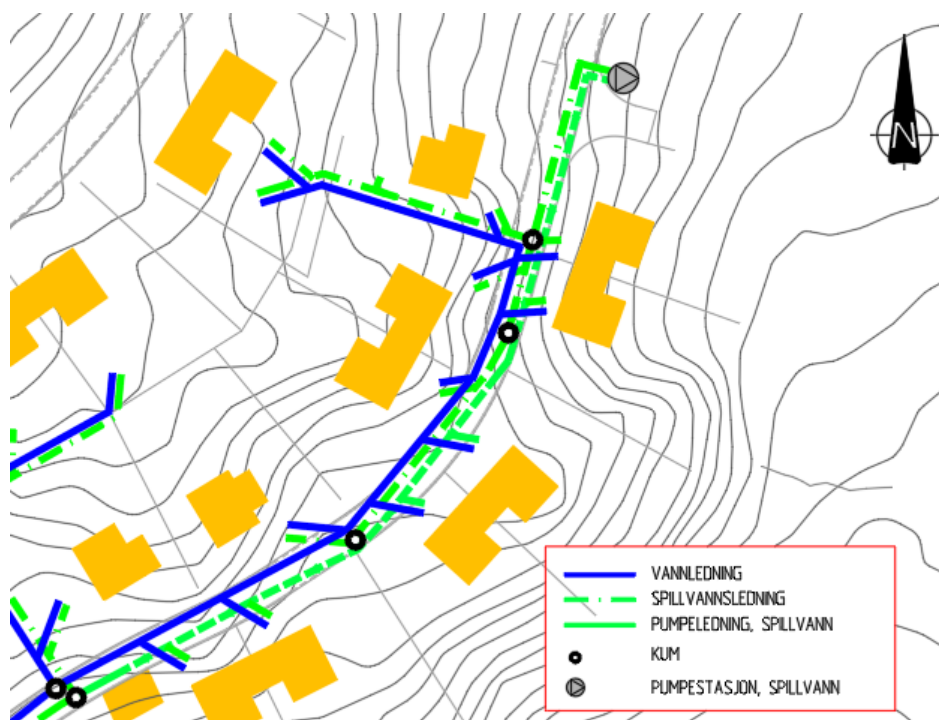
BACHELOROPPGAVE

4.1.2 Traseforslag 1 med pumpeløsning

I dette traseforslaget ønskes det å implementere en ukonvensjonell løsning som ofte blir oversett i VA-bransjen. Som man kan se i figur 4-3 er traseforslaget svært likt traseforslag 1. Den eneste forskjellen ligger øst i feltet. Plasseringen av brannkummer er uendret. I figur 4-4 får man et bedre overblikk over hvordan denne løsningen ser ut.



Figur 4-3 Traseforslag 1 med pumpeløsning



Figur 4-4 Trykkavløpssystem i traseforslag 1 med pumpeløsning

BACHELOROPPGAVE

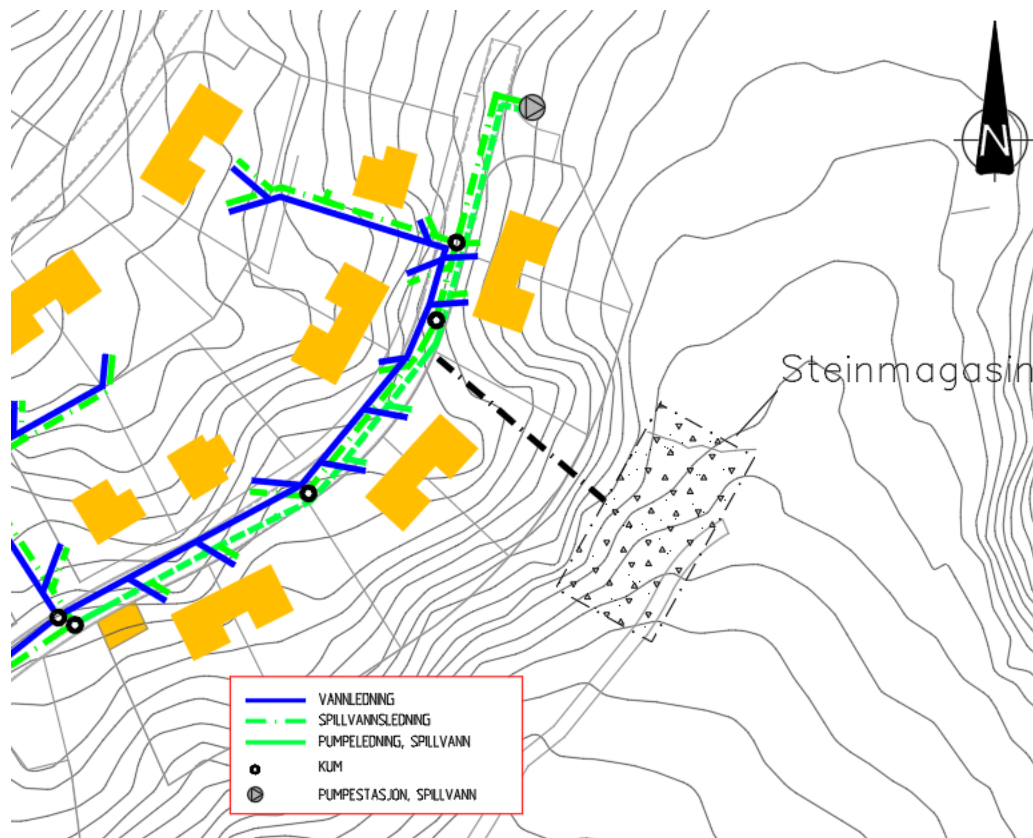
Forslaget viser et trykkavløpssystem som legges i vegtraseen. Dette gjør at man vil spare kostnader ved anleggelse. Avløpssystemet har selvfallssystem for boligene på nordsiden av veien ned til pumpehuset. Derfra blir det pumpet opp langs vegtraseen med påkoblinger fra boligene sør for veien. Det er også mulig å koble samtlige stikkledninger til selvfallsledningen.

Når avløpsvannet har blitt pumpet opp til kummen nederst i figur 4-4 vil det bli en overgang fra trykkavløp til selvfallssystem. Dette vil spare rundt 150 meter med trasé ettersom man får pumpet avløpsvannet over den lille kollen som sørger for motfall. Trykkavløpssystemet kan også legges grunt, noe som gir store besparelser der det er dyrt å sprengne og grave.

En utfordring ved dette forslaget er at en annen løsning for overvannet må utarbeides. Det er dyrt å pumpe overvann og bør som oftest unngås. Løsninger for lokal overvannshåndtering må derfor implementeres der trykkavløpstraseen går. I tillegg til at LOD naturlig infiltrerer/leder vannet sørger det også for god rensing.

Et LOD-prinsipp som kan tas i bruk er å lage et steinmagasin av overskuddsmassen.

Overvannsledningene vil føre vannet ut av området mot jordet i sør. Her magasineres vannet før det infiltreres i grunnen. Dette for å unngå oversvømmelse av jordet. Figur 4-5 viser hvordan løsningen kan se ut.

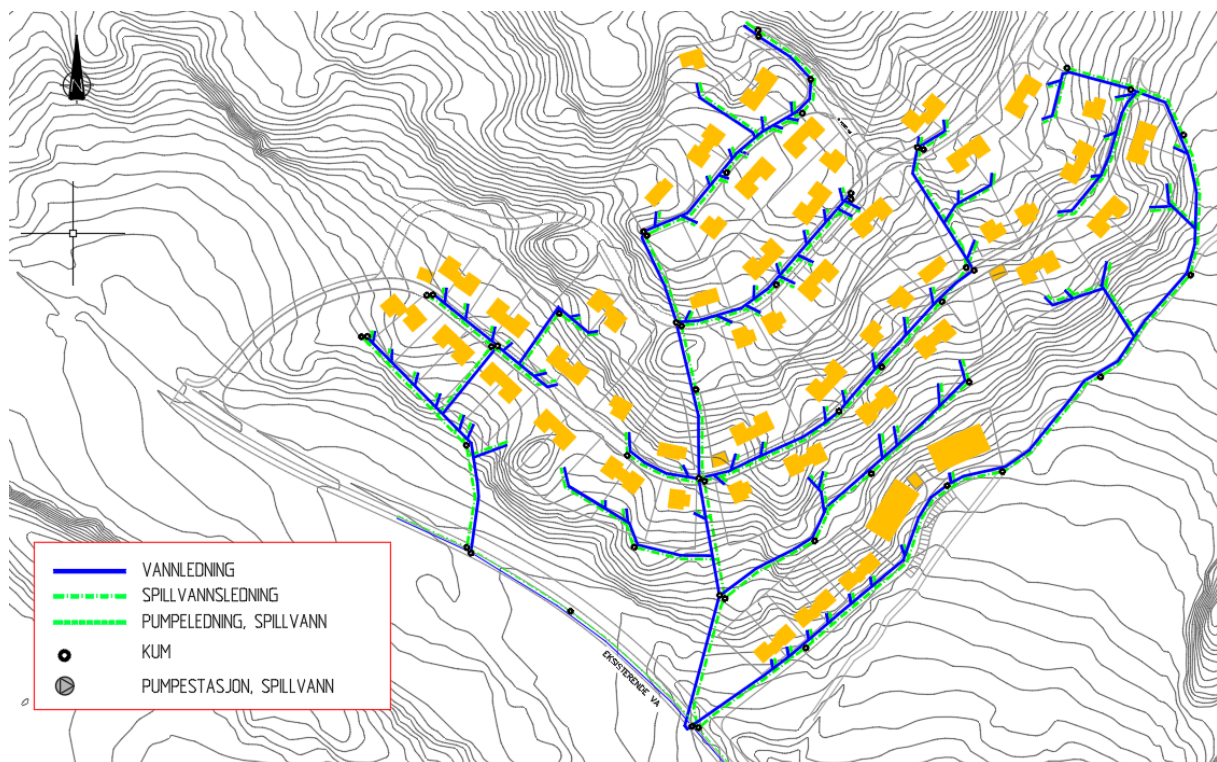


Figur 4-5 Steinmagasin i traseforslag 1 med pumpe-løsning

BACHELOROPPGAVE

4.1.3 Traseforslag 2

I Figur 4-6 ser man det siste forslaget til ledningstrasé. Her ligger store deler av traseen på nedsiden av boligene for å få optimalt fall i stikkledningene ned til hovedledningen. Hovedforskjellen ligger øst i feltet der det strekker seg en lang trasé langs en tursti før den skjærer opp skråningen til boligene. Om dette lønner seg er derimot ikke sikkert. Stien stammer fra forprosjektet, og det er ikke sikkert den vil bli opparbeidet i det hele tatt. Dersom dette blir tilfellet vil de ekstra meterne med trasé være unødvendige kostnader.



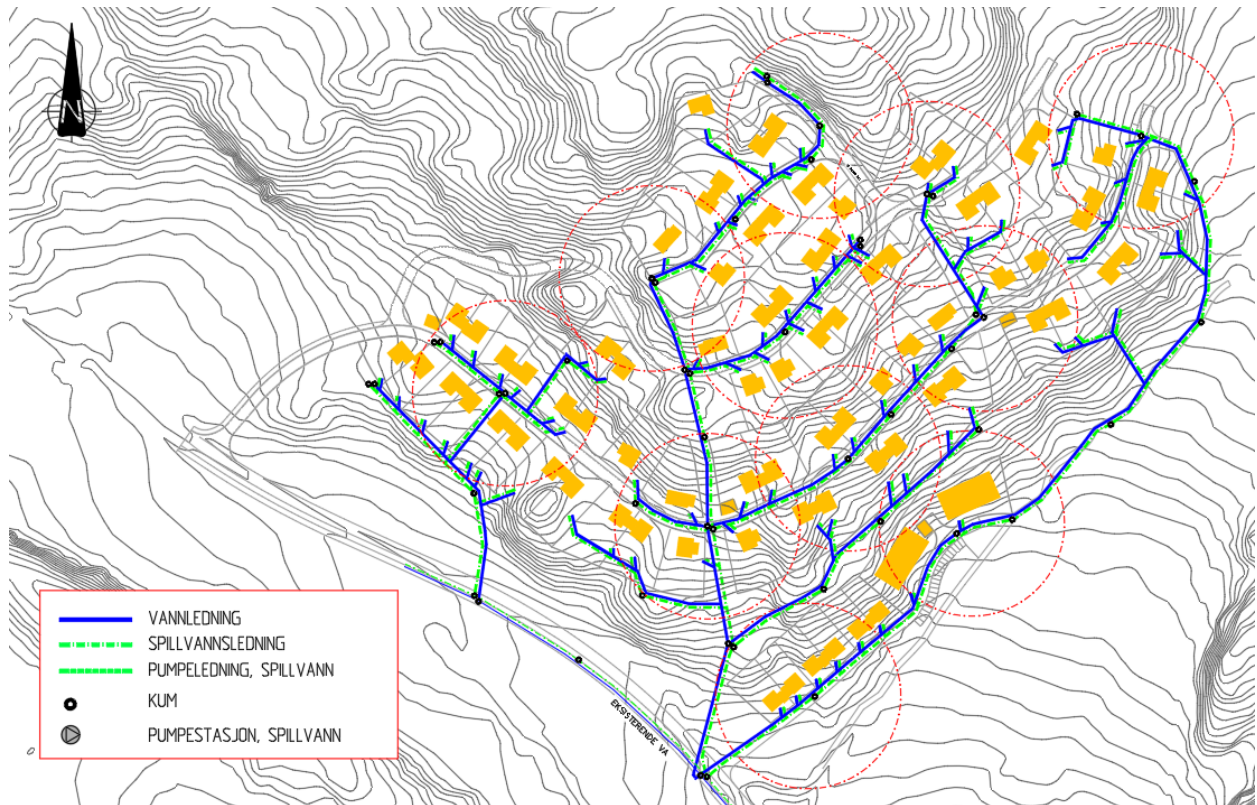
Figur 4-6 Traseforslag 2

En annen ting som skiller dette forslaget fra de øvrige er at det er færre ledningstraseer som går mellom eiendommene helt øst i feltet. Dette vil gjøre det lettere for driftspersonell ved vedlikehold og utskiftninger i senere tid, og man unngår eventuelle konflikter med grunneiere. Det vil derimot gi noen ekstra meter med rør og grøft.

BACHELOROPPGAVE

Traseforslaget har heller ikke de ringsystemene som er implementert i de øvrige forslagene. Dette kan føre til noe mer oppholdstid for forsyningsvannet og kompliserer vedlikehold og brudd på ledningene. På den andre siden vil det spares en del meter med ledningstrasé og rørmateriale der ringene er et tema.

Figur 4-7 viser plasseringen av brannkummer og dekning til disse i forslaget. Det er også her gått ut ifra at en brannkum vil ha en dekningsradius på 50m.



Figur 4-7 Brannvannsdekning traseforslag 2

BACHELOROPPGAVE

4.1.4 Valg av trasé

Det er valgt å gå videre med traseforslag 1. Grunnlaget for valget er basert på fordeler og ulemper i tabell 4-1.

Tabell 4-1 Fordeler og ulemper i de ulike forslagene

	Fordel	Ulempe
Trasé 1	<ul style="list-style-type: none"> - Ringsystem - Selvfall i hele nettet - Store deler av ledningsnettet ligger i vegtraseen - Større tilgjengelighet for driftspersonell - Færre meter trasé totalt enn traseforslag 2 - Drift og vedlikehold - God levetid 	<ul style="list-style-type: none"> - Krever dypere grøfter for å oppnå fall - Deler av traseen utenfor veg - Høy anleggelseskostnad
Trasé 1 med trykkavløp	<ul style="list-style-type: none"> - Færre meter trasé totalt enn i øvrige forslag - Ringsystem - Innovativ løsning - Mindre kostnad ved anleggelse - Mindre inngrep i natur 	<ul style="list-style-type: none"> - Ukonvensjonelt - Drift og vedlikehold - Middels levetid - Krever egen overvannsløsning
Trasé 2	<ul style="list-style-type: none"> - Selvfall i hele nettet - Drift og vedlikehold - God levetid - Mindre trasé lagt på eiendommer 	<ul style="list-style-type: none"> - Færre ringsystem - Mer trasé totalt - Høy anleggelseskostnad

4.2 Dimensjoner på ledningsnett

Ved beregning av dimensjonene på ledningsnett for traseforslag 1 er det flere faktorer som må kartlegges. Det er innhentet data om planlagt bebyggelse for å finne forbruket på anlegget i området. Dimensjoneringen skal føre til et bærekraftig ledningsnett med forventet levetid på 100 år.

Ledningsnettets dimensjoner skal følge rammene gitt av den lokale VA-normen.

4.2.1 Vannledning

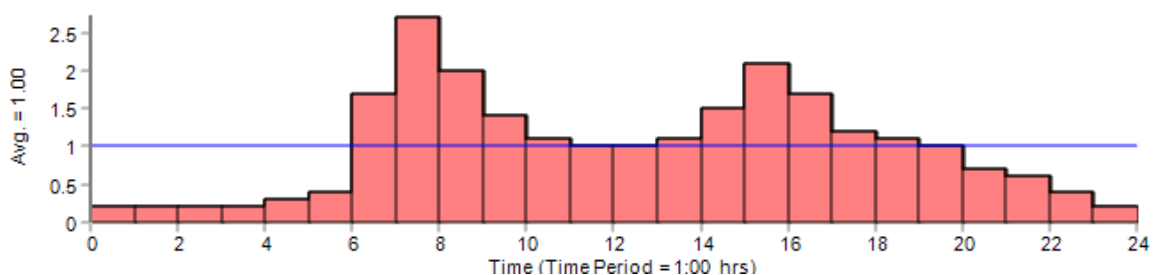
Ved prosjektering av vannledningene må ledningsmateriale og dimensjon velges. For å bestemme dimensjon beregnes forbrukskurve og vannforbruk. I denne oppgaven er det kravet til uttak av brannvann som har vært avgjørende ved valg av dimensjoner.

4.2.1.1 Forbrukskurve EPANET

Forbruket vil variere gjennom døgnet og dette kan EPANET beregne hvis man legger inn en forbrukskurve. Figur 4-8 og 4-9 viser forbrukskurven som blir brukt i modellen, der $k_{maks}=2,7$ og $k_{min}=0,2$. Det er tatt utgangspunkt i forbrukskurven i Ødegaard m.fl. (2014).



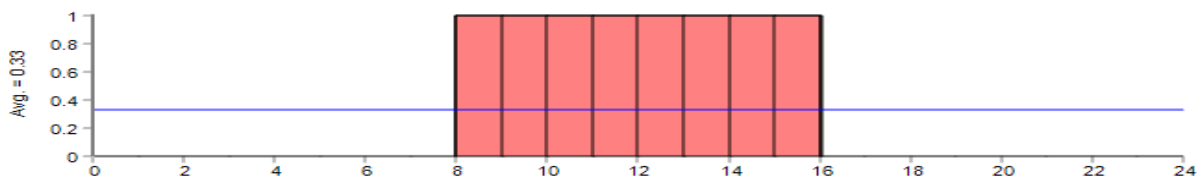
Figur 4-8 Forbruksvariasjon over et døgn



Figur 4-9 Forbruksvariasjon over et døgn i EPANET

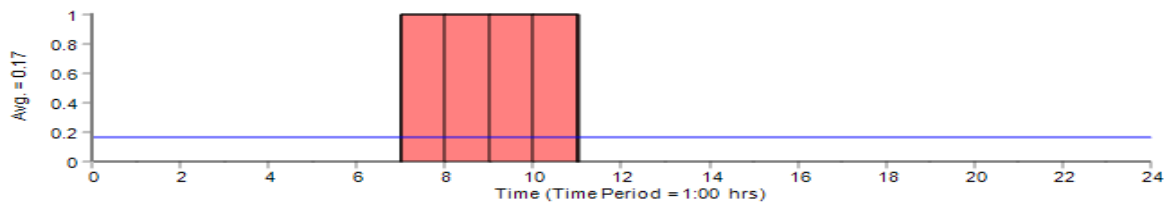
BACHELOROPPGAVE

For kontorlokalet og barnehagen i området må det lages et eget forbruksmønster. Det antas at kontoret og barnehagen holder åpent i 8 timer. Figur 4-10 viser dette forbruksmønsteret.



Figur 4-10 Forbruksvariasjon kontor/barnehage i EPANET

For å teste anlegget ved brannvannstapping må det legges inn et forbruksmønster for brannvann der det antas at det tappes i 4 timer. Se figur 4-11 for forbruksmønster til brannvannstapping.



Figur 4-11 Forbruksvariasjon brannvannstapping i EPANET

4.2.1.2 Vannforbruk

Det totale vannforbruket for feltet er 4,63 l/s. Forbruket brukt i modellen er på 0,86 l/s da døgnfaktor og timefaktor allerede er lagt inn i programmet. Forbruket er fordelt på nodene og f_{maks} settes til 2,0 i EPANET-modellen. Se vedlegg 3.A for beregning og fordelingen av vannforbruket i nodene.

4.2.1.3 Dimensjoner og materialvalg

I den lokale VA-normen til Bjugn kommune (2016) er det krav til at ledningsmateriale skal være av PVC på vannledninger som er 110mm og større. Dette er med unntak av områder med dårlige eller varierende grunnforhold. Da sier normen at PE skal benyttes.

Grunnforholdene vurderes gode nok på bakgrunn av tilgjengelig informasjon, og det velges å dimensjonere vannledningene etter standarddimensjonene på PVC-rør. For å beregne dimensjonene på vannledningene ble det laget en modell av ledningsnettet i EPANET og deretter kjørt simuleringer.

Dimensjonene som ble brukt i modellen er minste dimensjon gitt av VA-normen. Normen tar for seg minste innvendig dimensjon, mens produktkatalogene som regel angir utvendig dimensjon. På bakgrunn av dette er det gjort en beregning på de innvendige dimensjonene på standardrørene i produktkatalogen til produsenten Pipelife (Pipelife, 2019). Beregningene er vist i tabell 4-2.

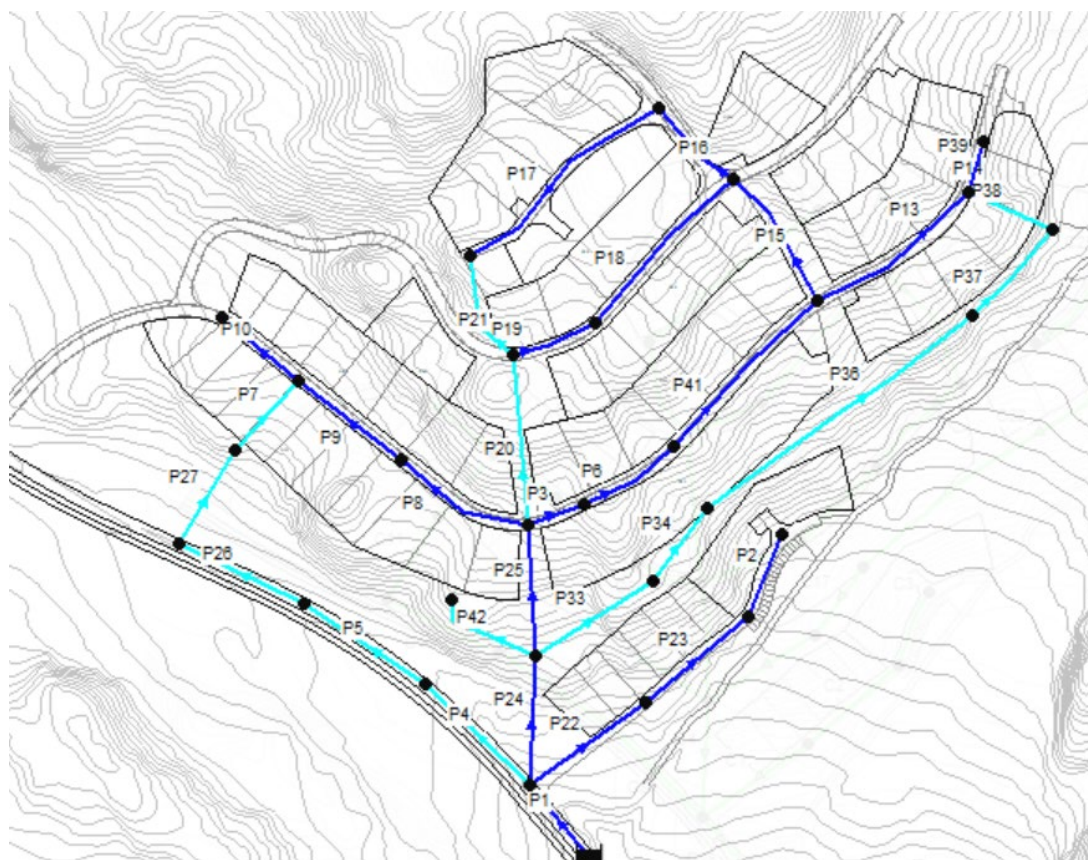
Tabell 4-2 Dimensjoner på PVC trykkrør SDR21

Type	Utvendig dimensjon	Godstykkelse	Innvendig dimensjon
PVC trykkrør SDR 21	110mm	5,3mm	99,4mm
PVC trykkrør SDR 21	160mm	7,7mm	144,6mm

Som det kommer frem i tabellen har Pipelifes trykkrør mindre innvendig dimensjon enn hva VA-normen anbefaler. Etter diskusjon med Jørgen Snekvik og Johan Martin Tiller i Rambøll er det allikevel valgt å bruke disse standarddimensjonene, da avviket fra normen ikke er så stort. En vanlig tolkning i bransjen er at 110mm PVC trykkrør SDR21 og 160mm PVC trykkrør SDR21 tilsvarer innvendig diameter på 100mm og 150mm. Figur 4-12 viser et oversiktsbilde over dimensjonene på vannforsyningsnettet. Her har alle brannkummer tilgang på minst en 160mm ledning.

Tabell 4-3 Fargekoder for rørdimensjoner i figur 4-12

Utvendig diameter	110mm	160mm
Farge		



Figur 4-12 Dimensjoner på ledningsnettet i EPANET

BACHELOROPPGAVE

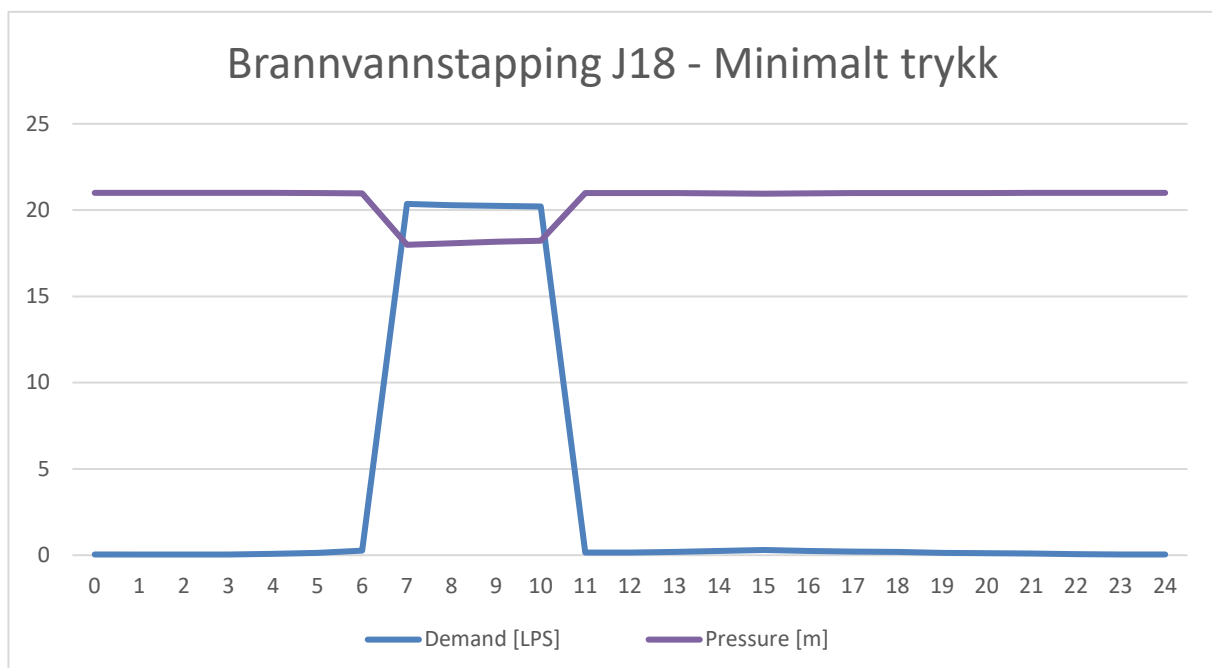
4.2.1.4 Trykkforhold ved minimalt trykk

Det er laget en modell av ledningsnettets i EPANET for å teste trykkforholdene i nettet. Se kapittel 3.5.1.1 for fremgangsmåte i programmet. Først testes systemet for maksimalt forbruk uten brannvann for å finne det minimale trykket som kreves i påkoblingspunktet. Etter flere iterasjoner er det kommet frem til at trykket i påkoblingspunktet må være på minst 65 mVS. Dette for at trykket i de mest utsatte nodene skal være over 20 mVS i den største forbrukstimen. Resultatene er gitt i vedlegg 3.H.

Resultatene fra simuleringen viser at node J18 er mest utsatt i området når det kommer til dårlig trykk. Videre er J17 og J21 også blant nodene som har dårlig trykk. De tre nodene ble derfor testet for brannvannstapping på 20 l/s i 4 timer.

Ved simuleringen av brannvannstapping i node J18 sank trykket til 17,99 mVS, se figur 4-13.

Simuleringen av brannvannstapping i J17 og J21 viste at de to nodene holdt et trykk over 21 mVS gjennom de fire timene, se vedlegg 3.B, 3.D og 3.F.



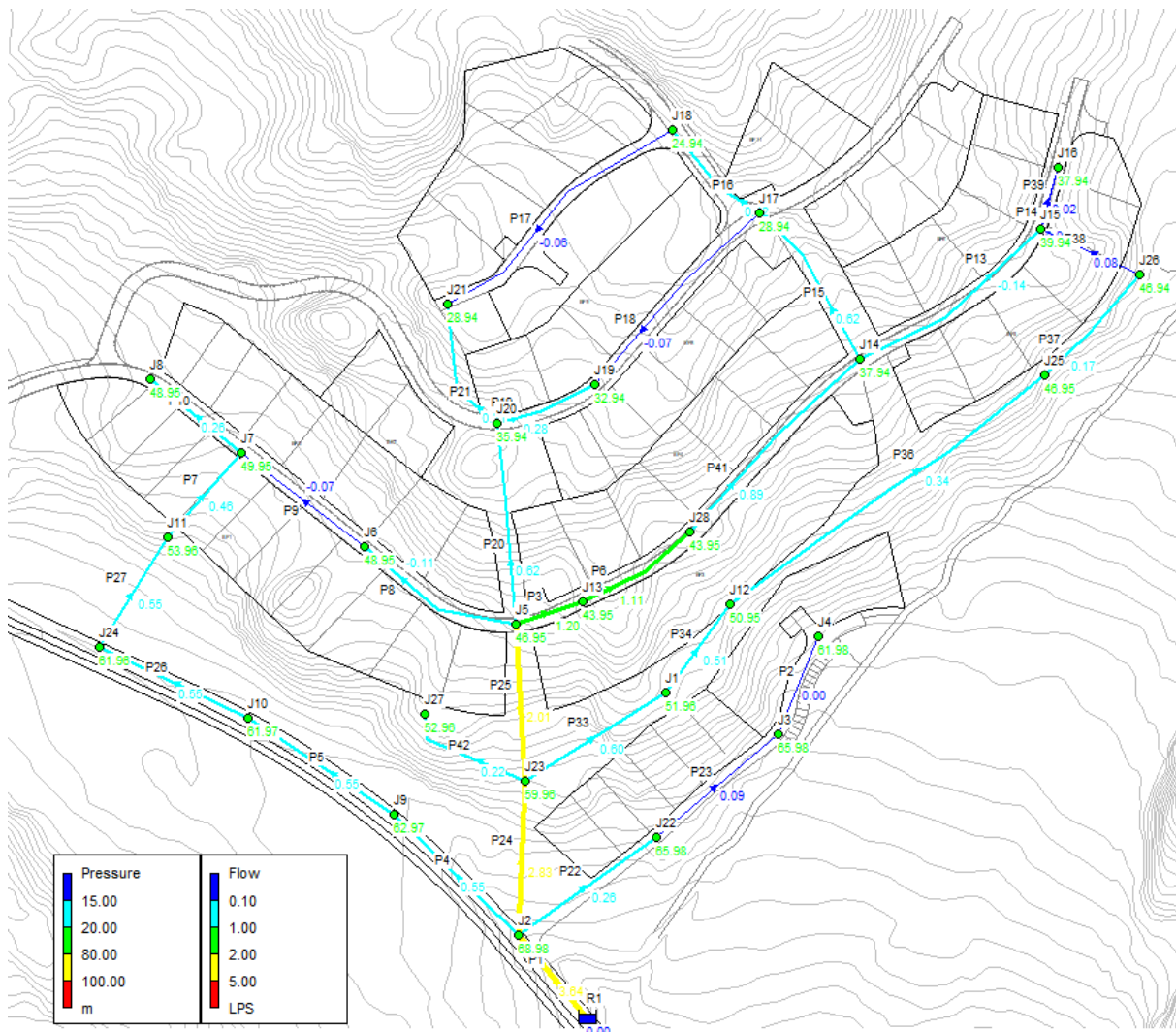
Figur 4-13 Brannvannstapping i node J18 ved minimalt trykk

BACHELOROPPGAVE

4.2.1.5 Trykkforhold ved optimalt trykk

Trykket til abonnenter kan være vesentlig lavere enn på distribusjonsnettets og 20 mVS kan oppleves som dårlig trykk hos forbrukere. På bakgrunn av dette velges det at optimalt trykk på nettet skal være tilnærmet 25 mVS under maksimalt forbruk. For at dette skal være mulig må trykket i påkoblingspunktet settes til 69 mVS. Etter trykkøkningen er ingen av nodene under 21,99 mVS ved brannvannstapping. Se vedlegg 3.C, 3.E og 3.G for resultater.

Til tross for trykkøkningen holder trykket i nodene seg godt under den angitte maksimum verdien på 80 mVS, se vedlegg 3.I. Trykkøkningen kan dog føre til økt slitasje på ledningsnettets. En vurdering vedrørende installasjon av trykkreduksjonsventiler i de utsatte områdene kan gjøres. Illustrasjon av modellen er vist i figur 4-14.



Figur 4-14 Vannføring og trykk klokken 0700 i EPANET

4.2.1.6 Mulige feilkilder

EPANET-modellen beregner ikke singulærtap i form av bend, ventiler og dimensjonsoverganger. Det vil sannsynligvis være høyere trykk i modellen enn i realiteten.

Vannforbruket i modellen er medregnet en konstant lekkasjeprosent. I praksis vil lekkasjemengden variere gjennom døgnet, der den som regel er størst om natten. Det vil heller ikke være lekkasje i hele anlegget, men kun på noen strekninger.

4.2.2 Spillvannsledning

Spillvannsledningen vil bli dimensjonert etter VA-normens minstekrav til ledningsdimensjon, samt krav til ledningsmateriale. SWMM blir brukt til å teste ledningsnett.

4.2.2.1 Dimensjoner og materialvalg

Minste dimensjon for selvfallsledninger er satt til 160mm av VA-normen. Det kan brukes PVC, PP eller PE materiale på spillvannsledningen. I denne oppgaven er det valgt å bruke PVC på spillvannsledningen.

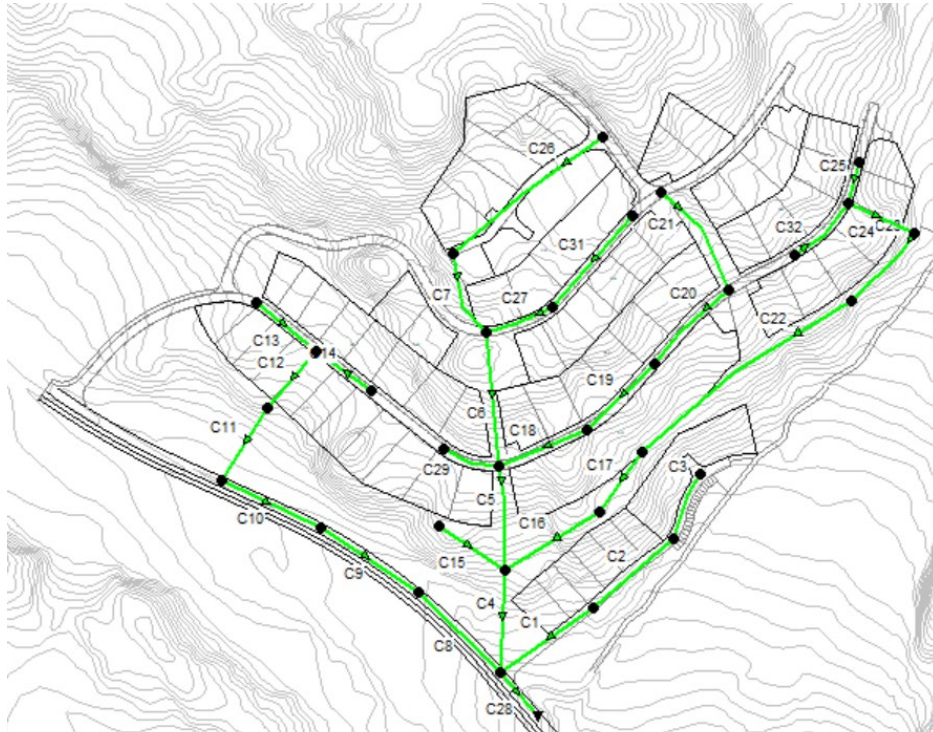
Tabell 4-4 viser dimensjonen på ledningene som vil bli brukt videre i modelleringsdelen. Denne er hentet fra Pipelifes produktkatalog (Pipelife, 2019).

Tabell 4-4 Dimensjoner på PVC grunnavløpsrør SN 8

Type	Utvendig dimensjon	Godstykkelse	Innvendig dimensjon
PVC grunnavløpsrør SN 8	160mm	4,7mm	150,6mm

4.2.2.2 Simulering i SWMM

Fremgangsmåte for modellering i SWMM er beskrevet i 3.5.2.1. I figur 4-15 kan man se et utkast av SWMM-modellen. Denne viser plasseringen til ledninger og noder i modellen.



Figur 4-15 Ledningsnettet for spillvann i SWMM

Spillvannsforbruket skal ifølge VA-normen være 200 l/pe·d, som vil være det samme som vannforbruket. Det er brukt samme forbrukskurve som i figur 4-9 i 4.2.1.1 og f_{maks} er satt til 2,0 i programmet.

Resultatet fra simuleringen viser at dimensjonene er mer enn store nok til å ta unna spillvannsmengdene. Videre kan man se at hastigheten i deler av nettet er for lav. Den lave hastigheten kan føre til at ledningene ikke vil oppnå selvreis. For resultater fra simuleringen se vedlegg 4.A.

4.2.2.3 Mulige feilkilder

Ledninger og noder er ikke plassert etter den endelige modellen i Novapoint, men etter traseforslag 1 som er et grovt utkast. Det vil derfor ikke være nøyaktig lengde på ledning eller posisjon på nodene. Modellen gir derimot en antydning på kapasiteten til nettet etter det beregnede forbruket.

Som tidligere nevnt er det essensielt med god kjennskap til modelleringsprogrammene. Dette er første gang vi har brukt SWMM til å tegne og simulere et spillvannsanlegg. Feil og misforståelser kan ha forekommet i prosessen.

4.2.3 Overvannsledning

Det er flere måter å finne de mest optimale dimensjonene for overvannsledninger på. I denne oppgaven er det benyttet to forskjellige metoder. Det er gjort beregninger både ved den rasjonelle metoden og i Mike Urban

Felles for begge metodene er valget av materiale for overvannsledningene. Fra VA-normen kan det brukes PVC, PE eller PP for dimensjoner fra 200mm til 400mm. For 300mm og større er DV-rør av PP det aktuelle materialet.

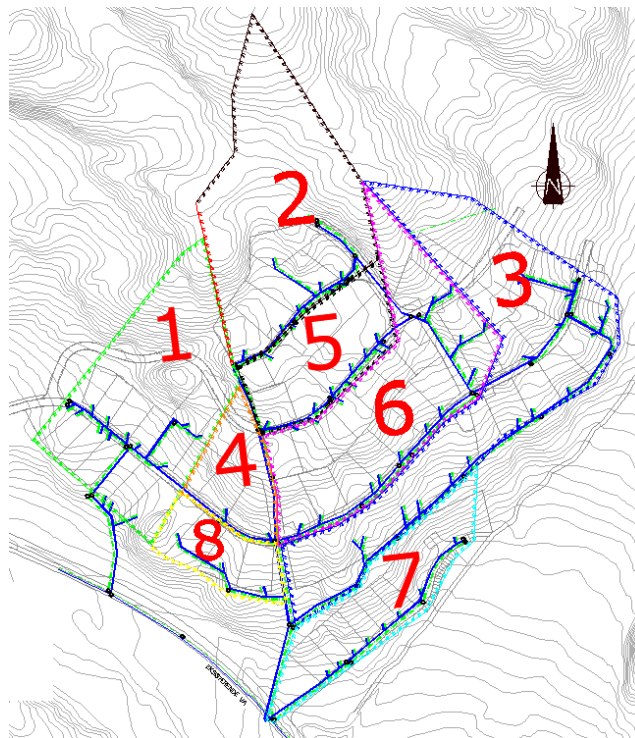
Ettersom ingen av diametere overstiger 400mm velges PVC som det mest optimale. Dette er tatt med hensyn på tilgjengelige standarddimensjoner, materialet er lett å håndtere og utførelsen av skjøtene er rask og enkel.

Da sandfangskummer vanligvis blir plassert av landskapsarkitekter og ikke prosjekteres i denne oppgaven, blir plassering av disse er derfor kun antatt når det er gjort beregninger.

4.2.3.1 Den rasjonelle metoden

I dette prosjektet ble først den rasjonelle formelen brukt. Fremgangsmåte er beskrevet i kapittel 3.3.3

Boligfeltet har i dette tilfellet blitt delt opp i 8 mindre delområder. Dette for å få en mer nøyaktig beregning, og muligheten til å velge mindre rørdimensjoner der dette er gunstig. Delområdene er delt inn med tanke på høydekurvene i området og hvor overvannet antageligvis vil renne. Figur 4-16 viser en oversikt over delområdene.



Figur 4-16 Oppdeling av delområder i AutoCAD

BACHELOROPPGAVE

Verdiene for høyder og lengder brukt i utregningen er tilnærmet korrekte. Noe slingring i disse verdiene vil ikke gi betydelig utslag på resultatene.

Tabell 4-5 viser resultatene for de forskjellige delområdene.

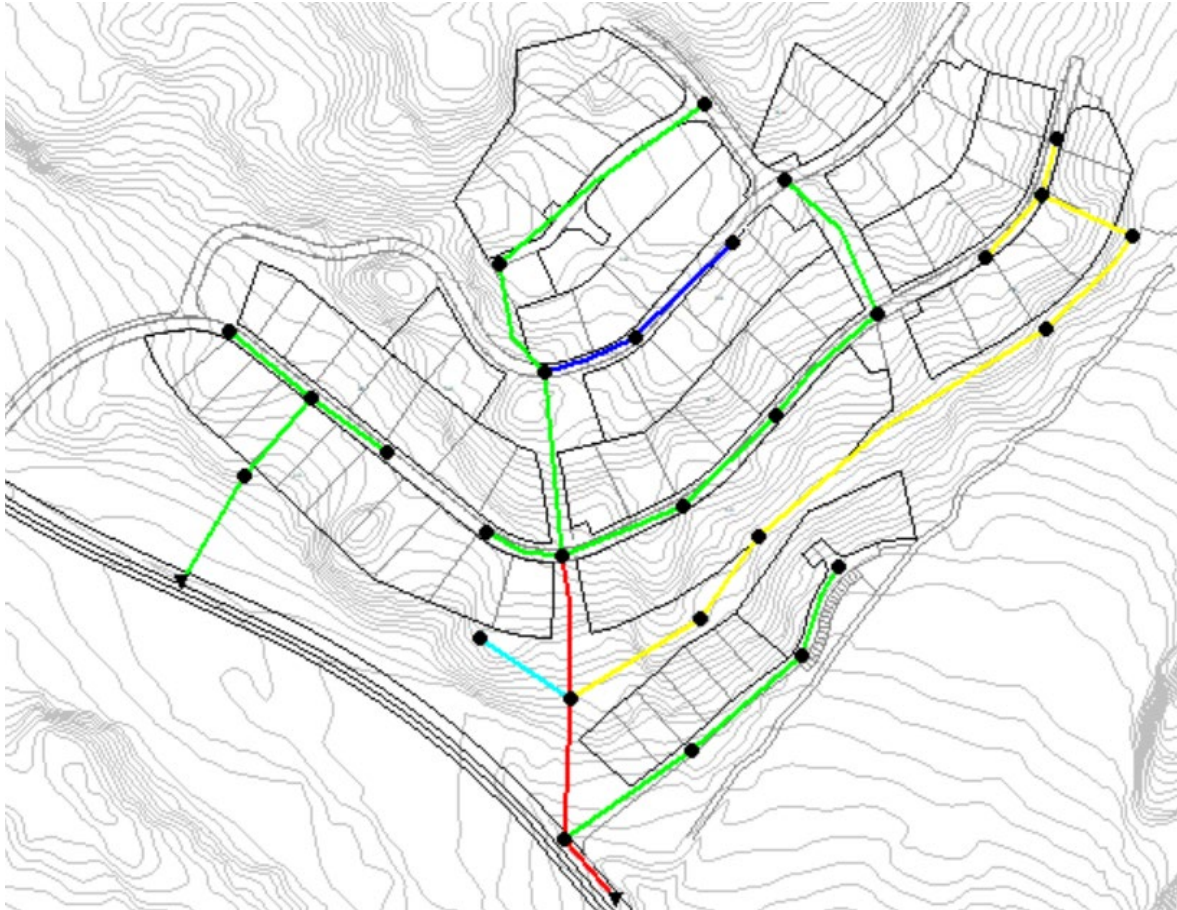
Tabell 4-5 Resultater fra delområdene

Delområde	Bidrag [l/s]	Diameter nødvendig [mm]	Diameter standard [mm]
1	149,8	210	250
2	142,3	230	250
3	161,0	250	315
4	44,6	205	250
5	73,7	165	200
6	165,3	230	250
7	85,5	200	250
8	37,3	146	160

Resultatene i tabellen viser kun bidragene fra hver av stikktraseene. Delområdene 1 og 7 vil renne rett inn på det kommunale nettet. De resterende delområdene vil renne til hovedtraseen i midten, før det renner mot utløpet i sør. Figur 4-17 viser en oversikt over alle beregnede dimensjoner og plasseringen av disse.

Tabell 4-6 Fargekoder for rørdimensjoner i figur 4-17

Utvendig diameter	160mm	200mm	250mm	315mm	400mm
Farge					



Figur 4-17 Beregnede rørdiametere illustrert i SWMM

Det er også gjort en beregning for å finne vannhastigheten på den siste strekningen til hovedtraseen før vannet når det kommunale nettet. Resultatet viser en fart på 7,5 m/s ved 10 års regnet. Dette er en høy hastighet og vil føre til slitasje på nettet. Det kan gjøres undersøkelser på hva hastigheten vil være ved 1 års regn for å se om hastigheten vil være like stor. Hvis hastigheten fortsatt er like høy må tiltak gjøres for å senke denne. Dersom hastigheten er betydelig lavere må en vurdering gjøres på om denne kan tolereres. Et tiltak for å senke farten kan være å øke dimensjon på ledningen.

Resultatet her er en teoretisk hastighet og kan være ulik hastigheten i praksis. Det kan for eksempel svanker, bend og begroinger i ledningen som er med på å redusere hastigheten. Det anbefales uansett å bruke strekkfaste skjøter langs hovedtraseen.

For utregninger av resultater ved den rasjonelle metoden, se vedlegg 2.E - 2.L.

BACHELOROPPGAVE

4.2.3.2 Simulering i MIKE URBAN

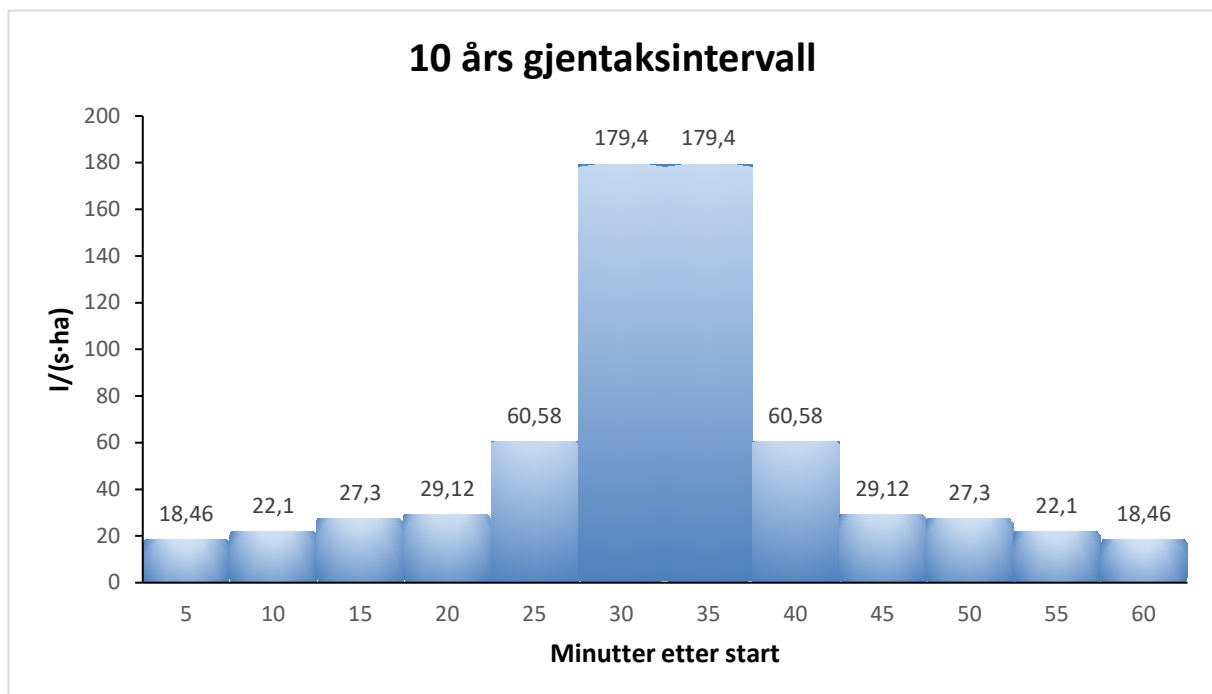
Fremgangsmåte for modellering i MIKE URBAN er forklart i kapittel 3.5.3.

I modellen blir det lagt inn et regnskyll (Rain Gauge) som er basert på IVF-kurven for området, med returperiode på 10 år og 1 times varighet. Tabell 4-7 viser IVF-data.

Tabell 4-7 Data hentet fra IVF-kurve

Data fra IVF kurven med returperiode på 10 år		
Regnvarighet (min)	Intensitet ($l/(s \cdot ha)$)	Medregnet klimafaktor 1,3
10	138,0	179,4
20	46,6	60,58
30	22,4	29,12
40	21,0	27,3
50	17,0	22,1
60	14,2	18,46

I stedet for å beregne med kasseregn som ved den rasjonelle metoden, blir det her gjort om til et symmetrisk hyetogram. Se figur 4-18.



Figur 4-18 Regnhyetogram fra IVF-kurve

BACHELOROPPGAVE

I MIKE URBAN baseres regnskyllet på mm/h , ikke $l/(s \cdot ha)$ som i IVF-kurven. På grunnlag av dette ble følgende omregning gjort:

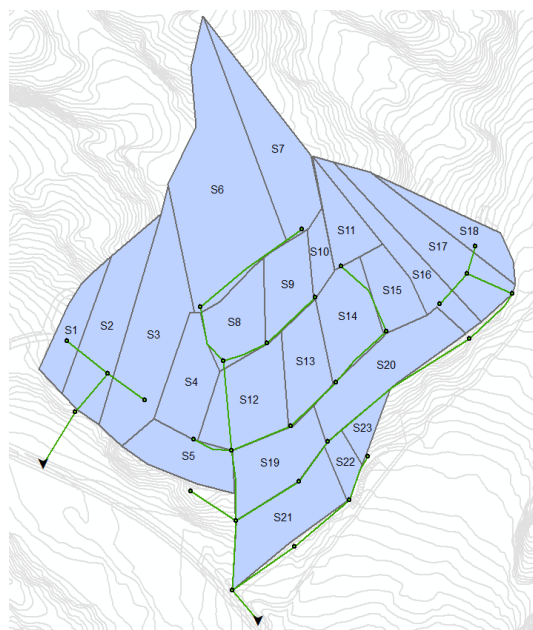
$$1 \frac{l}{s \cdot ha} = \frac{1 \cdot 60s \cdot 60 \frac{min}{s}}{h} \cdot \frac{ha}{10^4 m^2} \cdot \frac{m^3}{1000l} \cdot \frac{10^3 mm}{m} = 0,36 \frac{mm}{h}$$

Resultater av omregning er vist i tabell 4-8.

Tabell 4-8 Omregning til mm/h

Minutter	$l/(s \cdot ha)$	mm/h
5	18,46	6,65
10	22,10	7,96
15	27,30	9,83
20	29,12	10,48
25	60,58	21,81
30	179,4	64,58
35	179,4	64,58
40	60,58	21,81
45	29,12	10,48
50	27,30	9,83
55	22,10	7,96
60	18,46	6,65

Modellen ble så delt opp i 23 forskjellige delområder, se figur 4-19. Disse er designet ut ifra planlagte boliger og ledningstraseer, samt helning på området.



Figur 4-19 Viser de valgte delområdene, noder og links i MIKE URBAN

BACHELOROPPGAVE

«Ground slope» og «Width» til delområdene er beregnet og lagt inn i modellen, se vedlegg 5.B.

Verdiene for ugjennomtrengelighet (Imperviousness) er hentet fra VA-normen (Bjugn kommune, 2016).

De resterende dataene i figur 4-20 er hentet fra brukermanualen for SWMM (Rossman, 2015).

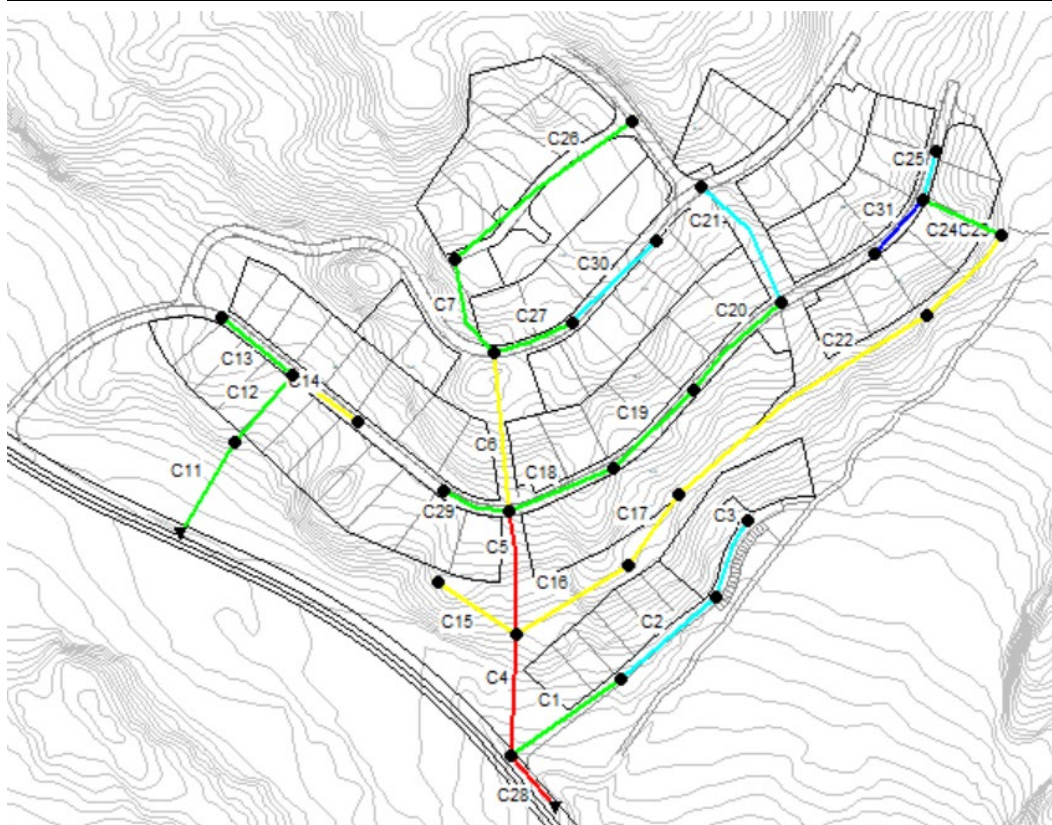
Catchm	Imperviousness	Width	Ground slope	Impervious	Pervious Manning	Imperv. d. storage	Perv. d. storage	% DCIA
S1	50,00	28,66	10,67	83,33	2,50	2,54	5,08	25,00
S10	50,00	16,51	21,34	83,33	2,50	2,54	5,08	25,00
S11	50,00	29,15	15,86	83,33	2,50	2,54	5,08	25,00
S12	50,00	60,49	14,28	83,33	2,50	2,54	5,08	25,00
S13	50,00	32,80	11,83	83,33	2,50	2,54	5,08	25,00
S14	50,00	42,90	12,76	83,33	2,50	2,54	5,08	25,00
S15	50,00	35,50	16,78	83,33	2,50	2,54	5,08	25,00
S16	50,00	22,39	18,72	83,33	2,50	2,54	5,08	25,00
S17	40,00	40,92	23,46	83,33	2,50	2,54	5,08	25,00
S18	40,00	32,17	30,83	83,33	2,50	2,54	7,62	25,00
S19	50,00	88,80	22,92	83,33	2,50	2,54	5,08	25,00
S2	50,00	46,55	32,42	83,33	2,50	2,54	5,08	25,00
S20	40,00	149,10	19,19	83,33	2,50	2,54	5,08	25,00
S21	50,00	69,85	29,79	83,33	2,50	2,54	5,08	25,00
S22	50,00	22,57	22,59	83,33	2,50	2,54	5,08	25,00
S23	50,00	22,51	20,07	83,33	2,50	2,54	5,08	25,00
S3	50,00	52,37	10,53	83,33	2,50	2,54	5,08	25,00
S4	50,00	51,68	10,65	83,33	2,50	2,54	5,08	25,00
S5	50,00	56,57	13,79	83,33	2,50	2,54	5,08	25,00
S6	40,00	68,38	18,13	83,33	2,50	2,54	7,62	25,00
S7	40,00	45,46	11,90	83,33	2,50	2,54	7,62	25,00
S8	50,00	49,15	11,90	83,33	2,50	2,54	5,08	25,00
S9	50,00	34,76	8,37	83,33	2,50	2,54	5,08	25,00

Figur 4-20 Input for delområdene i MIKE URBAN

Som et resultat av flere simuleringer er det kommet frem til at dimensjonene vist i figur 4-21 vil ta unna de nødvendige overvannsmengdene for å hindre oversvømmelse i området.

Tabell 4-9 Fargekoder for rørdimensjoner i figur 4-20

Utvendig diameter	160mm	200mm	250mm	315mm	400mm
Farge					



Figur 4-21 Beregnede dimensjoner på overvannsnettet

BACHELOROPPGAVE

Link C28 er satt til 1000mm. Denne er overdimensjonert fordi den er en del av det kommunale nettet og skal hverken påvirke eller være en del av våre beregninger.

Figur 4-22 er hentet fra resultatene etter simulering av den endelige modellen. Den viser en oversikt over ledningsstrekke med tilhørende resultater. Det som er viktig å merke seg her er at ingen av rørene på noe tidspunkt når maksimum kapasitet. Dette er en indikasjon på at riktig diameter er valgt.

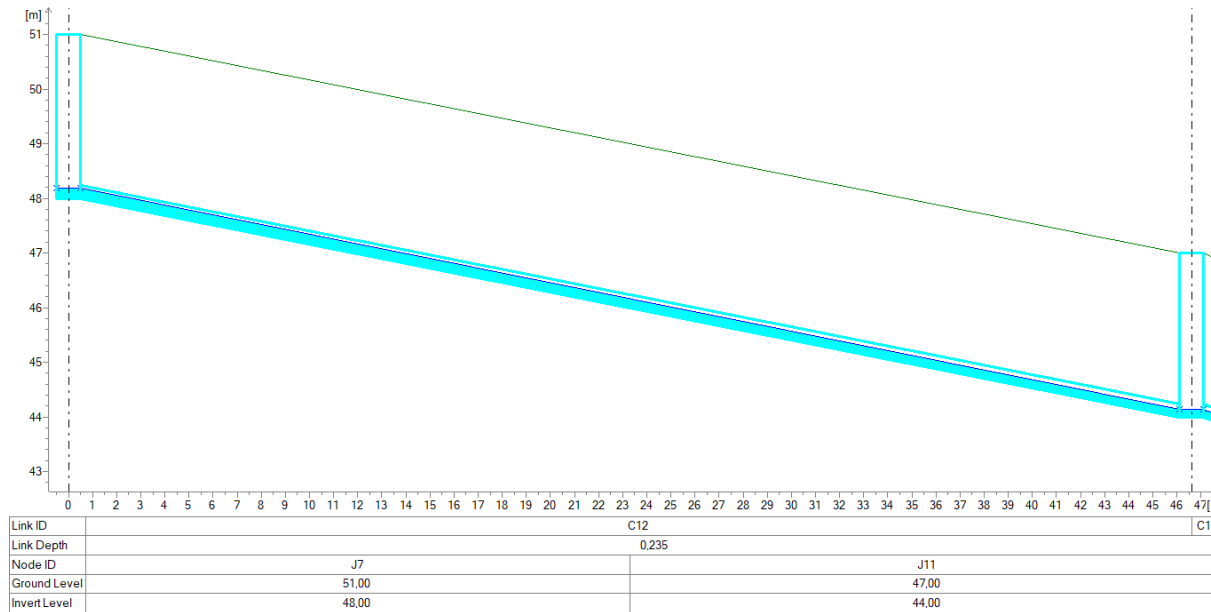
Link	Type	Maximum Flow LPS	Time of Max Occurrence days hr:min	Maximum Veloc m/sec	Max/ Full Flow	Max/ Full Depth
C1	CONDUIT	20.03	0 00:40	0.77	0.20	0.58
C11	CONDUIT	161.12	0 00:40	5.97	0.66	0.60
C12	CONDUIT	161.13	0 00:40	4.94	0.93	0.71
C13	CONDUIT	23.07	0 00:40	0.92	0.27	0.59
C14	CONDUIT	81.68	0 00:40	1.88	0.60	0.60
C15	CONDUIT	33.36	0 00:40	1.19	0.08	0.57
C16	CONDUIT	138.51	0 00:40	2.86	0.37	0.68
C17	CONDUIT	138.51	0 00:40	3.25	0.85	0.59
C18	CONDUIT	118.14	0 00:40	3.69	0.69	0.69
C19	CONDUIT	87.24	0 00:40	2.93	0.80	0.65
C2	CONDUIT	20.03	0 00:40	1.65	0.90	0.64
C20	CONDUIT	48.23	0 00:40	1.83	0.47	0.59
C21	CONDUIT	23.28	0 00:40	2.14	0.37	0.59
C22	CONDUIT	95.70	0 00:40	2.01	0.64	0.67
C23	CONDUIT	95.73	0 00:40	2.27	0.66	0.59
C24	CONDUIT	95.73	0 00:40	3.52	0.41	0.60
C25	CONDUIT	18.70	0 00:40	1.89	0.37	0.56
C26	CONDUIT	46.76	0 00:40	1.93	0.43	0.55
C27	CONDUIT	40.88	0 00:40	1.81	0.26	0.52
C28	CONDUIT	722.88	0 00:40	6.33	0.09	0.20
C29	CONDUIT	44.04	0 00:40	1.56	0.45	0.62
C3	CONDUIT	9.83	0 00:40	1.16	0.18	0.55
C30	CONDUIT	11.10	0 00:40	1.52	0.22	0.43
C31	CONDUIT	34.68	0 00:40	1.98	0.73	0.60
C4	CONDUIT	654.01	0 00:40	8.66	0.83	0.64
C5	CONDUIT	441.01	0 00:40	6.30	0.47	0.61
C6	CONDUIT	227.57	0 00:40	5.51	0.57	0.58
C7	CONDUIT	153.39	0 00:40	5.06	0.73	0.66

Figur 4-22 Simuleringsresultat fra MIKE URBAN

Som man også kan se av resultatene er hastigheten i noen av ledningene store. Spesielt gjelder dette C4, C5, C6 og C11. Det ses bort ifra C28 som vil være en del av det kommunale nettet. C4 vil ha den høyeste farten på 8,66 m/s. Denne hastigheten kan føre til slitasje på ledningsnett. Som nevnt i kapittel 4.2.3.1 bør det foretas beregninger for 1 års regn for å se om hastigheten vil være lavere. Dersom dette ikke er tilfellet må tiltak vurderes for å senke farten. Dette er dog en teoretisk hastighet og kan avvike fra hastigheten i praksis. For eksempel kan det være svanker, bend og begroinger i ledningen som reduserer hastigheten. Det må uansett benyttes strekkfaste skjøter på disse ledningsstrekningene.

BACHELOROPPGAVE

Selv om ingen av rørene vil nå sin maksimale kapasitet vil noen av disse delvis fylles, enten opp- eller nedstrøms. Et eksempel på dette er vist i figur 4-23 der ledning C12 fylles oppstrøms, men likevel har kapasitet nedstrøms.



Figur 4-23 Profil av ledning C12 i MIKE URBAN

For øvrige simuleringresultater, se vedlegg 5.A.

4.2.3.3 Mulige feilkilder

Som tidligere nevnt brukes den rasjonelle metoden som regel for overslagsberegninger, og anbefales ikke for større områder. Dette er fordi det generelt er en noe unøyaktig metode å beregne overvannsmengder på. En av grunnene til dette er fordi den baserer seg på kasseregn, noe som ikke vil stemme overens med realiteten. En annen feilkilde med denne metoden er at verdiene som leses av fra nomogrammet, Colebrooks diagram og delfyllingsdiagrammet aldri vil bli helt nøyaktige.

Delområdene som blir brukt ved disse utregningene er heller ikke optimale da det er vanskelig å anslå nøyaktig hvor vannet vil renne ut ifra høydekart. Det som også vil gi noe utslag er at delområdene antas å renne til ett enkelt sluk hver. I realiteten vil dette fordele seg over flere, og vil kunne gi en noe større diameter enn nødvendig i noen deler av ledningstraseene.

BACHELOROPPGAVE

MIKE URBAN derimot blir som regel brukt for å få en mer nøyaktig oversikt over overvannsmengdene i området og rørdiametrene som bør tas i bruk. Allikevel er det noen feilkilder som må tas hensyn til.

Den største unøyaktigheten er at vi ikke har nok erfaring med bruk av modelleringsprogrammet. Det har blitt noen feilmeldinger underveis, ting har tatt tid og noen steder vært usikkerhet rundt valg av verdier og innstillinger. Spesielt gjelder dette valg av verdier som må bestemmes ut ifra tabeller og anbefalte verdier uten en gitt fasit.

Det som kanskje gjør modellen mest unøyaktig er valg av delområder. For at modellen skal bli så nøyaktig som mulig bør den deles opp i enda flere delområder enn det som har blitt gjort. Dette ble det ikke nok tid til i dette prosjektet, og vil gi noe utslag på resultatene.

En feilkilde felles for begge metodene er IVF-kurven som blir brukt. Den er hentet fra Norsk klimaservicesenter sin nettside og er kun et estimat. De advarer selv på nettsiden at estimatene er foreløpig upålitelige og ikke bør brukes.

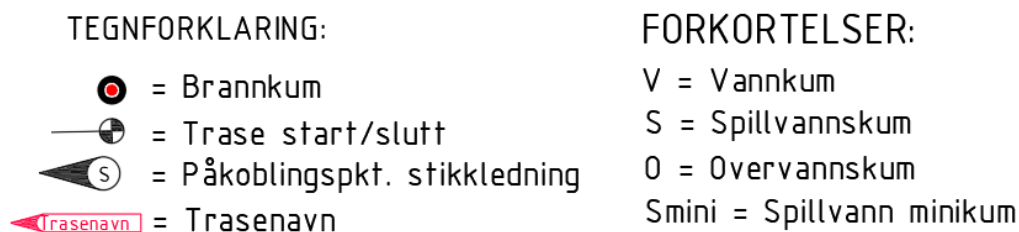
4.3 Detaljprosjektering/-tegning i Novapoint

4.3.1 Detaljprosjektering

Det er produsert plan- og profiltegninger for hver enkelt trasé i tillegg til detaljtegninger av de ulike grøftetverrsnittene. For realistisk visualisering av området er en 3D-modell produsert.

4.3.1.1 Plan- og profiltegning

Plantegningen viser hvordan traseens utforming vil bli i plan. Det må vurderes for hver enkelt plantegning hva man ønsker å presentere. Tegningene for Mebostad B15 presenterer i hovedsak plassering av kum og traseer. For en mest mulig oversiktlig plantegning er det valgt å ikke tegne stikkledningstraseer, men heller markere på hovedledning hvor disse skal påkobles. Se figur 4-20 for tegnforklaring og forkortelser.



Figur 4-24 Tegnforklaringer og forkortelser

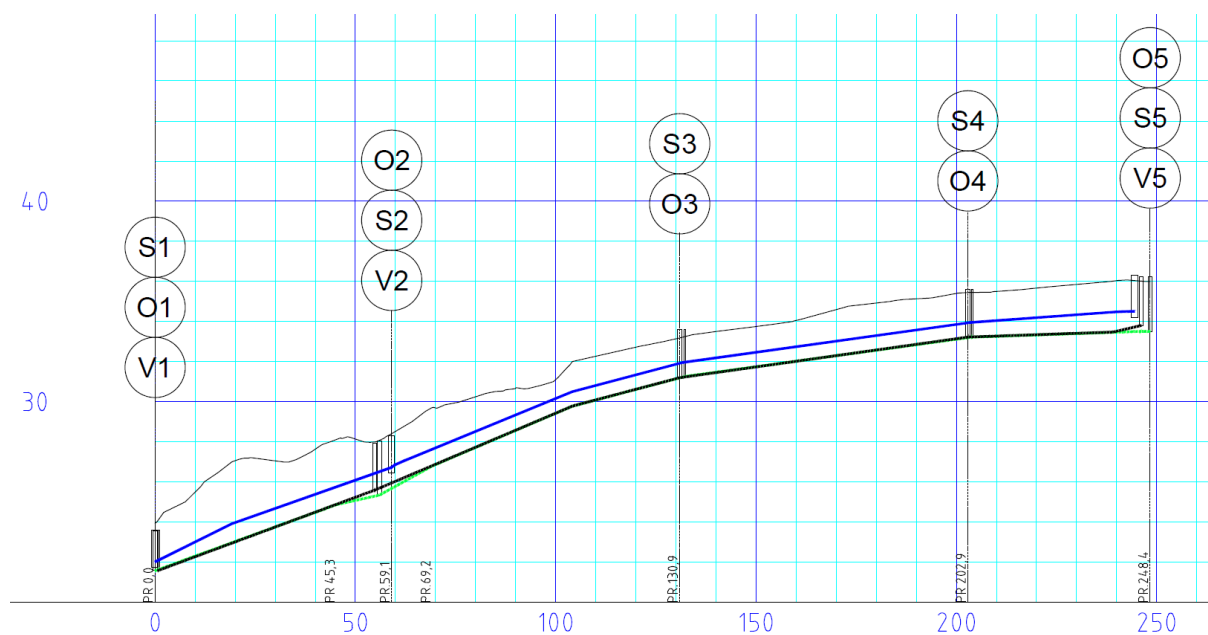
Plantegningene for Mebostad B15 leveres i målestokk ut ifra lengde på traseen. Størrelsen på rutenettet varierer mellom 50x50 og 100x100. Se figur 4-21 for eksempel på plantegning.



Figur 4-25 Eksempel plantegning

BACHELOROPPGAVE

Profiltegningen presenteres sammen med plantegningen for hver enkelt trasé. Denne tegningen viser lengdeprofilen av traseen. Under selve profiltegningen er det en tabell som viser oversikt over fall, kumavstand og høyde for hver enkelt ledning. I tillegg til dette har man også oversikt over høyden terrenget eller vegen som grøften ligger under vil ha. I tabellen ses det bort i fra rørmaterialet for vannledningen, da materialet har blitt endret i etterkant av produksjonen av disse tegningene. Se figur 4-22 for eksempel på profiltegning.



Grunneier																											
Markslag																											
Grunnforhold																											
TERRENG H./TOPP VEGDEKKE		23.94	25.49	27.06	27.05	27.64	28.14	28.51	29.69	30.05	30.67	31.10	32.27	32.72	33.14	33.50	33.95	34.05	34.59	34.92	35.14	35.40	35.50	35.66	35.85	36.04	36.00
Hor. vinkelpunktavstand i m		59,1																									
Kumavstand i m		59,0																									
Fall i ‰		93,0		69,6						82,2			52,4						71,9					45,5			
Vannledning	Kote utv. topp	22,01	23,91			26,72	26,84					30,50		31,96					33,95					34,48	34,48	34,48	34,48
	Type og dim	160PE 100 SDR 11																									
	Kumavstand i m	45,3		10,7	13,2						63,0			53,0						71,6					42,1		7,0
Spillvannledning	Fall i ‰	71,7		44,0	110,2					85,3			53,0							27,4					6,8		32,1
	Kote innv. bunn	21,57		24,87	25,34	26,80					29,77		31,26		33,72					33,72					33,47	33,47	33,50
	Type og dim	160PVC SN8																									
Overvannledning	Kumavstand i m	54,3																									
	Fall i ‰	74,2								84,9			52,9							28,2					6,9		46,6
	Kote innv. bunn	21,57		25,59							26,78		31,20		33,72					33,72					33,47	33,80	33,80
	Type og dim	400PVC SN8																									

Figur 4-26 Eksempel profiltegning og tabell

Traseene skal alltid følge de gitte grøftetverrsnittene mellom kumgruppene. Før og etter kumgrupper fases seksjonene raskest mulig tilbake til sitt opprinnelige grøftetverrsnitt. Vedlegg 6.D skal brukes som utgangspunkt om noe er uklart i andre profiltegninger, da denne er noe mer nøyaktig. Se vedlegg 6.A-6.T for plan- og profiltegninger.

BACHELOROPPGAVE

4.3.1.2 Grøftetverrsnitt

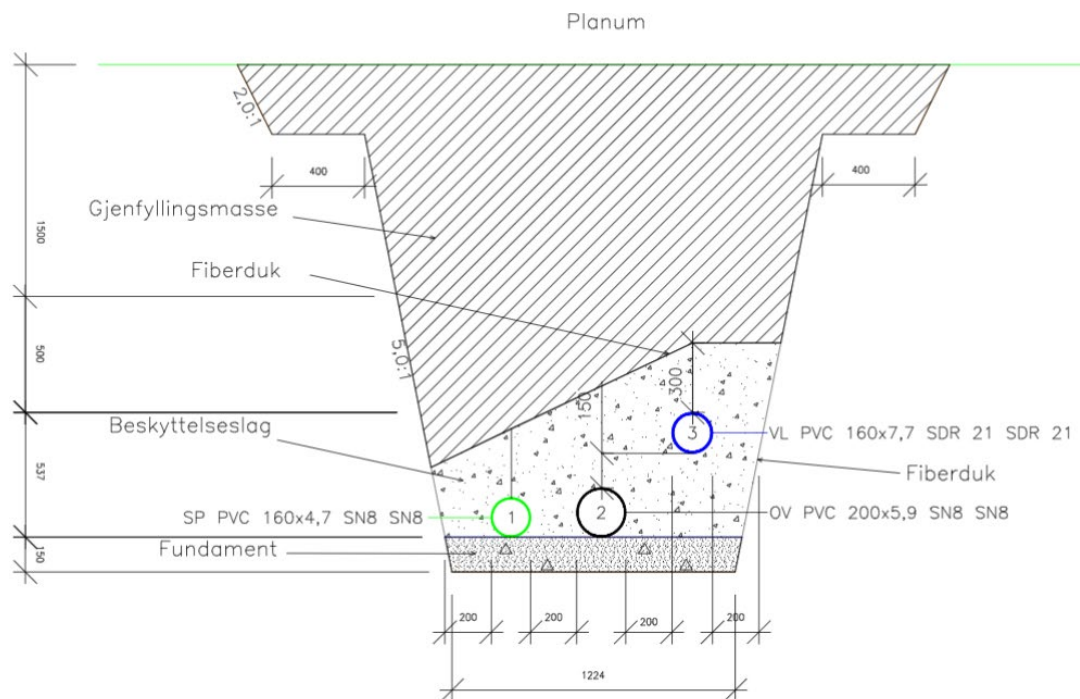
Grøftetverrsnittene for Mebostad B15 er utformet etter VA-normen til Bjugn kommune. For detaljert kravbeskrivelse, se vedlegg 7.K hentet fra VA-normen.

Ved et tverrsnitt som går over to plan vil man redusere de teoretiske mengdene som vil forkomme ved etablering av grøften. Dette er gunstig da området vil kreve mye sprengning. Det er gjort beregninger av teoretiske mengder for alle grøftetverrsnittene som er brukt i området. Mengdene er gitt i vedleggene for hvert grøftetverrsnitt.

Spillvannsledning er lagt lengst mulig bort fra vannledning for en størst mulig hygienisk barriere mellom kloakk og drikkevann. Brudd på ledning kan føre til innsug på vannledningen og det er da bedre om overvann suges inn.

Det er tatt hensyn til Bjugn kommunes frostdybde på 1500mm. Avstand fra toppen av grøften til toppen av vannrøret innfrir dette kravet. Se figur 4-24 for eksempel på grøftetverrsnitt.

Se vedlegg 7.A – 7.J for tegninger av grøftetverrsnittene brukt for Mebostad B15.



Figur 4-27 Eksempel på grøftetverrsnitt

BACHELOROPPGAVE

4.3.1.2.1 Grøftetverrsnitt sprinkleranlegg

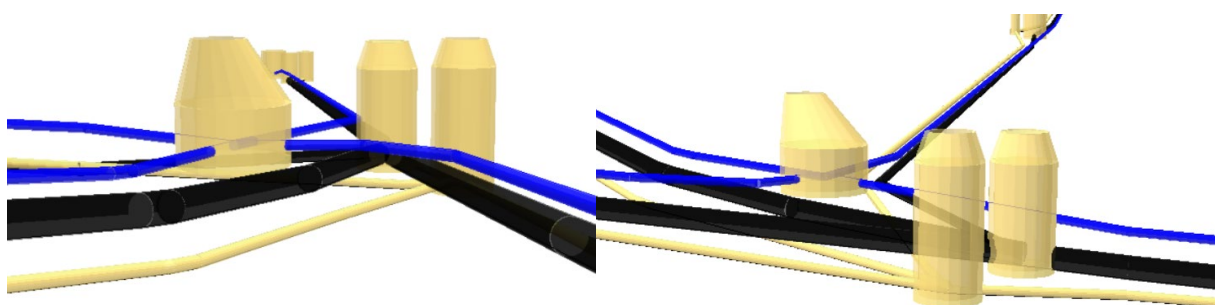
Det tas utgangspunkt i at barnehagen og kontorlokalet sør i feltet skal installeres med sprinkleranlegg. For å levere tilstrekkelig vann til anlegget må vannledningen i dette grønnetverrsnittet ha en dimensjon på 63mm. Dette er det dobbelte av dimensjonen som er brukt i de normale stikkledningstraseene. Et daglig forbruk vil ikke ta unna nok vann fra en så stor dimensjon og oppholdstiden til vannet blir da lang. Dette kan føre til blant annet dårlig smak på vannet. For å unngå dette legges det en egen vannledning til det daglige forbruket. Se vedlegg 7.I og 7.J for detaljtegning av grønnetverrsnitt sprinkleranlegg.

4.3.1.3 3D-modell

Som et resultat er en 3D-modell produsert for å visualisere hva som skal bygges og hvordan de ulike traseene vil se ut. Konflikter og feil som normalt ikke ville blitt lokalisert er luket ut ved hjelp av modellen. Vedlegg 9 viser eksempler fra 3D-modellen som er utarbeidet fra AutoCAD.

4.3.2 Funksjonsbeskrivelse av elementer på nettet**4.3.2.1 Utførelse av kumgrupper**

Kummenes plassering innad i kumgruppene er valgt med hydraulisk utforming og arealeffektivitet i fokus. En buffersone mellom kummene på 200mm gir en kumgruppe med ryddig utforming og man unngår at grønneinnholdet kommer i konflikt med hverandre. Buffersonen er også viktig for å få tilstrekkelig rom til gjenfyllingsmasser som skal stabilisere og forsterke rundt de ulike installasjonene i kumgruppen.



Figur 4-28 Illustrasjoner fra 3D-modell i Novapoint

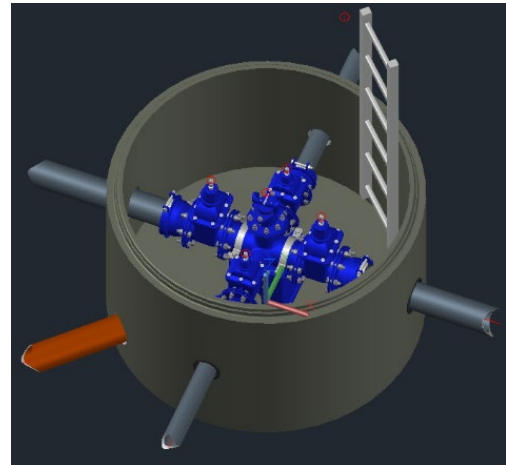
Figur 4-25 og 4-26 hentet fra 3D-modellen av området viser et av de mer kompliserte kryssene. Her møtes tre traseer som skal samles til en. Avstander mellom rør i kumgrupper gjelder på lik linje som i grønnetverrsnittet. Det vil dog ikke være fysisk mulig å etablere en kumgruppe med 200mm horisontal avstand mellom ledningene da disse er avhengig av å krysse hverandre. Den vertikale avstanden på 150 mm er derfor svært viktig at opprettholdes. For en god hygienisk barriere legges spillvannsledningen som i grønnetverrsnittet lengst mulig bort i fra vannledningen.

BACHELOROPPGAVE

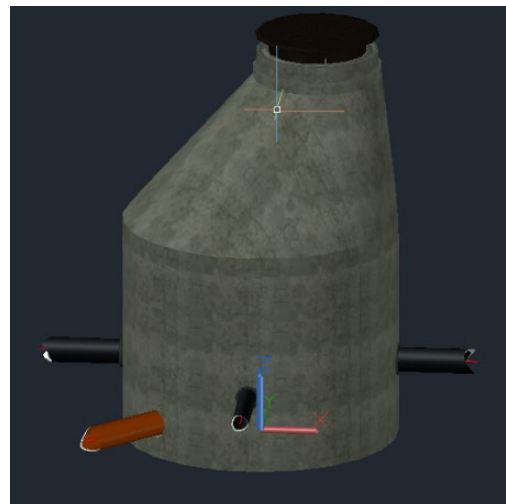
4.3.2.2 Vannkummer

Vannkummer er de mest teknisk avanserte kummene. Bjugn kommunes VA-norm er tatt som utgangspunkt ved utforming av kummer. Alle vannkummer har dimensjon 1600mm. Etter diskusjon med Jørgen Snekvik brukes det betong for alle vannkummer. Det er plassert vannkummer i alle knutepunktene på nettet. Dimensjonene på rørene inn på kum varierer mellom de to dimensjonene på 160mm og 110mm. Det er installert stengeventil og tappeventil mellom muffe og flenskryss i alle kummene for mulighet til regulering av nettet ved brudd eller vedlikehold. De fleste kummene er også installert med brannventil for uttak av brannvann. Et dreneringsrør på 160mm som kobles på overvannsrøret er plassert i bunnen av kummen for å unngå oversvømmelser av kum ved spyling og ellers vedlikehold. Dreneringsrøret i kummen er plassert med hensyn til hvor overvannsrøret det skal kobles på ligger. Det er installert kumstige i alle vannkummer for enklest mulig nedstigning. Kumkjeglen er plassert med hensyn til innholdet i kummen. Alle kummer skal også installeres med tappeventil. Disse er ikke tegnet i kumtegningene da de mangler i produktbiblioteket til Novapoint. Se figur 4-27 og 4-28 for illustrasjon av vannkum.

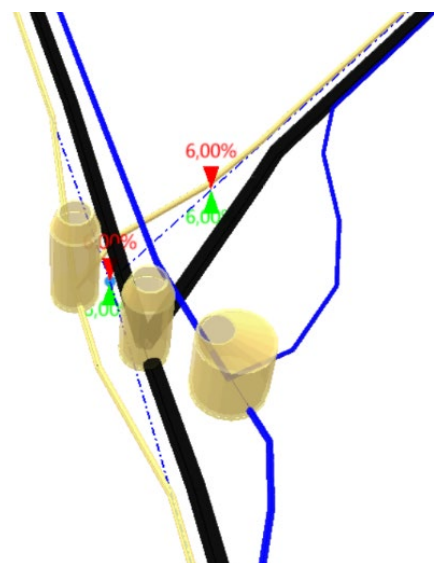
Utformingen av kumgruppene som inneholder en vannkum er i stor grad preget av de tekniske forutsetningene en vannkum har. Et X-kryss og T-kryss er vinkelrett og påkoblingene må dermed kobles til kummen med 90 graders mellomrom. Dette gjør at bruken av bend på vannledninger i kumgrupper er betydelig større en for spill- og overvann. Figur 4-29 illustrer dette på en god måte.



Figur 4-29 Illustrasjon fra 3D-modell



Figur 4-30 Illustrasjon fra 3D-modell

Figur 4-31 Illustrasjon fra 3D-modell i
Novapoint

4.3.2.3 Spill- og overvannskummer

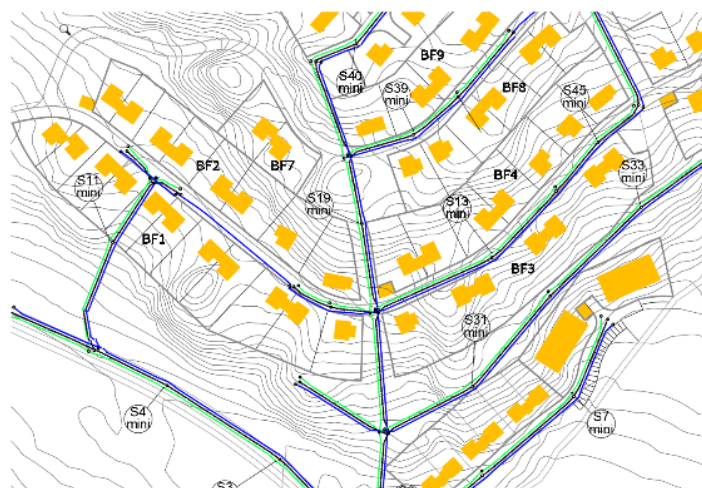
Sammenlignet med vannkummen er spill- og overvannskummer relativt enkle. Kummen består i hovedsak av et rennløp i kumbunnen. Sett bort i fra minikummene har alle spillvannskummer og overvannskummer en diameter på 1000mm. Etter diskusjon med Jørgen Snekvik brukes det betong for alle kummer i denne dimensjonen. Bjugn kommunes VA-norm stiller krav om en maksimal avstand på 75 meter. Det er ingen av traseene som overskrider dette i noen nevneverdig grad. Kummene er ellers plassert med fokus på god hydraulisk utforming. Det foretrekkes at det brukes mest mulig standard kumrenner da det er mer kostbart med spesialbestilte kummer. Bli utvalget av rørdeler for å utføre tilkoblingen for omfattende anlegget det spesialtilpassede rennløp for kumpunktet. Vedlegg 8.F viser en oversikt over de mest vanlige rennene.

4.3.2.3.1 Minikummer

Bjugn kommune foretrekker bruk av minikummer for spillvann og overvann så langt det er mulig. Etter diskusjon med Jørgen Snekvik brukes det PVC for alle minikummer. Hvor man plasserer en minikum må vurderes nøye. Disse kummene har ikke nedstigningsmulighet og brukes i hovedsak til spyling. Ledningsnett til Mebostad B15 har flere traseer, og dermed også mange knutepunkt hvor traseene møtes. Dette gjør at bruk av minikummer i de mest kompliserte knutepunktene er lite gunstig.

Minikummer har små dimensjoner noe som gjør at det er utfordrende å få en god hydraulisk utforming når opp til fire rør skal tilkobles. Dette kan løses ved grenkoblinger før kum. Små dimensjoner er også lite gunstig med tanke på tilrettelegging for drift og vedlikehold. Nedstigningsmuligheten til utførelse av for eksempel TV-kjøring og renovering vil være viktig i disse delene av ledningsnett.

Minikummer plasseres derfor så ofte som mulig, men ikke i kompliserte deler av nettet der det vil kunne bli behov for nedstigning. Figur 4-32 viser en oversikt over plasseringen av minikummer. Figuren markerer for spillvann, men det skal også plasseres minikummer for overvann i disse punktene. Vedlegg 8.G viser en oversikt over minikummer som er brukt for spill- og overvann.



Figur 4-32 Plassering av minikummer

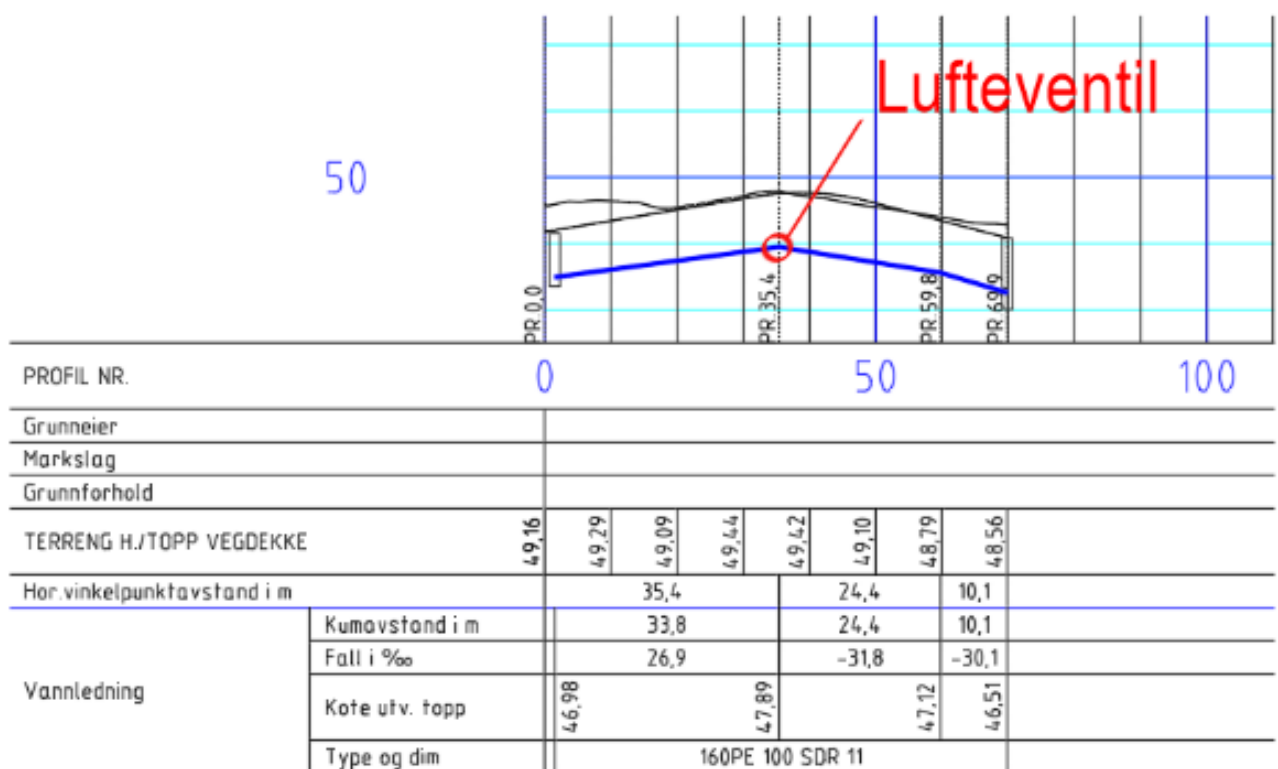
BACHELOROPPGAVE

4.3.2.4 Plassering av tappeventil

Tappeventil skal plasseres i alle lavbrekk av nettet. Det er plassert kummer i alle lavbrekk, disse vil da bli tappepunktene på ledningsnettet. Alle kummer installeres med tappeventiler for mulighet til tømning av vannledningene om nødvendig.

4.3.2.5 Plassering av lufteventil

Det skal plasseres lufteventil i alle høybrekk på nettet. Trasé «Ring Åsvegen (1)», se vedlegg 6.Q, viser eksempel på et høybrekk der det er nødvendig med plassering av lufteventil.



Figur 4-34 Plassering av lufteventil

4.3.2.6 Plassering av vannmålere

Det anbefales å plassere en vannmåler ved påkoblingspunktet på det kommunale nettet for vannforsyningen. Vannmåleren vil sørge for en bedre driftsovervåkning og gi muligheten til å sammenligne det beregnede vannforbruket med det faktiske forbruket.

4.3.2.7 Anleggelse av bend

VA-normen tillater avvinkling med bend mellom kummer for vannledninger. Bruk av bend for overvann og spillvann skal derimot unngås. Ved anleggelse av bend brukes det bare langbend.

Bend på vannledning er lite problematisk. Det er valgt å ikke bruke bend med avvinkling større enn 40 grader ved anleggelse av traseene. Dette med hensyn til den hydrauliske utformingen av ledningsnettets og tilrettelegging for driftsmessige forhold.

Spillvannsledninger og overvannsledninger frakter vann som inneholder store mengder partikler og faste stoffer ved selvføll. Dette kan over tid samle seg og redusere dimensjonen og kapasiteten til røret. Det er da viktig at ledningsnettets er utformet med hensyn til at det holdes jevnlig drift og vedlikehold. Brukes det bend med for stor avvinkling vil en TV-kjøringsbil få problem med å passere bendet. En hyppig bruk av bend vil også føre til flere punkt på nettet der risikoen for tetting øker og ellers dårlig hydraulisk utforming. Traseene er lagt for en minst mulig bruk av bend. Som VA-norm stiller til krav, er det lagt til rette for bruk av bend på opp til 15 grader.

4.3.2.8 Mulige feilkilder

Plantegningene kan være misvisende i forhold til hvordan ledningstraseer og kumgrupper er tegnet i konstruksjonsmodulen i AutoCAD. Dette fordi det er satt inn kobling direkte på ledning istedenfor å sette inn node for hvert bend.

Ved utforming av den vertikale delen av traseene ønsker man å relatere grøften til de planlagte vegene i området. I forhold til dette er det funnet en feil i traseforslaget. Trase Åsvegen (1) seksjon 16-10 har ikke selvføll ned til kumgruppen den er tilknyttet. Skal denne feilen fikses må man gjøre store endringer i traseforslaget. En annen løsning er å etablere betydelig dypere kummer i kumgruppen, noe som i stor grad vil påvirke de tre andre seksjonene som er tilkoblet. På grunnlag av tid og omfang en eventuell endring av denne feilen bærer med seg, er det valgt å la traseen stå som den er.

5 KONKLUSJON

I oppgaven blir det presentert tre forskjellige traseforslag. Av de traseforslagene vurderes traseforslag 1 som den beste løsningen for vannforsyning og avløpshåndtering for området. De andre alternativene vil føre til mer trasé eller pumping av spillvann, og inneholder færre ringsystem. Ved bruk av løsningene presentert for traseforslag 1 vil anlegget oppnå en lav driftskostnad, men kan ha en høy anleggskostnad. Det vil også gi en sikker vannforsyning med ringsystem og høy kapasitet for spill- og overvann. Kummene er plassert etter kravene i VA-normen, hydraulisk utforming og arealeffektivitet, og sikrer tilstrekkelig dekning av brannvann for boligområdet. Påkobling av stikkledninger er plassert i henhold til reguleringsplanen.

For valg av materiale anbefales PVC for alle ledninger. Dette på bakgrunn av VA-normens krav, materialet er lett å håndtere og innkjøpskostnad. På overvannsledningene må det brukes strekkfaste skjøter på strekninger med høy vannhastighet. Dette gjelder spesielt ledningene C4, C5, C6 og C11 i MIKE URBAN-modellen.

Kummer og innhold er også dimensjonert etter VA-normen. Valg av materiale er betong ved dimensjoner på 1000mm og 1600mm, og PVC på 400mm minikummer.

Det er tatt utgangspunkt i at vann- og spillvannsforbruket er likt. Forbruket er beregnet til 4,63 l/s. I påkoblingspunktet til vannforsyningen konkluderes det med at et trykk på 69 mVS er det beste for området.

Overvannsmengdene er basert på IVF-kurven for området, gjentaksintervall på 10 år og varighet 1 time. Resultatene funnet ved MIKE URBAN vurderes som de beste for valg av dimensjoner på overvannsnett, hvor den maksimale vannføringen inn på det kommunale nettet til sammen vil være 884,0 l/s.

Dimensjonen på ledningene er valgt etter standarddimensjonene for PVC etter beregninger, simuleringer og krav gitt i VA-normen. For valgte dimensjoner på ledningsnett, se:

- Vannledninger, figur 4-12
- Spillvannsledninger, tabell 4-4
- Overvannsledninger, figur 4-21

6 REFERANSER

- Basal AS. (2019). Basal Brilljant - Basal. Hentet 4. mai 2019, fra <https://www.basal.no/produkt/75/basal-briljant>
- Bjugn kommune. (2016). *VA-norm Bjugn kommune*.
- Brødrene Dahl. (2016). Trykkavløp. Hentet 19. februar 2019, fra <http://viewer.ipaper.io/dahl/dahl/vmt-va/trykkavloep-2018/#/>
- Direktoratet for byggkvalitet. (2017). TEK17. Hentet 19. februar 2019, fra <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/11/v/11-17/>
- Eikerol, H. M. (2013). Parametere for hydraulisk klassifisering og rørinspeksjonsklassifisering basert på studie i Søråsen, Bærum kommune. 86. Hentet fra http://www.nb.no/idtjeneste/URN:NBN:no-bibsys_brage_41640
- Hafskjold, L. S. (2009). *Trykktap i avløpsnett* (Nr. 172).
- Mosevoll, G. (2010). *Veiledning for bruk av duktile støpejernsrør*. Hamar: Norsk Vann BA.
- Norconsult. (2016). *B4 Overvannsnorm for Bjugn kommune*. 23.
- Norsk Klimaservicesenter. (2019). Hentet 8. april 2019, fra <https://klimaservicesenter.no/faces/desktop/idf.xhtml>
- Pipelife. (2019). Hentet 7. mai 2019, fra <http://katalog.pipelife.no/dev/>
- Rossmann, L. A. (2015). Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1. 2015, 353.
- Skjærstad, Emma Marie. (2013). Norsk Vann - Ledningsnett. Hentet 1. mars 2019, fra <https://www.norskvann.no/index.php/vann/ledningsnett>
- SSB. (2019a). Kommunal vannforsyning. Hentet 18. mars 2019, fra [ssb.no](https://www.ssb.no/kommunefakta/kostra/bjugn/kommunal-vannforsyning) website: <https://www.ssb.no/kommunefakta/kostra/bjugn/kommunal-vannforsyning>
- SSB. (2019b). Kommunefakta Bjugn. Hentet 18. mars 2019, fra [ssb.no](https://www.ssb.no/kommunefakta/bjugn) website: <https://www.ssb.no/kommunefakta/bjugn>
- Stiftelsen VA/Miljø-blad. (2016). Grøfteutførelse stive rør: VA-Miljø. Hentet 20. februar 2019, fra <http://www.va-blad.no/387/>
- Stokkan, J. (2018). Bjugn. I *Store norske leksikon*. Hentet fra <http://snl.no/Bjugn>

BACHELOROPPGAVE

Strand, K. T., & Hansen, G. H. (2017). *Trykkavløp i spredtbygde og urbane strøk*. Hamar: Norsk Vann BA.

Sundet, R. (2019, februar 22). Befolkningsstatistikk - Bjugn kommune. Hentet 18. mars 2019, fra <https://www.bjugn.kommune.no/om-bjugn/befolkningsstatistikk/>

Ødegaard, H., Norheim, B., & Norsk Vann BA. (2014). *Vann- og avløpsteknikk* (2. utg.). Hamar: Norsk Vann.

VEDLEGG

- Vedlegg 1 Forprosjektrapport**
- Vedlegg 2 Rasjonell Metode**
- Vedlegg 3 EPANET**
- Vedlegg 4 SWMM**
- Vedlegg 5 MIKE URBAN**
- Vedlegg 6 Plan- og profiltegninger**
- Vedlegg 7 Grøftetverrsnitt**
- Vedlegg 8 Kumtegninger**

Vedlegg 1

Forprosjektrapport

FORPROSJEKT - RAPPORT

FOR BACHELOROPPGAVE

TITTEL:

MEBOSTAD B15

GRUPPEMEDLEMMER:

Jesper Andreas Oveland Vimme
Martin Ringstad
Ludvik Brunstad

DATO:

01/02-2019

EMNEKODE: *

IB303312

EMNE:

Bacheloroppgave (Bygg)

DOKUMENT TILGANG:

- Åpen

STUDIUM:

VANN OG MILJØTEKNIKK

ANT SIDER/VEDLEGG:

13/1

BIBL. NR:

- Ikke i bruk -

OPPDRAGSGIVER(E)/VEILEDER(E):

Rambøll Trondheim

Martin Johan Tiller (Hovedveileder)

Jørgen Snekvik (Veileder)

NTNU Ålesund

Razak Seidu

OPPGAVE/SAMMENDRAG:

Som første fase av bacheloroppgaven skal et forprosjekt utføres. Dette har som hensikt å gi en oversikt over hovedoppgaven, arbeidsmetoder som skal benyttes og hvilke ressurser det er behov for.

Prosjektgruppen studerer Vann- og miljøteknikk og har inngått en avtale med Rambøll Trondheim om bacheloroppgave. Det skal prosjekteres komplett VA-anlegg for boligfeltet Mebostad B15 i Bjugn kommune, fra forprosjektering til ferdig detaljprosjektering.

Denne oppgaven er en eksamensbesvarelse utført av studenter ved NTNU i Ålesund.

Postadresse

Høgskolen i Ålesund
N-6025 Ålesund
Norway

Besøksadresse

Larsgårdsvegen 2
Internett
www.hials.no

Telefon

70 16 12 00

Epostadresse

postmottak@hials.no

Telefax

70 16 13 00

Bankkonto

7694 05 00636

Foretaksregisteret

NO 971 572 140

INNHOOLD

INNHOOLD	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	5
3.1 AVTALE MED OPPDRAGSGIVER	5
3.2 ARBEIDSSTED OG RESSURSER	5
3.3 GRUPPENORMER – SAMARBEIDSREGLER – HOLDNINGER	5
4 PROSJEKTBESKRIVELSE	6
4.1 PROBLEMSTILLING - MÅLSETTING – HENSIKT	6
4.2 KRAV TIL LØSNING ELLER PROSJEKTRESULTAT – SPESIFIKASJON	7
4.3 INFORMASJONSINNSAMLING – UTFØRT OG PLANLAGT	7
4.4 VURDERING – ANALYSE AV RISIKO	8
4.5 HOVEDAKTIVITETER I VIDERE ARBEID	8
4.6 FRAMDRIFTSPLAN – STYRING AV PROSJEKTET	9
4.6.1 Hovedplan.....	9
4.6.2 Styringshjelpemidler	10
4.6.3 Utviklingshjelpemidler.....	10
4.6.4 Intern kontroll – evaluering.....	10
4.7 BESLUTNINGER – BESLUTNINGSPROSESS	10
5 DOKUMENTASJON	11
5.1 RAPPORTER OG TEKNISKE DOKUMENTER.....	11
PLANLAGTE MØTER OG RAPPORTER	11
5.2 MØTER	11
5.2.1 Møter med styringsgruppen	11
5.2.2 Prosjektmøter.....	11
6 PLANLAGT AVVIKSBEHANDLING	12
VEDLEGG	13

1 INNLEDNING

Oppgaven vi har fått tildelt av oppdragsgiver er en oppgave vi selv ønsket og som vi etterspurte. Dette er på grunnlag av at den omfatter full modellering i Novapoint som er et viktig verktøy innen VA bransjen og gir oss en liten forsmak på jobben som rådgiver.

Ved valg av oppgave la vi stor vekt på å finne et firma med bred ekspertise og lang erfaring. Dette ser vi på som essensielt for å få den beste veiledningen, og Rambøll er et firma som passer disse kriteriene perfekt.

Hovedmålet med bacheloroppgaven er å prosjektere et komplett VA-anlegg for boligfeltet Mebostad B15 i Bjugn kommune, fra forprosjektering til ferdig detaljprosjektering. Prosjekteringen omhandler valg av traséer, prinsipper og løsninger samt detaljerte tegninger og planer for VA-anlegget. Det skal velges kvalitetsløsninger som må vurderes opp mot kostnader.



2 PROSJEKTORGANISASJON

2.1 Prosjektgruppe

Navn	Studentnummer	E-post	Telefonnummer
Jesper A. O. Vimme	476493	Javimme@stud.ntnu.no	95443784
Martin Ringstad	476497	Martring@stud.ntnu.no	46826067
Ludvik Brunstad	476503	Ludvikb@stud.ntnu.no	46957255

2.1.1 Oppgaver for prosjektgruppen – organisering

Det vil ikke bli valgt en prosjektleder, sekretær eller andre roller. Oppgaver og ansvar vil fordeles likt mellom gruppemedlemmene.

Selv om ingen har noe mer overordnet ansvar kan gruppemedlemmene bli tildelt hver sine deloppgaver underveis. Oppgavene vil da fordeles etter diskusjon og enighet i gruppen. Dette vil gjøres for å gi gruppemedlemmene innsikt og erfaring med ulike oppgaver.

Samtlige medlemmer av prosjektgruppen er ansvarlig for å utføre oppgavene de får tildelt/påtar seg, og bidra til at prosjektmålene oppnås.

2.2 Styringsgruppe (veileder og kontaktperson oppdragsgiver)

Navn	Rolle	Organisasjon	E-post	Telefon
Razak Seidu	Veileder	NTNU Ålesund	Rase@ntnu.no	70161507
Johan M. Tiller	Hovedveileder	Rambøll	Johanm.tiller@ramboll.no	
Jørgen Snekvik	Veileder	Rambøll	Jorgen.snekvik@ramboll.no	
Jesper A. O. Vimme	Medlem	Prosjektgruppe	Javimme@stud.ntnu.no	95443784
Martin Ringstad	Medlem	Prosjektgruppe	Martring@stud.ntnu.no	46826067
Ludvik Brunstad	Medlem	Prosjektgruppe	Ludvikb@stud.ntnu.no	46957255

3 AVTALER

3.1 Avtale med oppdragsgiver

Viser til vedlagt avtale (vedlegg 1) mellom prosjektgruppen, Rambøll og NTNU Ålesund.

3.2 Arbeidssted og ressurser

Rambøll stiller med alle nødvendige grunnlagskart og annen informasjon som må ligge til grunne, i tillegg til programvarer dersom det er mangel. Da oppdragsgiver holder til i Trondheim vil mesteparten av oppfølgingen skje over mail, telefon og Skype. Fysiske møter og besøk avtales etter behov hvor Rambøll står for reiseutgifter og opphold. Vi vil under besøk ha tilgang til egne arbeidsrom og andre fasiliteter i deres hovedbygg. Det skal rapporteres ukentlig om fremgang på prosjektet.

3.3 Gruppenormer – samarbeidsregler – holdninger

For at vi skal nå det målet vi har satt oss om karakter og læringsutbytte er flere regler og normer fastsatt og drøftet.

Arbeidsfordelingen skal være lik, og takhøyden for å si ifra er stor. I utgangspunktet sitter vi sammen så langt det er mulig og effektivt, med normale arbeidstimer som vi vil møte senere i arbeidslivet.

Et annet tema vi er opptatt av er at alle skal få det læringsutbyttet som er ønskelig. Spesielt gjelder dette dataprogrammer, som f.eks. Novapoint og Mike Urban, hvor arbeidsoppgavene tilknyttet disse vil bli rullert på.

Rulleringen på oppgavene vil også omfatte utregninger og dimensjonerings, som er viktige egenskaper å mestre videre i arbeidslivet.

Som ferdig utdannet VA-ingeniører ønsker vi at prosjektene vi leverer skal være bærekraftig, der vi gjerne tar i bruk eller i det minste vurderer nye løsninger på markedet. VA-bransjen har et rykte på seg for å ha en svært konservativ holdning og dette ønsker vi å gjøre noe med.

4 PROSJEKTBEKRIVELSE

4.1 *Problemstilling - målsetting – hensikt*

Hovedmålet er å prosjektere et komplett VA-anlegg for boligfeltet Mebostad B15. Fra forprosjektering til ferdig detaljprosjektering.

Dette medfører følgende delmål/resultatmål:

- Valg av ledningstraseer, kumplasseringer og påkobling av stikkledninger med hensyn til reguleringsplan og byggetrinn.
- Valg av materiale og dimensjon på ledninger og kummer med hensyn til beregninger på vann og spillvannsforbruk. Plassering av brannuttak med tilstrekkelig tappekapasitet.
- Overvannsberegninger for hele området basert på relevante IVF-kurver og passende fremgangsmetoder. Dimensjonering av overvannsrør deretter, fordrøying skal også vurderes.
- VA-anlegget skal tegnes i 3D i Novapoint, herfra genereres plan og profiltegninger samt 3D-illustrasjoner.
- Detaljtegninger av kummer lages i Focus Vardak eller tilsvarende programvare.
- Detaljtegninger av grøftesnitt (AutoCAD)
- Utarbeiding av funksjonsbeskrivelse som forklarer veg og begrunnelse av løsninger

Effekt mål:

- Få erfaring med større prosjektarbeid over lengre perioder
- Teste og utvikle den kompetansen som er opparbeidet gjennom studiet
- Forbedre ferdigheter i tidligere brukte programvarer
- Beherske ny programvare
- Forbedre skriveferdigheter
- Bli kjent med oppdragsgivers bedrift og deres arbeidsmetoder

4.2 Krav til løsning eller prosjektresultat – spesifikasjon

Det stilles en del krav til løsninger og resultat ved gjennomføring av prosjektet Mebostad B15. VA-normen og sanitærreglementet til Bjugn kommune må følges. Normen representerer forhåndsgodkjente løsninger på hvordan de kommunaltekniske anleggene skal være eller utføres. Den viser også videre til relevante standarder og forskrifter.

Prosjektet skal leveres og presenteres etter NTNUs oppsatte maler, fremdriftsplan og regelverk.

NTNU Ålesund har følgende krav for at prosjektet skal anses som fullført:

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

Prosjektet anses som fullført fra Rambøll dersom følgende kriterier er oppfylt:

- Det skal leveres full 3D tegning av anlegget i Novapoint, hvor det herfra genereres plan og profiltegninger samt 3D-illustrasjoner.
- Detaljtegninger av kummer
- Detaljtegninger av grøftetverrsnitt
- Funksjonsbeskrivelse som forklarer valg og begrunnelse av løsninger

4.3 Informasjonsinnsamling – utført og planlagt

Status på området:

Helt ubebygd i dag, regulert for boligfelt bestående av eneboliger og tomannsboliger. Ingen industri eller kommersiell drift planlagt. Området består av tre byggetrinn, hvor de øverste boligene er planlagt først. Alle boliger må ha tilgang til vann, spillvann og overvannsledninger samt brannvann når de er ferdigbygd uavhengig av hvilket byggetrinn de er i.

Geotekniske og geografiske forhold:

Bratt fjellparti med lite løsmasser. Det er antatt 0,5 meter med løsmasser over fjell for hele området. Området er per i dag ikke utsatt for flom eller skred.

Vi innehar gode grunnlagsdata i form av tekniske tegninger, nedbørskart, henvisninger og programfiler. Det er vesentlig å holde dialogen med Rambøll og andre relevante aktører for å sikre en god informasjonsflyt videre i prosjektet. Ved manglende informasjon vil Rambøll hjelpe til å skaffe dette.

4.4 Vurdering – analyse av risiko

Vi anser mulighetene for å realisere hovedpunktene i oppgaven som gode. Våre veiledere har god erfaring og kunnskap innenfor de gitte problemstillingene. Dette gjør tilgangen på veiledning god. Vi er tidligere kurset i de fleste programvarene som skal brukes, og dimensjonering samt materialvalg har vært store deler av studiet.

En usikkerhet ved prosjektet er bruken av Mike Urban. Noe av risikoen ved å lære ny programvare er at det er vanskelig å anslå hvor lang tid som er nødvendig. Derfor kan det være risikabelt å sette en for liten tidsramme til denne delen. Det vil også medføre en risiko at en gjør feil ettersom man vil ha liten erfaring på denne plattformen.

For å lykkes med prosjektet er en kontinuerlig arbeidsprosess der vi forholder oss til milepæler og arbeidsmål som er satt på forhånd viktig. Det er også svært viktig å kjenne til hvilke deler av prosjektet som er de mest avgjørende for at det skal lykkes. Vi ser i forhold til dette at valg av en god ledningstrase er kritisk.

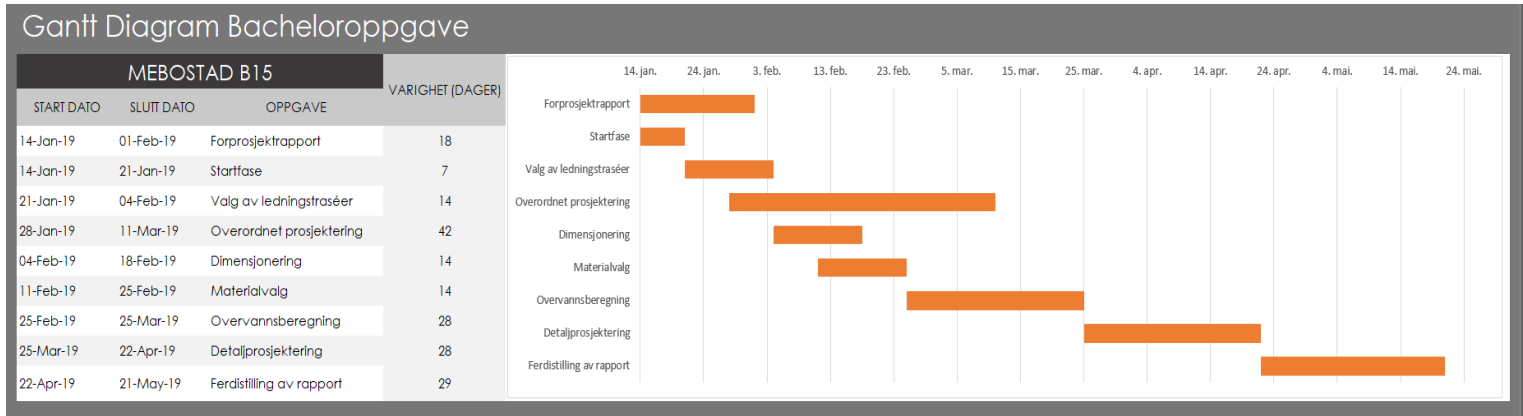
Prosjektgruppen har også vurdert et par ekstra deloppgaver til bacheloroppgaven. Disse omhandler bruken av pumpestasjoner og utarbeiding av mengdeoppsett og kostnadsoverslag. På grunn av usikkerheten rundt arbeidsomfanget er disse oppgavene satt til side frem til vi ser fremdriften av prosjektet. Dersom arbeidet ligger foran den planlagte fremdriftsplanen vil gruppen vurdere å implementere disse i bacheloroppgaven.

4.5 Hovedaktiviteter i videre arbeid

Nr	Hovedaktivitet	Ansvar	Kostnad	Tid (uker)
A1	Startfase	DELT	--	1
B1	Valg av traséer	DELT	--	2
C1	Overordnet prosjektering	DELT	--	6
D1	Overvannsberegning	DELT	--	4
E1	Dimensjonering og materialvalg	DELT	--	3
F1	Detaljprosjektering	DELT	--	4
F2	Detaljtegninger kummer	DELT	--	4
F3	Detaljtegninger grøftetverrsnitt	DELT	--	4
G1	Finjusteringer	DELT	--	4

4.6 Framdriftsplan – styring av prosjektet

4.6.1 Hovedplan



Figuren over viser en tidsplan for de ulike aktivitetene under bachelorprosjektet med startdato, sluttdato, varighet og beskrivelse.

Startfasen i prosjektet vil være den delen der vi møter bedriften og definerer oppgaven. Det er her vi starter med å sette oss inn i oppgaven og ser på omfanget og hva som kreves for løse den.

I den neste hovedaktiviteten skal vi velge hvor ledningstraseen skal legges. Dette vil bli grunnlaget for hele oppgaven.

Under den overordnede prosjekteringen skal vi starte modelleringen i Novapoint. Her skal vi se på alt fra kumplasseringer til grøfteutforming, hvor vi bruker VA-normen til kommunen. Overvannsberegning vil være en sentral aktivitet der vi skal lære oss MIKE URBAN, som er et vanlig verktøy blant rådgivere i VA-bransjen.

Når ledninger og kummer er plassert og overvannsmengdene er beregnet skal vi starte å dimensjonere. I denne delen skal det dimensjoneres for vannforbruk, spillvann og overvann, samt valg av materialer.

I slutfasen skal vi detaljprosjekttere. Dette omfatter utarbeiding av detaljtegninger til kummer, grøfter og andre viktige elementer som vanligvis leveres med et ferdigstilt prosjekt. Helt til slutt skal vi bruke den resterende tiden på å finjustere tegninger og ferdigstille rapporten. Av erfaring er dette en svært tidkrevende del og har derfor valgt å sette av god tid til denne fasen.

4.6.2 Styringshjelpemidler

For å hjelpe til med planleggingen av prosjektet bruker vi fremdriftsplanen/Gantt-diagrammet som et styringsmiddel for å nå milepæler. Vi vil også bruke forprosjektrapporten aktivt gjennom hele prosjektet.

4.6.3 Utviklingshjelpemidler

Følgende utstyr/programvare er nødvendig for å gjennomføre prosjektet:

- Microsoft Office
- Novapoint & Quadri
- EPANET
- MIKE URBAN
- Autodesk AutoCAD
- Autodesk Sketchbook
- OneDrive Cloud NTNU

Programvarelisenser gis av NTNU i Ålesund. Rambøll bistår dersom det mangler tilgang på programvare NTNU ikke kan skaffe.

Litteratur:

- Geotekniske rapporter
- Vann- og avløpsteknikk, Hallvard Ødegaard, Norsk Vann 2012

4.6.4 Intern kontroll – evaluering

Internkontroll vil i hovedsak foregå gjennom loggføring hver 14. dag. Dette vil gi oss en god oversikt over hvordan vi fordeler arbeidsmengde og prioriteringer.

Et mål/delmål er nådd når gruppen er enstemmige om å gå videre. Ved usikkerhet i gruppen vil vi drøfte dette med veiledere.

4.7 *Beslutninger – beslutningsprosess*

Avgrensinger og presiseringer som er gjort i forhold til oppgaven har blitt satt etter drøfting internt i prosjektgruppen, samt diskusjon med veileder(e). Fokuset her har vært på hvilke fagområder vi ser på som mest relevante for videre jobb, og hvilke som gir best forutsetninger for fullføring av prosjektet innenfor den gitte tidsrammen.

Fremtidige beslutninger for prosjektet håndteres på samme måte, ved drøfting internt samt med styringsgruppen.

5 DOKUMENTASJON

5.1 *Rapporter og tekniske dokumenter*

- Fremdrifts log/timelister hver 14. dag under hele prosjektperioden
- Detaljtegninger av kummer og grøfter
- Plan- og profiltegninger
- Funksjonsbeskrivelse som forklarer valg og begrunnelse av løsninger
- Papir og elektronisk utgave av bacheloroppgaven leveres til veileder. Frist 20. mai

Alle dokumenter vil underveis i prosjektet lagres både lokalt hos gruppe medlemmene og nettbasert i NTNU sin OneDrive sky.

Vi har avtale med Rambøll om gratis utskrift og kopiering der dette er nødvendig.

PLANLAGTE MØTER OG RAPPORTER

5.2 *Møter*

5.2.1 Møter med styringsgruppen

Det er avtalt å møte veilederen fra NTNU en fastsatt dag hver uke, eventuelt hyppigere dersom vi finner dette nødvendig. Tidspunkt og dag vil bli bestemt etter hvert, da veileder er utilgjengelig frem til 10.02.19. Her vil fremdriften og eventuelle problemer bli drøftet. Planlagte fysiske møter med veilederne i Rambøll vil avtales etter behov. Møtene vil ellers foregå over telefon/Skype annenhver tirsdag.

5.2.2 Prosjektmøter

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 gruppe medlemmene informere hverandre om fremdriften dersom det jobbes med separate oppgaver.

6 PLANLAGT AVVIKSBEHANDLING

Dersom prosjektet ikke går som planlagt må framdriftsplanen revurderes og eventuelle avgrensninger vurderes.

Ved tidsmessige avvik må gruppen vurdere hvilke tiltak som må gjøres, for eksempel arbeid utover planlagte arbeidstider eller innsnevring av aktiviteter.

Hvis innholdet i en av aktivitetene ikke lar seg gjennomføre må det tas en vurdering internt i prosjektgruppen og med styringsgruppen om aktiviteten skal endres eller fjernes.

Ansvarsfordelingen er lik mellom medlemmene i prosjektgruppen. Det er et felles ansvar for å varsle om avvik tidlig i prosessen. Dette kan for eksempel være hvis enkeltmedlemmer henger etter med deloppgaver til det planlagte tidskjemaet og lignende. Ved avvik har gruppen et felles ansvar for å rette det opp.

VEDLEGG

Vedlegg 1

Avtale med oppdragsgiver



Avdeling for ingeniør- og realfag

1 av 2

Bacheloroppgave 2019

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:

Martin Ringstad, Jesper A.O. Vinne, Ludvik Brunstad

Forpliktelser NTNU i Ålesund:

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

Postadresse
Postboks 1517
6025 Ålesund

Org.nr. 974 767 880
postmottak@alesund.ntnu.no

Besøksadresse
Larsgårdsvegen 2
6009 Ålesund

Telefon
+47 73 59 50 00

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

- 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 opsatt 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.
- Forsikre studentene som om de var tilsatt i firmaet. (Spesielt ulykkesforsikring når studentene er ute på anlegg).

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: 21.11.18



NTNU i Ålesund



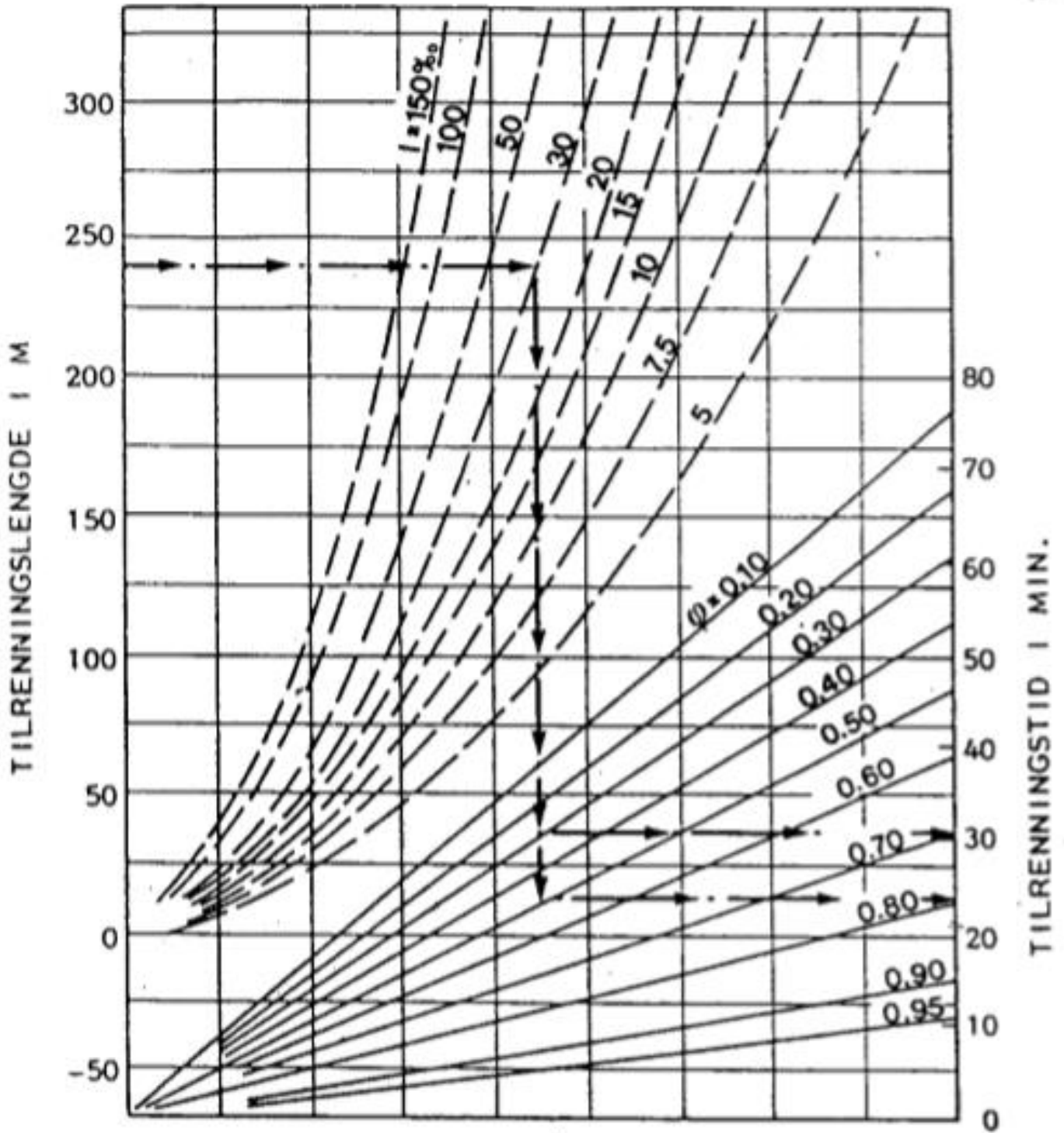
Oppdragsgiver (bedrift)

Martin Ringstad
Audvik Brunstad
Jesper Andreas Orskov Vimmer

Student(ene)

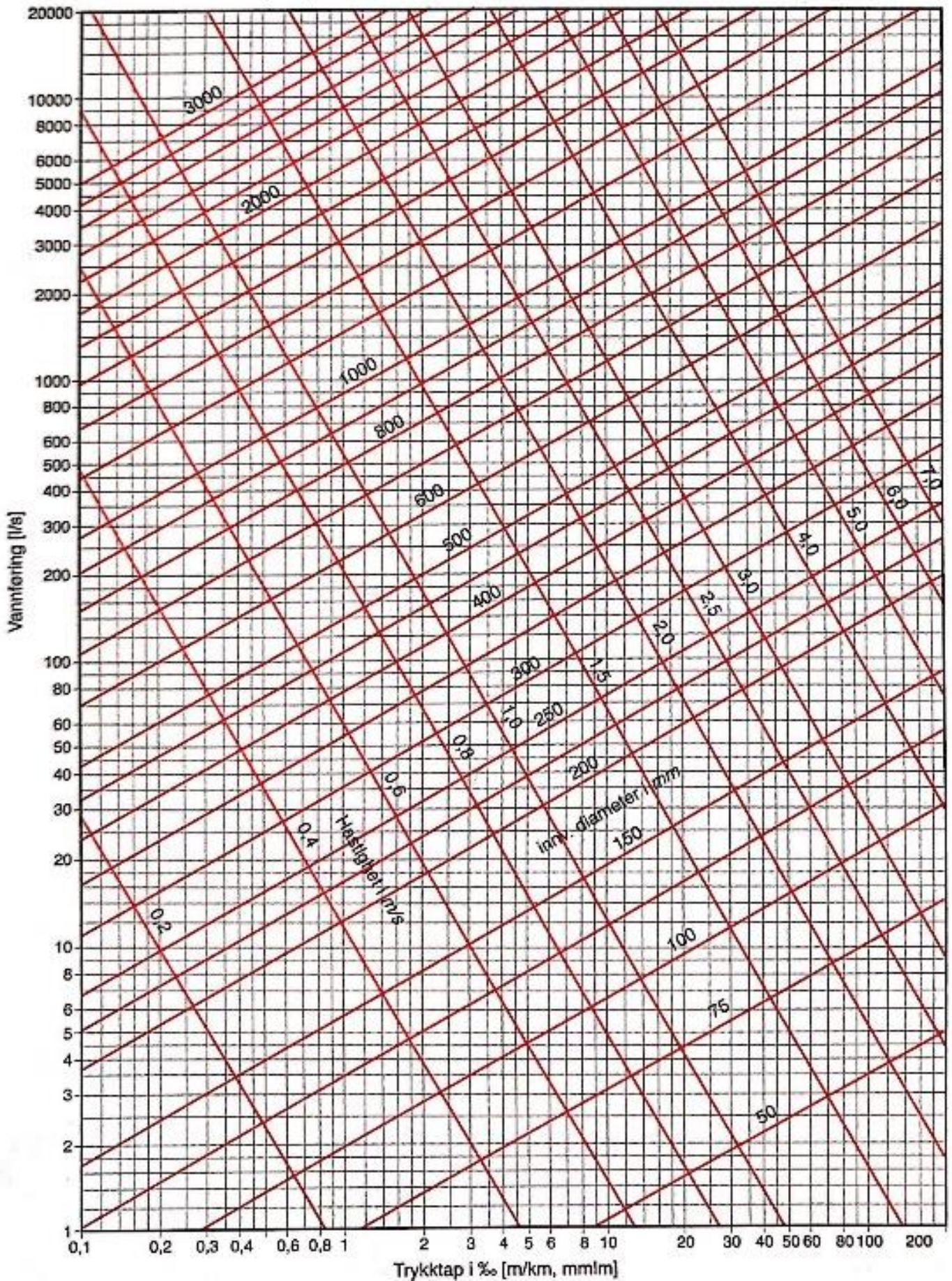
Vedlegg 2

Rasjonell Metode



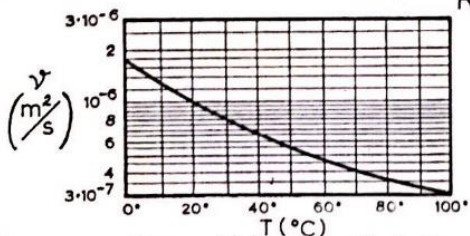
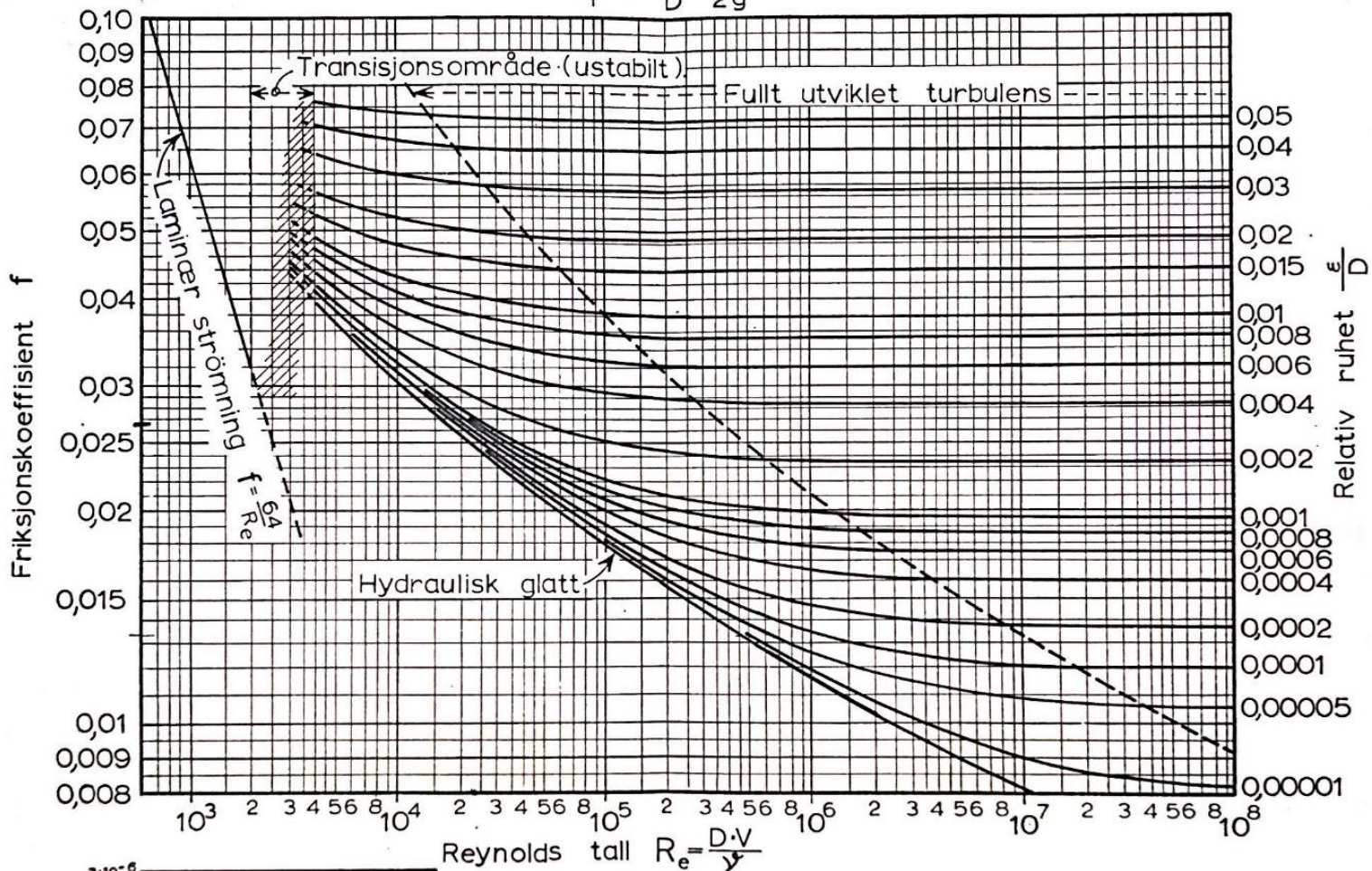
Colebrooks formel for $k=0,2 \text{ mm}$

Trykktapsdiagram for rørledninger ved transport av vann ved 10 grader celsius



DARCY-WEISBACH'S FORMEL FOR FALLTAP I RØR :

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

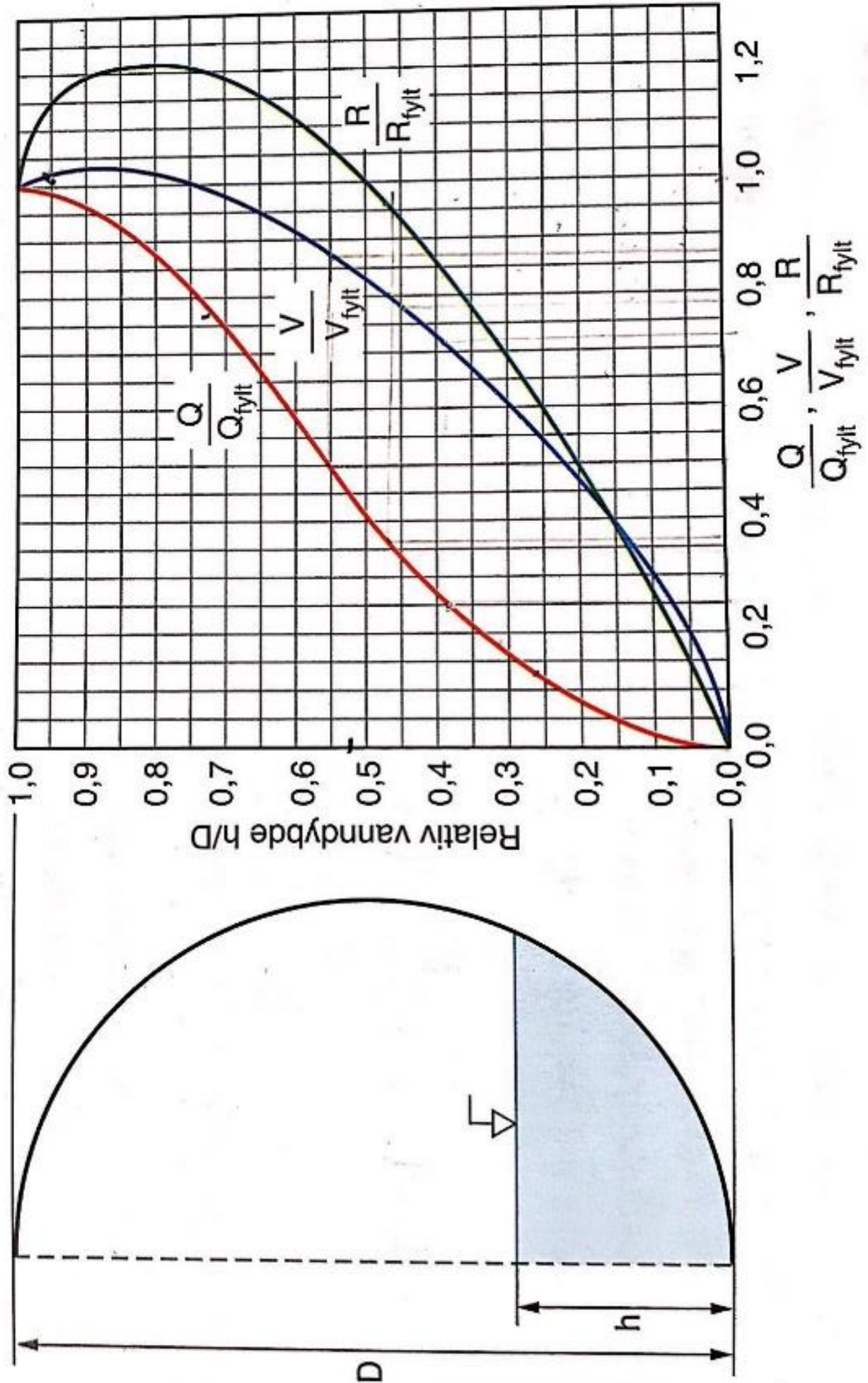


Kinematisk viskositet ν for vann, som funksjon av temperatur.

ABSOLUTT RUHET ϵ i mm, nye rør	
Glass, kobber, messing, bly, plast	— Glatt
Valset jern og stål	— — — 0,03-0,09
Asfaltert støpejern	— — — 0,06-0,18
Galvanisert jern	— — — 0,06-0,24
Støpejern	— — — 0,12-0,60
Betong	— — — 0,30-3,0
Naglet stål	— — — 0,90-9,0
Tre	— — — 0,2-1,0

Delfylingsdiagram

For et sirkulært rørtverrsnitt



Delområde 1

Areal=1,8ha

Avrenningskoeffisient=0,5

Klimafaktor=1,3

Høyde topp=82m

Høyde nærmeste sluk=48

$$\Delta h = 82m - 48m = 34m$$

Lengde fra topp til nærmeste sluk = 168m

Dette gir et fall på

$$\frac{34}{168} * 1000 = 202\text{‰}$$

Finner $t_t=11\text{min}$

Lengde ledning = 126m

Midlere fall på ledning=95‰

Velger en vannhastighet i ledning på 2m/s. Da blir

$$t_s = \frac{126m}{2m/s} = 63s = 1,05min$$

$$t_k = t_t + t_s = 11 + 1,05 = 12,05min$$

$$I = 128 l/s * ha$$

$$Q = 0,5 * 1,8ha * 128 l/s * ha * 1,3 = 149,8 l/s$$

Colebrooks gir $d=210\text{mm}$ og $V_f=4,4\text{ m/s}$.

Runder opp til nærmeste standard dimensjon=250mm, veggtykkelse 7,3mm.

Innvendig diameter blir: $250-7,3*2=235,4\text{mm}$

$$\frac{k}{D} = \frac{0,5}{235,4} = 0,002$$

Darcy-Weisbachs formel for falltap i rør gir $f = 0,024$

$$Q_f = \pi * \left(\frac{0,2354}{2}\right)^2 * \sqrt{\frac{95 * 0,2354 * 2 * 9,81}{0,024 * 1000}} = 0,1861 m^3/s = 186,1 l/s$$

$$\frac{Q}{Q_f} = \frac{149,8 l/s}{186,1 l/s} = 0,8$$

Delfyllingsdiagrammet gir

$$\frac{V}{V_f} = 1,0$$

$$v = 1,0 * 4,4 m/s = 4,4 m/s$$

Delområde 2

Areal=1,99 ha

Avrenningskoeffisient=0,5

Klimafaktor=1,3

Høyde topp=99m

Høyde nærmeste sluk= 72

$$\Delta h = 99\text{m} - 72\text{m} = 27\text{m}$$

Lengde fra topp til nærmeste sluk = 235m

Dette gir et fall på

$$\frac{27}{235} * 1000 = 115\text{‰}$$

Finner $t_t=15\text{min}$

Lengde ledning = 164m

Midlere fall på ledning=61‰

Velger en vannhastighet i ledning på 2m/s. Da blir

$$t_s = \frac{164\text{m}}{2\text{m/s}} = 82\text{s} = 1,4\text{min}$$

$$t_k = t_t + t_s = 15 + 1,4 = 16,4\text{min}$$

$$I = 107\text{l/s} * \text{ha}$$

$$Q = 0,5 * 1,99\text{ha} * 107\text{l/s} * \text{ha} * 1,3 = 138,4\text{l/s}$$

Colebrooks gir $d=230\text{mm}$ og $V_f=4,0\text{ m/s}$.

Runder opp til nærmeste standard dimensjon=50mm, veggtykkelse 7,3mm

Innvendig diameter blir: $250-7,3*2=235,4$

$$\frac{k}{D} = \frac{0,5}{235,4} = 0,002$$

Darcy-Weisbachs formel for falltap i rør gir $f = 0,024$

$$Q_f = \pi * \left(\frac{0,2354}{2}\right)^2 * \sqrt{\frac{61 * 0,2354 * 2 * 9,81}{0,024 * 1000}} = 0,1491\text{ m}^3/\text{s} = 149,1\text{ l/s}$$

$$\frac{Q}{Q_f} = \frac{138,4\text{ l/s}}{149,1\text{ l/s}} = 0,93$$

Delfyllingsdiagrammet gir

$$\frac{V}{V_f} = 1,03$$

$$v = 1,03 * 4,0\text{ m/s} = 4,12\text{ m/s}$$

Delområde 3

Areal=2,36ha
 Avrenningskoeffisient=0,5
 Klimafaktor=1,3
 Høyde topp=88m
 Høyde nærmeste sluk=59

$$\Delta h = 88\text{m} - 59\text{m} = 29\text{m}$$

Lengde fra topp til nærmeste sluk = 187m
 Dette gir et fall på

$$\frac{29}{187} * 1000 = 155\text{‰}$$

Finner $t_t=13\text{min}$
 Lengde ledning = 444m
 Midlere fall på ledning=45‰
 Velger en vannhastighet i ledning på 2m/s. Da blir

$$t_s = \frac{444\text{m}}{2\text{ m/s}} = 222\text{s} = 3,7\text{min}$$

$$t_k = t_t + t_s = 13 + 3,7 = 16,7\text{min}$$

$$I = 105\text{ l/s} * \text{ha}$$

$$Q = 0,5 * 2,36\text{ha} * 105\text{ l/s} * \text{ha} * 1,3 = 161,0\text{ l/s}$$

Colebrooks gir $d=250\text{mm}$ og $V_f=3,3\text{ m/s}$.
 Runder opp til nærmeste standard dimensjon=315mm, veggtykkelse 9,2mm
 Innvendig diameter blir: $315-9,2*2=296,6$

$$\frac{k}{D} = \frac{0,5}{296,6} = 0,0017$$

Darcy-Weisbachs formel for falltap i rør gir $f = 0,0225$

$$Q_f = \pi * \left(\frac{0,2966}{2}\right)^2 * \sqrt{\frac{45 * 0,2966 * 2 * 9,81}{0,0225 * 1000}} = 0,2357\text{ m}^3/\text{s} = 235,7\text{ l/s}$$

$$\frac{Q}{Q_f} = \frac{161,0\text{ l/s}}{235,7\text{ l/s}} = 0,68$$

Delfyllingsdiagrammet gir

$$\frac{V}{V_f} = 0,96$$

$$v = 0,96 * 3,3\text{ m/s} = 3,2\text{ m/s}$$

Delområde 4

Areal=0,49ha
 Avrenningskoeffisient=0,5
 Klimafaktor=1,3
 Høyde topp=67m
 Høyde nærmeste sluk=49

$$\Delta h = 67\text{m} - 49\text{m} = 18\text{m}$$

Lengde fra topp til nærmeste sluk = 104m
 Dette gir et fall på

$$\frac{18}{104} * 1000 = 173\text{‰}$$

Finner $t_t=7\text{min}$
 Lengde ledning = 51m
 Midlere fall på ledning=10‰
 Velger en vannhastighet i ledning på 2m/s. Da blir

$$t_s = \frac{51\text{m}}{2\text{m/s}} = 25,5\text{s} = 0,4\text{min}$$

$$t_k = t_t + t_s = 7 + 0,4 = 7,4\text{min}$$

$$I = 140\text{ l/s} * \text{ha}$$

$$Q = 0,5 * 0,49\text{ha} * 140\text{ l/s} * \text{ha} * 1,3 = 44,6\text{ l/s}$$

Colebrooks gir $d=205\text{mm}$ og $V_f=1,75\text{ m/s}$.
 Runder opp til nærmeste standard dimensjon=250mm, veggtykkelse 7,3mm
 Innvendig diameter blir: $250-7,3*2=235,4\text{mm}$

$$\frac{k}{D} = \frac{0,5}{235,4} = 0,002$$

Darcy-Weisbachs formel for falltap i rør gir $f = 0,024$

$$Q_f = \pi * \left(\frac{0,2354}{2}\right)^2 * \sqrt{\frac{10 * 0,2354 * 2 * 9,81}{0,024 * 1000}} = 0,0603\text{ m}^3/\text{s} = 60,3\text{ l/s}$$

$$\frac{Q}{Q_f} = \frac{44,6\text{ l/s}}{60,3\text{ l/s}} = 0,74$$

Delfyllingsdiagrammet gir

$$\frac{V}{V_f} = 0,975$$

$$v = 0,975 * 1,75\text{ m/s} = 1,7\text{ m/s}$$

Delområde 5

Areal=0,81ha
 Avrenningskoeffisient=0,5
 Klimafaktor=1,3
 Høyde topp=76m
 Høyde nærmeste sluk=72

$$\Delta h = 76\text{m} - 72\text{m} = 4\text{m}$$

Lengde fra topp til nærmeste sluk = 63m
 Dette gir et fall på

$$\frac{4}{63} * 1000 = 63\text{‰}$$

Finner $t_t=8\text{min}$
 Lengde ledning = 118m
 Midlere fall på ledning=85‰
 Velger en vannhastighet i ledning på 2m/s. Da blir

$$t_s = \frac{118\text{m}}{2\text{ m/s}} = 59\text{s} = 0,98\text{min}$$

$$t_k = t_t + t_s = 8 + 0,98 = 8,98\text{min}$$

$$I = 140\text{ l/s} * \text{ha}$$

$$Q = 0,5 * 0,81\text{ha} * 140\text{ l/s} * \text{ha} * 1,3 = 73,7\text{ l/s}$$

Colebrooks gir $d=165\text{mm}$ og $V_f=3,6\text{ m/s}$.
 Runder opp til nærmeste standard dimensjon=200mm, veggtykkelse 5,9mm
 Innvendig diameter blir: $200-5,9*2=188,2\text{mm}$

$$\frac{k}{D} = \frac{0,5}{188,2} = 0,0027$$

Darcy-Weisbachs formel for falltap i rør gir $f = 0,026$

$$Q_f = \pi * \left(\frac{0,1882}{2}\right)^2 * \sqrt{\frac{85 * 0,1882 * 2 * 9,81}{0,026 * 1000}} = 0,0967\text{ m}^3/\text{s} = 96,7\text{ l/s}$$

$$\frac{Q}{Q_f} = \frac{73,7\text{ l/s}}{96,7\text{ l/s}} = 0,76$$

Delfyllingsdiagrammet gir

$$\frac{V}{V_f} = 0,985$$

$$v = 0,985 * 3,6\text{ m/s} = 3,5\text{ m/s}$$

Delområde 6

Areal=1,83ha
 Avrenningskoeffisient=0,5
 Klimafaktor=1,3
 Høyde topp=88m
 Høyde nærmeste sluk=70

$$\Delta h = 88\text{m} - 70\text{m} = 18\text{m}$$

Lengde fra topp til nærmeste sluk = 110m
 Dette gir et fall på

$$\frac{18}{110} * 1000 = 164\text{‰}$$

Finner $t_t=8\text{min}$
 Lengde ledning = 266m
 Midlere fall på ledning=71‰
 Velger en vannhastighet i ledning på 2m/s. Da blir

$$t_s = \frac{266\text{m}}{2\text{ m/s}} = 133\text{s} = 2,2\text{min}$$

$$t_k = t_t + t_s = 8 + 2,2 = 10,2\text{min}$$

$$I = 139\text{ l/s} * \text{ha}$$

$$Q = 0,5 * 1,83\text{ha} * 139\text{ l/s} * \text{ha} * 1,3 = 165,3\text{ l/s}$$

Colebrooks gir $d=235\text{mm}$ og $V_f=4,1\text{ m/s}$.
 Runder opp til nærmeste standard dimensjon=315mm, veggtykkelse 9,2mm
 Innvendig diameter blir: $315-9,2*2=296,6\text{mm}$

$$\frac{k}{D} = \frac{0,5}{296,6} = 0,0017$$

Darcy-Weisbachs formel for falltap i rør gir $f = 0,0225$

$$Q_f = \pi * \left(\frac{0,2966}{2}\right)^2 * \sqrt{\frac{71 * 0,23 * 2 * 9,81}{0,0225 * 1000}} = 0,2961\text{ m}^3/\text{s} = 296,1\text{ l/s}$$

$$\frac{Q}{Q_f} = \frac{165,3\text{ l/s}}{296,1\text{ l/s}} = 0,56$$

Delfyllingsdiagrammet gir

$$\frac{v}{v_f} = 0,9$$

$$v = 0,9 * 4,1\text{ m/s} = 3,7\text{ m/s}$$

Delområde 7

Areal=0,94ha
 Avrenningskoeffisient=0,5
 Klimafaktor=1,3
 Høyde topp=48m
 Høyde nærmeste sluk=37

$$\Delta h = 48\text{m} - 37\text{m} = 11\text{m}$$

Lengde fra topp til nærmeste sluk = 58m
 Dette gir et fall på

$$\frac{11}{58} * 1000 = 190\text{‰}$$

Finner $t_t=6\text{min}$
 Lengde ledning = 202m
 Midlere fall på ledning=40‰
 Velger en vannhastighet i ledning på 2m/s. Da blir

$$t_s = \frac{202\text{m}}{2\text{ m/s}} = 101\text{s} = 1,7\text{min}$$

$$t_k = t_t + t_s = 6 + 1,7 = 7,7\text{min}$$

$$I = 140\text{ l/s} * \text{ha}$$

$$Q = 0,5 * 0,94\text{ha} * 140\text{ l/s} * \text{ha} * 1,3 = 85,5\text{ l/s}$$

Colebrooks gir $d=200\text{mm}$ og $V_f=2,75\text{ m/s}$.
 Runder opp til nærmeste standard dimensjon=250mm, veggtykkelse 7,3mm
 Innvendig diameter blir: $250-7,3*2=235,4\text{mm}$

$$\frac{k}{D} = \frac{0,5}{235,4} = 0,002$$

Darcy-Weisbachs formel for falltap i rør gir $f = 0,024$

$$Q_f = \pi * \left(\frac{0,2354}{2}\right)^2 * \sqrt{\frac{40 * 0,2354 * 2 * 9,81}{0,024 * 1000}} = 0,1208\text{ m}^3/\text{s} = 120,8\text{ l/s}$$

$$\frac{Q}{Q_f} = \frac{85,5\text{ l/s}}{120,8\text{ l/s}} = 0,71$$

Delfyllingsdiagrammet gir

$$\frac{V}{V_f} = 0,96$$

$$v = 0,96 * 2,75\text{ m/s} = 2,64\text{ m/s}$$

Delområde 8

Areal=0,41ha
 Avrenningskoeffisient=0,5
 Klimafaktor=1,3
 Høyde topp=49m
 Høyde nærmeste sluk=45

$$\Delta h = 49\text{m} - 45\text{m} = 4\text{m}$$

Lengde fra topp til nærmeste sluk = 70m
 Dette gir et fall på

$$\frac{4}{70} * 1000 = 57\text{‰}$$

Finner $t_t=8\text{min}$
 Lengde ledning = 47m
 Midlere fall på ledning=42‰
 Velger en vannhastighet i ledning på 2m/s. Da blir

$$t_s = \frac{47\text{m}}{2\text{m/s}} = 23,5\text{s} = 0,4\text{min}$$

$$t_k = t_t + t_s = 8 + 0,4 = 8,4\text{min}$$

$$I = 140\text{ l/s} * \text{ha}$$

$$Q = 0,5 * 0,41\text{ha} * 140\text{ l/s} * \text{ha} * 1,3 = 37,3\text{ l/s}$$

Colebrooks gir $d=146\text{mm}$ og $V_f=2,3\text{ m/s}$.
 Runder opp til nærmeste standard dimensjon=160mm, veggtykkelse 4,7mm
 Innvendig diameter blir: $160-4,7*2=150,6\text{mm}$
 $\frac{k}{D} = \frac{0,5}{150,6} = 0,0033$

Darcy-Weisbachs formel for falltap i rør gir $f = 0,027$

$$Q_f = \pi * \left(\frac{0,1506}{2}\right)^2 * \sqrt{\frac{42 * 0,1506 * 2 * 9,81}{0,027 * 1000}} = 0,0382\text{ m}^3/\text{s} = 38,2\text{ l/s}$$

$$\frac{Q}{Q_f} = \frac{37,3\text{ l/s}}{38,2\text{ l/s}} = 0,98$$

Delfyllingsdiagrammet gir

$$\frac{V}{V_f} = 1,1$$

$$v = 1,1 * 2,3\text{ m/s} = 2,5\text{ m/s}$$

Hovedtrasée

Område L1 blir en fortsettelse fra delområde 2 og vil ha samme diameter på 250mm

Område L2

Vannføring [l/s] = 142,3 + 73,7 = 216 l/s

Lengde ledning på strekning = 85m

Midlere fall på strekning = 130‰

Diameter nødvendig blir 225mm.

Nærmeste standard blir 250mm

Område L3

Vannføring [l/s] = 216 + 44,6 + 165,3 + 37,3 = 463,2 l/s

Lengde ledning på strekning = 65m

Midlere fall på strekning = 184‰

Diameter nødvendig blir 300mm.

Nærmeste standard blir 400mm

Område L4

Vannføring [l/s] = 463,2 + 161 = 624,2 l/s

Lengde ledning på strekning = 73m

Midlere fall på strekning = 123‰

Diameter nødvendig blir 345mm.

Nærmeste standard blir 400mm

Vannhastighet:

$$\frac{0,5}{376,6} = 0,0013$$

Moodys gir $f=0,021$

$$Q_f = \pi * \left(\frac{0,3766}{2}\right)^2 * \sqrt{\frac{123 * 0,3766 * 2 * 9,81}{0,021 * 1000}} = 732,8 \text{ l/s}$$

$$\frac{Q}{Q_f} = \frac{624,2 \text{ l/s}}{732,8 \text{ l/s}} = 0,85$$

Delfyllingsdiagrammet gir

$$\frac{V}{V_f} = 1,1$$

$$v = 1,1 * 6,8 \text{ m/s} = 7,5 \text{ m/s}$$

Vedlegg 3

EPANET

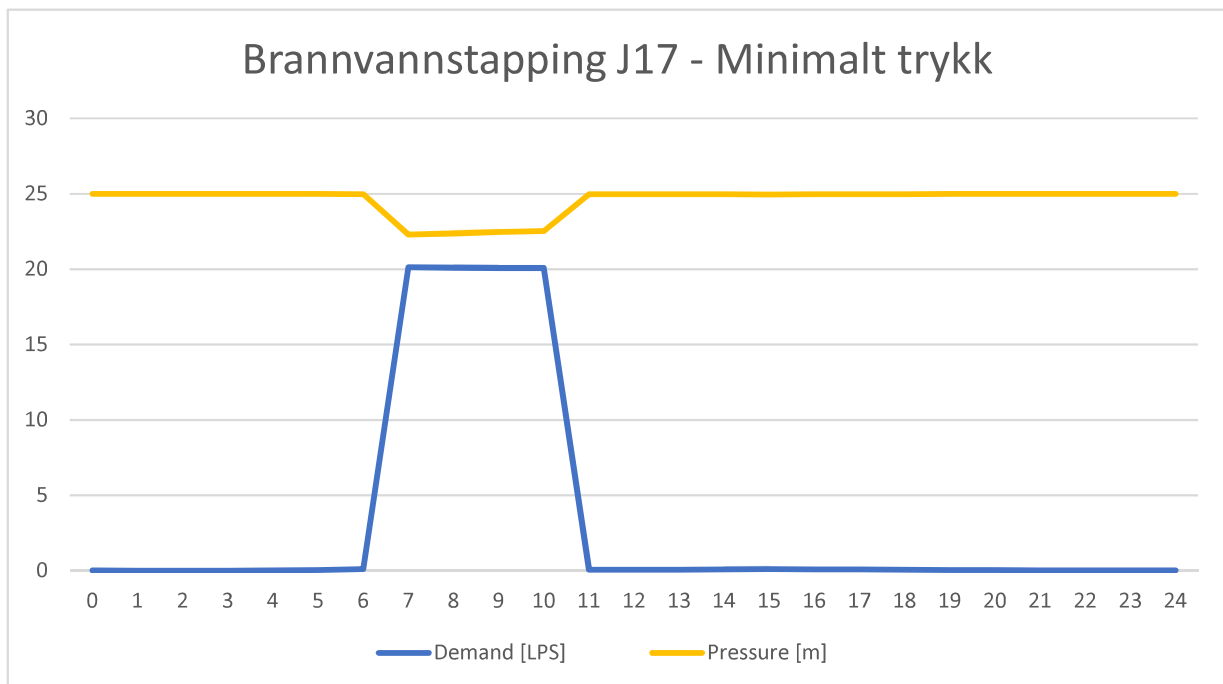
Beregning av vannmengder

fmaks = 1,0
 kmaks = 1,0

DIMENSJONERENDE VANNFORBRUK						BASEDEMAND I NODER		
Bolignummer	Pe	l/s	Bolignummer	Pe	l/s	Node	Bolignummer	l/s
Trase 1 Profil 0-189			Trase 3 Profil 0-481,21			Trase 1 Profil 0-189		
1	7	0,016	34	7	0,016	J22	1, 2	0,032
2	7	0,016	35	3,5	0,008	J3	3	0,016
3	7	0,016	36	3,5	0,008	J4	4, 5	0,208
4	40	0,093	37	7	0,016	Trase 2 Profil 0-672,32		
5	50	0,116	38	7	0,016	J8	6, 7, 8, 20	0,049
Total for felt	111,000	0,257	39	7	0,016	J7	21, 22, 34	0,049
Trase 2 Profil 0-672,32			40	7	0,016	J11	9	0,016
6	3,5	0,008	41	3,5	0,008	J6	23	0,008
7	3,5	0,008	42	7	0,016	J27	10, 11, 12	0,041
8	7	0,016	43	7	0,016	J5	13, 24	0,016
9	7	0,016	44	3,5	0,008	J13	25	0,016
10	7	0,016	45	7	0,016	J1	14	0,016
11	7	0,016	Total for felt	70,000	0,162	J28	26, 27, 28, 29	0,041
12	3,5	0,008	Trase 4 Profil 0-104,40			J12	15, 16	0,032
13	3,5	0,008	46	3,5	0,008	J14	30, 39	0,024
14	7	0,016	47	7	0,016	J25	17, 18	0,032
15	7	0,016	48	7	0,016	J26	19	0,016
16	7	0,016	49	3,5	0,008	J15	31, 32, 40	0,032
17	7	0,016	50	7	0,016	J16	33	0,008
18	7	0,016	51	7	0,016	Trase 3 Profil 0-481,21		
19	7	0,016	52	3,5	0,008	J20	35, 36, 41	0,024
20	7	0,016	Total for felt	38,500	0,089	J19	37, 38, 42, 43	0,065
21	7	0,016	Totalt		0,86	J17	44, 45	0,024
22	7	0,016		370,00	3,08	Trase 4 Profil 0-104,40		
23	3,5	0,008		74,00		J21	46, 47, 49, 50	0,05
24	3,5	0,008				J18	48, 51, 52	0,041
25	7	0,016				Totalt		0,856
26	7	0,016						
27	3,5	0,008						
28	3,5	0,008						
29	3,5	0,008						
30	3,5	0,008						
31	3,5	0,008						
32	3,5	0,008						
33	3,5	0,008						
Total for felt	150,500	0,348						

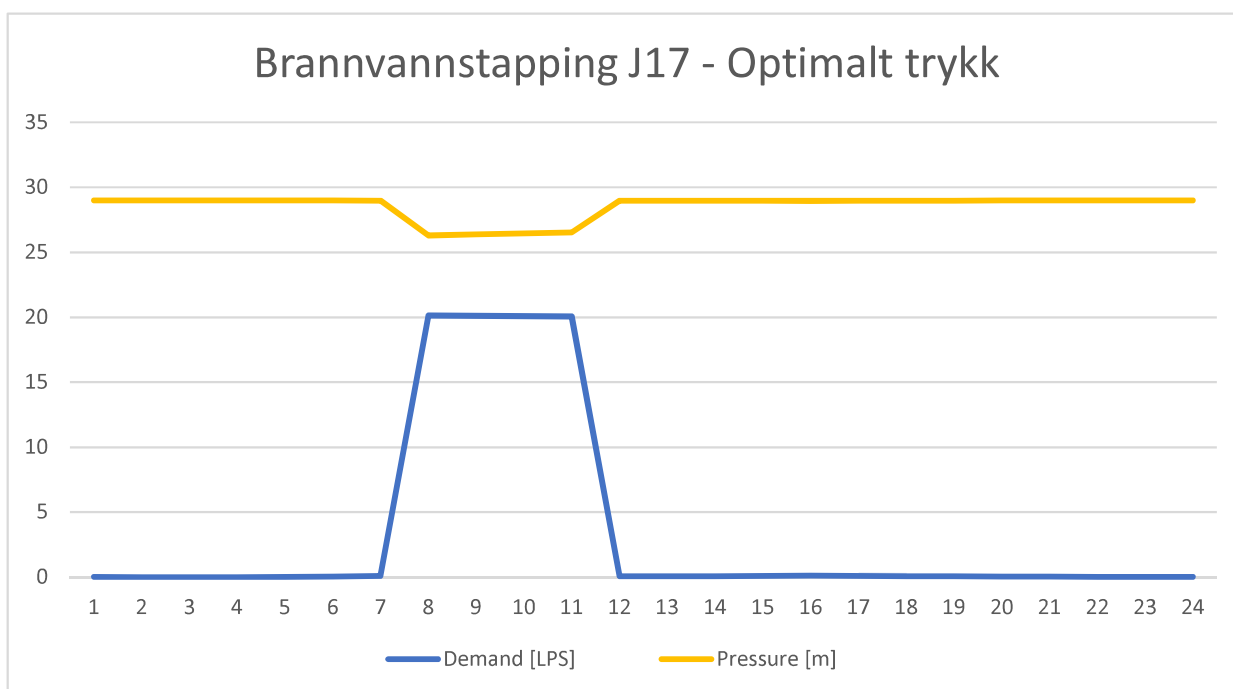
Brannvannstapping J17 - Minimalt trykk

Time	Demand [LPS]	Head [m]	Pressure [m]
0	0,02	94,00	25,00
1	0,01	94,00	25,00
2	0,01	94,00	25,00
3	0,01	94,00	25,00
4	0,03	94,00	25,00
5	0,05	93,99	24,99
6	0,10	93,97	24,97
7	20,13	91,30	22,30
8	20,11	91,38	22,38
9	20,09	91,47	22,47
10	20,07	91,54	22,54
11	0,06	93,98	24,98
12	0,06	93,98	24,98
13	0,07	93,98	24,98
14	0,09	93,97	24,97
15	0,11	93,95	24,95
16	0,09	93,97	24,97
17	0,08	93,98	24,98
18	0,07	93,98	24,98
19	0,05	93,99	24,99
20	0,04	93,99	24,99
21	0,03	94,00	25,00
22	0,02	94,00	25,00
23	0,02	94,00	25,00
24	0,02	94,00	25,00



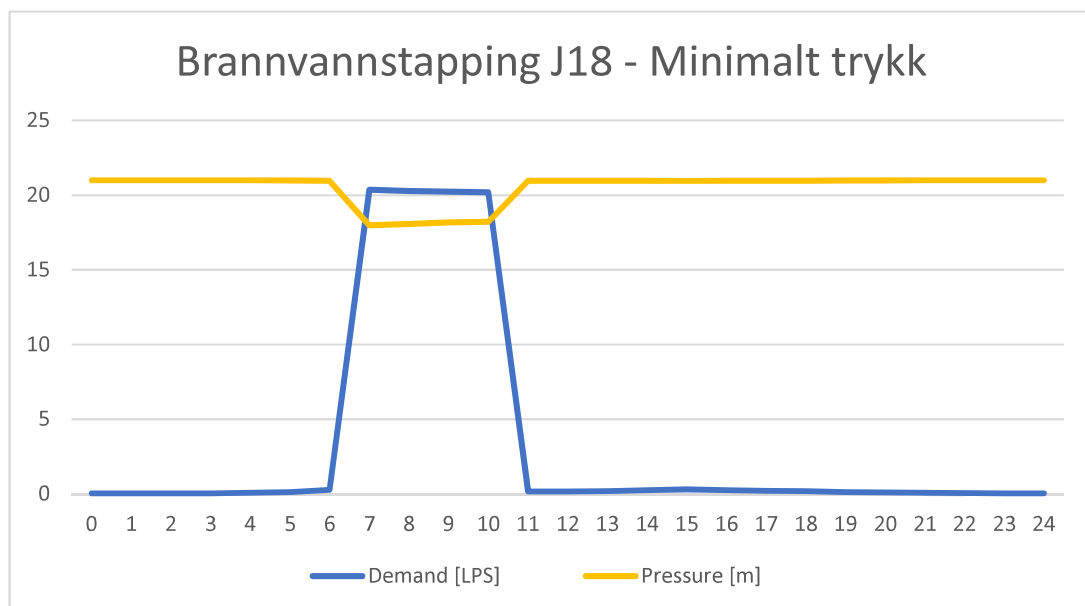
Brannvannstapping J17 - Optimalt trykk

Time	Demand [LPS]	Head [m]	Pressure [m]
0	0,02	98,00	29,00
1	0,01	98,00	29,00
2	0,01	98,00	29,00
3	0,01	98,00	29,00
4	0,03	98,00	29,00
5	0,05	97,99	28,99
6	0,10	97,97	28,97
7	20,13	95,30	26,30
8	20,11	95,38	26,38
9	20,09	95,47	26,47
10	20,07	95,54	26,54
11	0,06	97,98	28,98
12	0,06	97,98	28,98
13	0,07	97,98	28,98
14	0,09	97,97	28,97
15	0,11	97,95	28,95
16	0,09	97,97	28,97
17	0,08	97,98	28,98
18	0,07	97,98	28,98
19	0,05	97,99	28,99
20	0,04	97,99	28,99
21	0,03	98,00	29,00
22	0,02	98,00	29,00
23	0,02	98,00	29,00
24	0,02	98,00	29,00



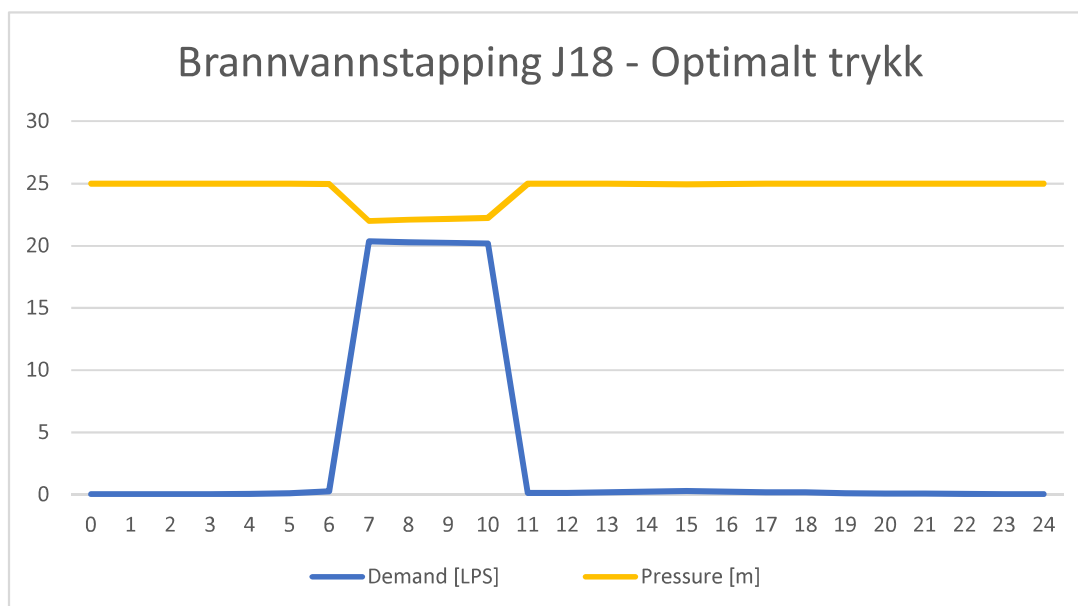
Brannvannstapping J18 - Minimalt trykk

Time	Demand [LPS]	Head [m]	Pressure [m]
0	0,05	94,00	21,00
1	0,04	94,00	21,00
2	0,04	94,00	21,00
3	0,04	94,00	21,00
4	0,08	94,00	21,00
5	0,13	93,99	20,99
6	0,27	93,97	20,97
7	20,36	90,99	17,99
8	20,29	91,08	18,08
9	20,24	91,17	18,17
10	20,2	91,23	18,23
11	0,16	93,98	20,98
12	0,16	93,98	20,98
13	0,19	93,98	20,98
14	0,25	93,97	20,97
15	0,31	93,95	20,95
16	0,25	93,97	20,97
17	0,21	93,98	20,98
18	0,19	93,98	20,98
19	0,13	93,99	20,99
20	0,11	93,99	20,99
21	0,09	94,00	21,00
22	0,07	94,00	21,00
23	0,05	94,00	21,00
24	0,05	94,00	21,00



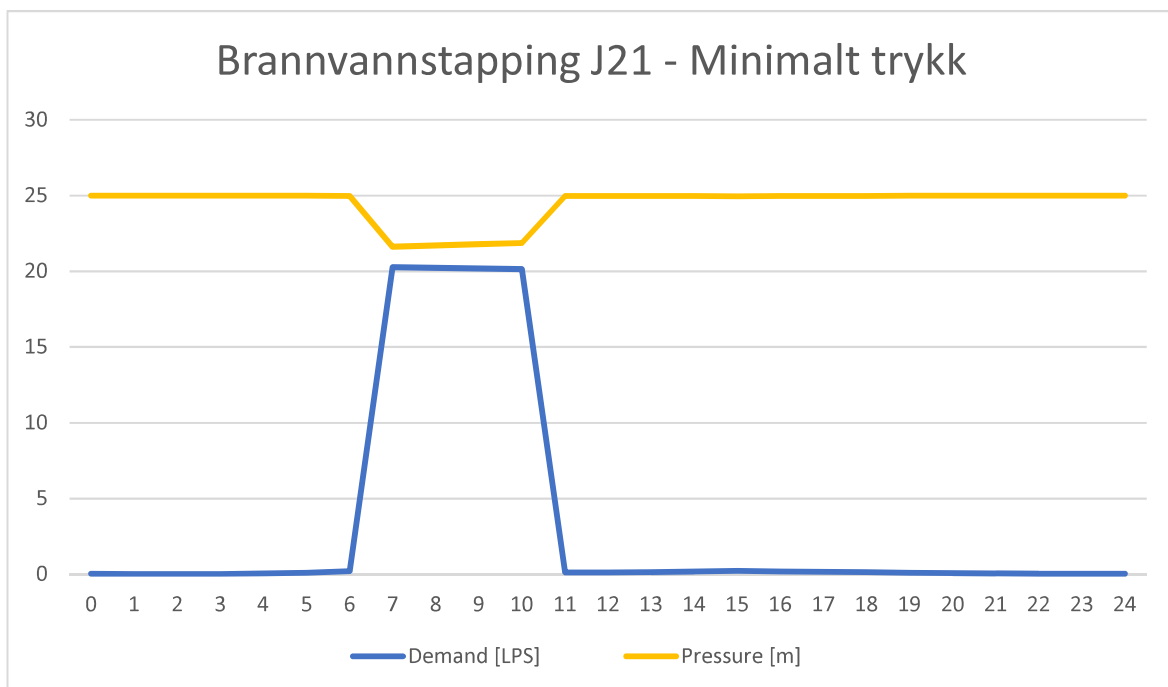
Brannvannstapping J18 - Optimalt trykk

Time	Demand [LPS]	Head [m]	Pressure [m]
0	0,05	98,00	25,00
1	0,04	98,00	25,00
2	0,04	98,00	25,00
3	0,04	98,00	25,00
4	0,08	98,00	25,00
5	0,13	97,99	24,99
6	0,27	97,97	24,97
7	20,36	94,99	21,99
8	20,29	95,08	22,08
9	20,24	95,17	22,17
10	20,20	95,23	22,23
11	0,16	97,98	24,98
12	0,16	97,98	24,98
13	0,19	97,98	24,98
14	0,25	97,97	24,97
15	0,31	97,95	24,95
16	0,25	97,97	24,97
17	0,21	97,98	24,98
18	0,19	97,98	24,98
19	0,13	97,99	24,99
20	0,11	97,99	24,99
21	0,09	98,00	25,00
22	0,07	98,00	25,00
23	0,05	98,00	25,00
24	0,05	98,00	25,00



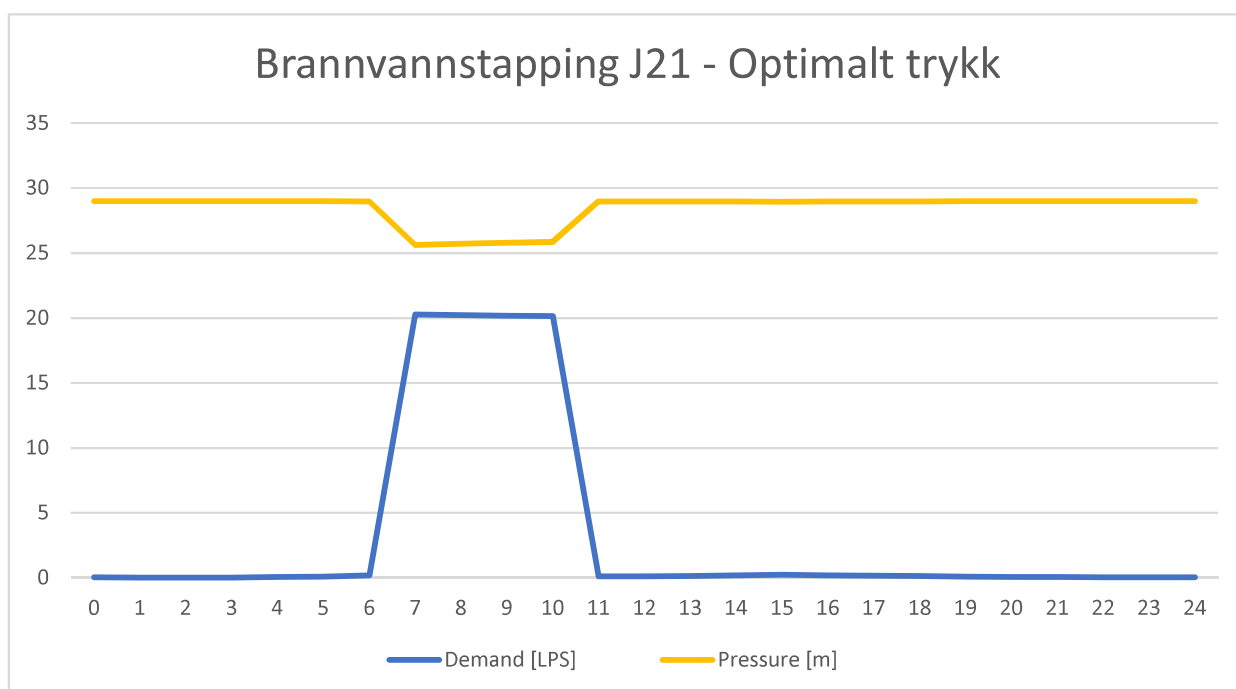
Brannvannstapping J21 - Minimalt trykk

Time	Demand [LPS]	Head [m]	Pressure [m]
0	0,04	94,00	25,00
1	0,03	94,00	25,00
2	0,03	94,00	25,00
3	0,03	94,00	25,00
4	0,06	94,00	25,00
5	0,10	93,99	24,99
6	0,20	93,97	24,97
7	20,27	90,62	21,62
8	20,22	90,71	21,71
9	20,18	90,80	21,80
10	20,15	90,87	21,87
11	0,12	93,98	24,98
12	0,12	93,98	24,98
13	0,14	93,98	24,98
14	0,19	93,97	24,97
15	0,23	93,95	24,95
16	0,19	93,97	24,97
17	0,16	93,98	24,98
18	0,14	93,98	24,98
19	0,10	93,99	24,99
20	0,08	93,99	24,99
21	0,07	94,00	25,00
22	0,05	94,00	25,00
23	0,04	94,00	25,00
24	0,04	94,00	25,00



Brannvannstapping J21 - Optimalt trykk

Time	Demand [LPS]	Head [m]	Pressure [m]
0	0,04	98,00	29,00
1	0,03	98,00	29,00
2	0,03	98,00	29,00
3	0,03	98,00	29,00
4	0,06	98,00	29,00
5	0,10	97,99	28,99
6	0,20	97,97	28,97
7	20,27	94,62	25,62
8	20,22	94,71	25,71
9	20,18	94,80	25,80
10	20,15	94,87	25,87
11	0,12	97,98	28,98
12	0,12	97,98	28,98
13	0,14	97,98	28,98
14	0,19	97,97	28,97
15	0,23	97,95	28,95
16	0,19	97,97	28,97
17	0,16	97,98	28,98
18	0,14	97,98	28,98
19	0,10	97,99	28,99
20	0,08	97,99	28,99
21	0,07	98,00	29,00
22	0,05	98,00	29,00
23	0,04	98,00	29,00
24	0,04	98,00	29,00



Simulering minste trykk u/brannvann - 07:00

Node ID	Elevation [m]	Demand [LPS]	Head [m]	Pressure [m]
Junc J2	29	0	93,98	64,98
Junc J22	32	0,17	93,98	61,98
Junc J3	32	0,09	93,98	61,98
Junc J9	35	0	93,97	58,97
Junc J4	36	0	93,98	57,98
Junc J10	36	0	93,97	57,97
Junc J24	36	0	93,96	57,96
Junc J23	38	0	93,96	55,96
Junc J11	44	0,09	93,96	49,96
Junc J27	45	0,22	93,96	48,96
Junc J1	46	0,09	93,96	47,96
Junc J12	47	0,17	93,95	46,95
Junc J7	48	0,26	93,95	45,95
Junc J6	49	0,04	93,95	44,95
Junc J8	49	0,26	93,95	44,95
Junc J25	51	0,17	93,95	42,95
Junc J5	51	0,09	93,95	42,95
Junc J26	51	0,09	93,94	42,94
Junc J13	54	0,09	93,95	39,95
Junc J28	54	0,22	93,95	39,95
Junc J15	58	0,17	93,94	35,94
Junc J14	60	0,13	93,94	33,94
Junc J16	60	0,04	93,94	33,94
Junc J20	62	0,13	93,94	31,94
Junc J19	65	0,35	93,94	28,94
Junc J17	69	0,13	93,94	24,94
Junc J21	69	0,27	93,94	24,94
Junc J18	73	0,36	93,94	20,94

Simulering optimalt trykk u/brannvann - 07:00

Node ID	Elevation [m]	Demand [LPS]	Head [m]	Pressure [m]
Junc J2	29	0	97,98	68,98
Junc J22	32	0,17	97,98	65,98
Junc J3	32	0,09	97,98	65,98
Junc J9	35	0	97,97	62,97
Junc J24	36	0	97,96	61,96
Junc J10	36	0	97,97	61,97
Junc J4	36	0	97,98	61,98
Junc J23	38	0	97,96	59,96
Junc J11	44	0,09	97,96	53,96
Junc J27	45	0,22	97,96	52,96
Junc J1	46	0,09	97,96	51,96
Junc J12	47	0,17	97,95	50,95
Junc J7	48	0,26	97,95	49,95
Junc J8	49	0,26	97,95	48,95
Junc J6	49	0,04	97,95	48,95
Junc J26	51	0,09	97,94	46,94
Junc J5	51	0,09	97,95	46,95
Junc J25	51	0,17	97,95	46,95
Junc J13	54	0,09	97,95	43,95
Junc J28	54	0,22	97,95	43,95
Junc J15	58	0,17	97,94	39,94
Junc J14	60	0,13	97,94	37,94
Junc J16	60	0,04	97,94	37,94
Junc J20	62	0,13	97,94	35,94
Junc J19	65	0,35	97,94	32,94
Junc J21	69	0,27	97,94	28,94
Junc J17	69	0,13	97,94	28,94
Junc J18	73	0,36	97,94	24,94

Vedlegg 4

SWMM

Resultater fra simulering i SWMM

Link Flow	Maximum flow [l/s]	Hour of maximum flow	Maximum velocity [m/s]	Max/Full flow	Max/Full depth
C28	4,03	08:00	1,73	0,08	0,19
C4	3,38	08:00	1,69	0,05	0,17
C5	2,70	07:51	1,84	0,03	0,14
C6	2,37	07:11	1,80	0,04	0,13
C27	2,00	07:02	1,39	0,04	0,14
C31	1,82	07:01	1,30	0,04	0,14
C16	0,57	08:00	0,54	0,01	0,11
C17	0,53	08:00	0,66	0,02	0,09
C8	0,52	07:25	0,38	0,01	0,13
C10	0,52	07:43	0,45	0,03	0,12
C9	0,52	07:22	0,56	0,03	0,10
C11	0,52	07:09	0,69	0,01	0,09
C12	0,48	07:09	0,95	0,01	0,07
C22	0,44	08:00	0,45	0,02	0,10
C23	0,35	07:38	0,43	0,02	0,09
C1	0,32	15:11	0,30	0,01	0,12
C7	0,32	07:15	0,38	0,01	0,09
C24	0,31	07:06	0,58	0,00	0,07
C18	0,28	07:51	0,36	0,01	0,09
C2	0,24	15:07	0,41	0,01	0,07
C19	0,24	07:51	0,54	0,01	0,06
C14	0,22	07:05	0,39	0,01	0,07
C3	0,21	08:02	0,61	0,00	0,07
C32	0,18	07:04	0,44	0,01	0,06
C26	0,18	07:11	0,47	0,01	0,05
C13	0,13	07:18	0,30	0,01	0,06
C20	0,13	07:57	0,32	0,00	0,06
C15	0,11	07:11	0,18	0,00	0,09
C21	0,06	07:19	0,31	0,00	0,04
C29	0,04	08:03	0,03	0,09	0,13
C25	0,04	07:15	0,21	0,00	0,04

Vedlegg 5

Mike Urban

Resultater Base Mike

EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.1 (Build 5.1.012)

 Rainfall File Summary

Station ID	First Date	Last Date	Recording Frequency	Periods w/Precip	Periods Missing	Periods Malfunc.
TS2	01/01/2019	01/01/2019	5 min	12	0	0

 NOTE: The summary statistics displayed in this report are based on results found at every computational time step, not just on results from each reporting time step.

 Analysis Options

Flow Units LPS
 Process Models:
 Rainfall/Runoff YES
 RDII NO
 Snowmelt NO
 Groundwater NO
 Flow Routing YES
 Ponding Allowed YES
 Water Quality NO
 Infiltration Method HORTON
 Flow Routing Method DYNWAVE
 Starting Date 01/01/2019 00:00:00
 Ending Date 01/02/2019 00:00:00
 Antecedent Dry Days 0.0
 Report Time Step 00:01:00
 Wet Time Step 00:01:00
 Dry Time Step 01:00:00
 Routing Time Step 15.00 sec
 Variable Time Step YES
 Maximum Trials 8
 Number of Threads 1
 Head Tolerance 0.001524 m

	Volume hectare-m	Depth mm
Runoff Quantity Continuity	-----	-----
Total Precipitation	0.214	20.218
Evaporation Loss	0.000	0.000
Infiltration Loss	0.114	10.794
Surface Runoff	0.090	8.549
Final Storage	0.009	0.888
Continuity Error (%)	-0.067	

	Volume hectare-m	Volume 10^6 ltr
Flow Routing Continuity	-----	-----
Dry Weather Inflow	0.000	0.000
Wet Weather Inflow	0.090	0.904
Groundwater Inflow	0.000	0.000
RDII Inflow	0.000	0.000
External Inflow	0.000	0.000
External Outflow	0.090	0.903
Flooding Loss	0.000	0.000
Evaporation Loss	0.000	0.000
Exfiltration Loss	0.000	0.000
Initial Stored Volume	0.000	0.000
Final Stored Volume	0.000	0.000

Resultater Base Mike

Continuity Error (%) 0.076

Time-Step Critical Elements

Link C4 (1.18%)

Highest Flow Instability Indexes

Link C11 (1)

Routing Time Step Summary

Minimum Time Step : 7.06 sec
 Average Time Step : 14.93 sec
 Maximum Time Step : 15.00 sec
 Percent in Steady State : 0.00
 Average Iterations per Step : 2.00
 Percent Not Converging : 0.00

Subcatchment Runoff Summary

Subcatchment	Total Precip mm	Total Runon mm	Total Evap mm	Total Infil mm	Total Runoff mm	Total Runoff 10 ⁶ ltr	Peak Runoff LPS	Runoff Coeff
S1	20.22	0.00	0.00	10.11	9.17	0.02	23.07	0.454
S10	20.22	0.00	0.00	10.11	9.17	0.01	11.10	0.454
S11	20.22	0.00	0.00	10.11	9.17	0.02	23.28	0.454
S12	20.22	0.00	0.00	10.11	9.17	0.05	51.30	0.454
S13	20.22	0.00	0.00	10.11	9.17	0.03	30.91	0.454
S14	20.22	0.00	0.00	10.11	9.17	0.04	39.02	0.454
S15	20.22	0.00	0.00	10.11	9.17	0.03	24.95	0.454
S16	20.22	0.00	0.00	10.11	9.17	0.04	34.68	0.453
S17	20.22	0.00	0.00	12.13	7.34	0.04	42.36	0.363
S18	20.22	0.00	0.00	12.13	7.34	0.02	18.70	0.363
S19	20.22	0.00	0.00	10.11	9.18	0.04	41.34	0.454
S2	20.22	0.00	0.00	10.11	9.17	0.06	56.47	0.454
S20	20.22	0.00	0.00	12.13	7.34	0.04	42.90	0.363
S21	20.22	0.00	0.00	10.11	9.17	0.05	48.97	0.454
S22	20.22	0.00	0.00	10.11	9.18	0.01	10.20	0.454
S23	20.22	0.00	0.00	10.11	9.18	0.01	9.83	0.454
S3	20.22	0.00	0.00	10.11	9.17	0.08	81.73	0.453
S4	20.22	0.00	0.00	10.11	9.17	0.05	44.04	0.454
S5	20.22	0.00	0.00	10.11	9.17	0.03	33.36	0.454
S6	20.22	0.00	0.00	12.13	7.33	0.11	106.66	0.363
S7	20.22	0.00	0.00	12.13	7.34	0.05	46.77	0.363
S8	20.22	0.00	0.00	10.11	9.17	0.03	33.33	0.454
S9	20.22	0.00	0.00	10.11	9.17	0.03	29.79	0.454

Node Depth Summary

Node	Type	Average Depth Meters	Maximum Depth Meters	Maximum HGL Meters	Time of Max Occurrence days hr:min	Reported Max Depth Meters
J1	JUNCTION	0.00	0.12	46.12	0 00:40	0.12
J11	JUNCTION	0.00	0.14	44.14	0 00:40	0.14
J12	JUNCTION	0.01	0.23	47.23	0 00:40	0.23

Resultater Base Mike

J13	JUNCTION	0.00	0.14	56.14	0	00:40	0.14
J14	JUNCTION	0.00	0.11	60.11	0	00:40	0.11
J15	JUNCTION	0.00	0.10	58.10	0	00:40	0.10
J16	JUNCTION	0.00	0.06	60.06	0	00:40	0.06
J17	JUNCTION	0.00	0.06	69.06	0	00:40	0.06
J18	JUNCTION	0.00	0.11	73.11	0	00:40	0.11
J19	JUNCTION	0.00	0.08	65.08	0	00:40	0.08
J2	JUNCTION	0.01	0.20	29.20	0	00:40	0.20
J20	JUNCTION	0.00	0.16	62.16	0	00:40	0.16
J21	JUNCTION	0.00	0.15	69.15	0	00:40	0.15
J22	JUNCTION	0.00	0.07	31.07	0	00:40	0.07
J23	JUNCTION	0.01	0.28	38.28	0	00:40	0.28
J25	JUNCTION	0.00	0.17	50.17	0	00:40	0.17
J26	JUNCTION	0.00	0.18	51.18	0	00:40	0.18
J27	JUNCTION	0.00	0.06	45.06	0	00:40	0.06
J28	JUNCTION	0.00	0.16	58.16	0	00:40	0.16
J29	JUNCTION	0.00	0.11	52.11	0	00:40	0.11
J3	JUNCTION	0.00	0.12	32.12	0	00:40	0.12
J30	JUNCTION	0.00	0.05	71.05	0	00:40	0.05
J31	JUNCTION	0.00	0.12	59.12	0	00:40	0.12
J4	JUNCTION	0.00	0.04	36.04	0	00:40	0.04
J5	JUNCTION	0.00	0.18	51.18	0	00:40	0.18
J6	JUNCTION	0.00	0.17	49.17	0	00:40	0.17
J7	JUNCTION	0.00	0.19	48.19	0	00:40	0.19
J8	JUNCTION	0.00	0.08	49.08	0	00:40	0.08
Out1	OUTFALL	0.01	0.20	26.20	0	00:40	0.20
Out2	OUTFALL	0.00	0.14	35.14	0	00:40	0.14

Node Inflow Summary

Node	Type	Maximum Lateral Inflow LPS	Maximum Total Inflow LPS	Time of Max Occurrence days hr:min	Lateral Inflow Volume 10^6 ltr	Total Inflow Volume 10^6 ltr	Flow Balance Error Percent
J1	JUNCTION	0.00	138.51	0 00:40	0	0.142	0.018
J11	JUNCTION	0.00	161.13	0 00:40	0	0.165	0.012
J12	JUNCTION	42.90	138.59	0 00:40	0.0439	0.142	-0.029
J13	JUNCTION	30.91	118.15	0 00:40	0.0316	0.121	0.001
J14	JUNCTION	24.95	48.23	0 00:40	0.0255	0.0493	-0.007
J15	JUNCTION	42.36	95.74	0 00:40	0.0433	0.0978	-0.025
J16	JUNCTION	18.70	18.70	0 00:40	0.0191	0.0191	-0.065
J17	JUNCTION	23.28	23.28	0 00:40	0.0238	0.0238	-0.038
J18	JUNCTION	46.77	46.77	0 00:40	0.0478	0.0478	-0.025
J19	JUNCTION	29.79	40.89	0 00:40	0.0304	0.0418	-0.018
J2	JUNCTION	48.97	722.99	0 00:40	0.0501	0.739	0.096
J20	JUNCTION	33.33	227.60	0 00:40	0.0341	0.233	0.007
J21	JUNCTION	106.66	153.42	0 00:40	0.109	0.157	-0.007
J22	JUNCTION	0.00	20.03	0 00:40	0	0.0205	0.019
J23	JUNCTION	41.34	654.20	0 00:40	0.0423	0.669	0.019
J25	JUNCTION	0.00	95.73	0 00:40	0	0.0978	0.042
J26	JUNCTION	0.00	95.73	0 00:40	0	0.0978	0.032
J27	JUNCTION	33.36	33.36	0 00:40	0.0341	0.0341	-0.176
J28	JUNCTION	39.02	87.24	0 00:40	0.0399	0.0891	-0.006
J29	JUNCTION	44.04	44.04	0 00:40	0.045	0.045	-0.051
J3	JUNCTION	10.20	20.03	0 00:40	0.0104	0.0205	-0.017
J30	JUNCTION	11.10	11.10	0 00:40	0.0113	0.0113	-0.062
J31	JUNCTION	34.68	34.68	0 00:40	0.0355	0.0354	0.003
J4	JUNCTION	9.83	9.83	0 00:40	0.0101	0.01	-0.081
J5	JUNCTION	51.30	441.05	0 00:40	0.0524	0.451	-0.001
J6	JUNCTION	81.73	81.73	0 00:40	0.0837	0.0837	0.003
J7	JUNCTION	56.47	161.22	0 00:40	0.0577	0.165	-0.015
J8	JUNCTION	23.07	23.07	0 00:40	0.0236	0.0236	-0.048
Out1	OUTFALL	0.00	722.88	0 00:40	0	0.738	0.000
Out2	OUTFALL	0.00	161.12	0 00:40	0	0.165	0.000

Resultater Base Mike

EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.1 (Build 5.1.012)

 Rainfall File Summary

Station ID	First Date	Last Date	Recording Frequency	Periods w/Precip	Periods Missing	Periods Malfunc.
TS2	01/01/2019	01/01/2019	5 min	12	0	0

 NOTE: The summary statistics displayed in this report are based on results found at every computational time step, not just on results from each reporting time step.

 Analysis Options

Flow Units LPS
 Process Models:
 Rainfall/Runoff YES
 RDII NO
 Snowmelt NO
 Groundwater NO
 Flow Routing YES
 Ponding Allowed YES
 Water Quality NO
 Infiltration Method HORTON
 Flow Routing Method DYNWAVE
 Starting Date 01/01/2019 00:00:00
 Ending Date 01/02/2019 00:00:00
 Antecedent Dry Days 0.0
 Report Time Step 00:01:00
 Wet Time Step 00:01:00
 Dry Time Step 01:00:00
 Routing Time Step 15.00 sec
 Variable Time Step YES
 Maximum Trials 8
 Number of Threads 1
 Head Tolerance 0.001524 m

	Volume hectare-m	Depth mm
Runoff Quantity Continuity	-----	-----
Total Precipitation	0.214	20.218
Evaporation Loss	0.000	0.000
Infiltration Loss	0.114	10.794
Surface Runoff	0.090	8.549
Final Storage	0.009	0.888
Continuity Error (%)	-0.067	

	Volume hectare-m	Volume 10^6 ltr
Flow Routing Continuity	-----	-----
Dry Weather Inflow	0.000	0.000
Wet Weather Inflow	0.090	0.904
Groundwater Inflow	0.000	0.000
RDII Inflow	0.000	0.000
External Inflow	0.000	0.000
External Outflow	0.090	0.903
Flooding Loss	0.000	0.000
Evaporation Loss	0.000	0.000
Exfiltration Loss	0.000	0.000
Initial Stored Volume	0.000	0.000
Final Stored Volume	0.000	0.000

Resultater Base Mike

Continuity Error (%) 0.076

 Time-Step Critical Elements

 Link C4 (1.18%)

 Highest Flow Instability Indexes

 Link C11 (1)

 Routing Time Step Summary

 Minimum Time Step : 7.06 sec
 Average Time Step : 14.93 sec
 Maximum Time Step : 15.00 sec
 Percent in Steady State : 0.00
 Average Iterations per Step : 2.00
 Percent Not Converging : 0.00

 Subcatchment Runoff Summary

Subcatchment	Total Precip mm	Total Runon mm	Total Evap mm	Total Infil mm	Total Runoff mm	Total Runoff 10 ⁶ ltr	Peak Runoff LPS	Runoff Coeff
S1	20.22	0.00	0.00	10.11	9.17	0.02	23.07	0.454
S10	20.22	0.00	0.00	10.11	9.17	0.01	11.10	0.454
S11	20.22	0.00	0.00	10.11	9.17	0.02	23.28	0.454
S12	20.22	0.00	0.00	10.11	9.17	0.05	51.30	0.454
S13	20.22	0.00	0.00	10.11	9.17	0.03	30.91	0.454
S14	20.22	0.00	0.00	10.11	9.17	0.04	39.02	0.454
S15	20.22	0.00	0.00	10.11	9.17	0.03	24.95	0.454
S16	20.22	0.00	0.00	10.11	9.17	0.04	34.68	0.453
S17	20.22	0.00	0.00	12.13	7.34	0.04	42.36	0.363
S18	20.22	0.00	0.00	12.13	7.34	0.02	18.70	0.363
S19	20.22	0.00	0.00	10.11	9.18	0.04	41.34	0.454
S2	20.22	0.00	0.00	10.11	9.17	0.06	56.47	0.454
S20	20.22	0.00	0.00	12.13	7.34	0.04	42.90	0.363
S21	20.22	0.00	0.00	10.11	9.17	0.05	48.97	0.454
S22	20.22	0.00	0.00	10.11	9.18	0.01	10.20	0.454
S23	20.22	0.00	0.00	10.11	9.18	0.01	9.83	0.454
S3	20.22	0.00	0.00	10.11	9.17	0.08	81.73	0.453
S4	20.22	0.00	0.00	10.11	9.17	0.05	44.04	0.454
S5	20.22	0.00	0.00	10.11	9.17	0.03	33.36	0.454
S6	20.22	0.00	0.00	12.13	7.33	0.11	106.66	0.363
S7	20.22	0.00	0.00	12.13	7.34	0.05	46.77	0.363
S8	20.22	0.00	0.00	10.11	9.17	0.03	33.33	0.454
S9	20.22	0.00	0.00	10.11	9.17	0.03	29.79	0.454

 Node Depth Summary

Node	Type	Average Depth Meters	Maximum Depth Meters	Maximum HGL Meters	Time of Max Occurrence days hr:min	Reported Max Depth Meters
J1	JUNCTION	0.00	0.12	46.12	0 00:40	0.12
J11	JUNCTION	0.00	0.14	44.14	0 00:40	0.14
J12	JUNCTION	0.01	0.23	47.23	0 00:40	0.23

Resultater Base Mike

J13	JUNCTION	0.00	0.14	56.14	0	00:40	0.14
J14	JUNCTION	0.00	0.11	60.11	0	00:40	0.11
J15	JUNCTION	0.00	0.10	58.10	0	00:40	0.10
J16	JUNCTION	0.00	0.06	60.06	0	00:40	0.06
J17	JUNCTION	0.00	0.06	69.06	0	00:40	0.06
J18	JUNCTION	0.00	0.11	73.11	0	00:40	0.11
J19	JUNCTION	0.00	0.08	65.08	0	00:40	0.08
J2	JUNCTION	0.01	0.20	29.20	0	00:40	0.20
J20	JUNCTION	0.00	0.16	62.16	0	00:40	0.16
J21	JUNCTION	0.00	0.15	69.15	0	00:40	0.15
J22	JUNCTION	0.00	0.07	31.07	0	00:40	0.07
J23	JUNCTION	0.01	0.28	38.28	0	00:40	0.28
J25	JUNCTION	0.00	0.17	50.17	0	00:40	0.17
J26	JUNCTION	0.00	0.18	51.18	0	00:40	0.18
J27	JUNCTION	0.00	0.06	45.06	0	00:40	0.06
J28	JUNCTION	0.00	0.16	58.16	0	00:40	0.16
J29	JUNCTION	0.00	0.11	52.11	0	00:40	0.11
J3	JUNCTION	0.00	0.12	32.12	0	00:40	0.12
J30	JUNCTION	0.00	0.05	71.05	0	00:40	0.05
J31	JUNCTION	0.00	0.12	59.12	0	00:40	0.12
J4	JUNCTION	0.00	0.04	36.04	0	00:40	0.04
J5	JUNCTION	0.00	0.18	51.18	0	00:40	0.18
J6	JUNCTION	0.00	0.17	49.17	0	00:40	0.17
J7	JUNCTION	0.00	0.19	48.19	0	00:40	0.19
J8	JUNCTION	0.00	0.08	49.08	0	00:40	0.08
Out1	OUTFALL	0.01	0.20	26.20	0	00:40	0.20
Out2	OUTFALL	0.00	0.14	35.14	0	00:40	0.14

Node Inflow Summary

Node	Type	Maximum Lateral Inflow LPS	Maximum Total Inflow LPS	Time of Max Occurrence days hr:min	Lateral Inflow Volume 10^6 ltr	Total Inflow Volume 10^6 ltr	Flow Balance Error Percent
J1	JUNCTION	0.00	138.51	0 00:40	0	0.142	0.018
J11	JUNCTION	0.00	161.13	0 00:40	0	0.165	0.012
J12	JUNCTION	42.90	138.59	0 00:40	0.0439	0.142	-0.029
J13	JUNCTION	30.91	118.15	0 00:40	0.0316	0.121	0.001
J14	JUNCTION	24.95	48.23	0 00:40	0.0255	0.0493	-0.007
J15	JUNCTION	42.36	95.74	0 00:40	0.0433	0.0978	-0.025
J16	JUNCTION	18.70	18.70	0 00:40	0.0191	0.0191	-0.065
J17	JUNCTION	23.28	23.28	0 00:40	0.0238	0.0238	-0.038
J18	JUNCTION	46.77	46.77	0 00:40	0.0478	0.0478	-0.025
J19	JUNCTION	29.79	40.89	0 00:40	0.0304	0.0418	-0.018
J2	JUNCTION	48.97	722.99	0 00:40	0.0501	0.739	0.096
J20	JUNCTION	33.33	227.60	0 00:40	0.0341	0.233	0.007
J21	JUNCTION	106.66	153.42	0 00:40	0.109	0.157	-0.007
J22	JUNCTION	0.00	20.03	0 00:40	0	0.0205	0.019
J23	JUNCTION	41.34	654.20	0 00:40	0.0423	0.669	0.019
J25	JUNCTION	0.00	95.73	0 00:40	0	0.0978	0.042
J26	JUNCTION	0.00	95.73	0 00:40	0	0.0978	0.032
J27	JUNCTION	33.36	33.36	0 00:40	0.0341	0.0341	-0.176
J28	JUNCTION	39.02	87.24	0 00:40	0.0399	0.0891	-0.006
J29	JUNCTION	44.04	44.04	0 00:40	0.045	0.045	-0.051
J3	JUNCTION	10.20	20.03	0 00:40	0.0104	0.0205	-0.017
J30	JUNCTION	11.10	11.10	0 00:40	0.0113	0.0113	-0.062
J31	JUNCTION	34.68	34.68	0 00:40	0.0355	0.0354	0.003
J4	JUNCTION	9.83	9.83	0 00:40	0.0101	0.01	-0.081
J5	JUNCTION	51.30	441.05	0 00:40	0.0524	0.451	-0.001
J6	JUNCTION	81.73	81.73	0 00:40	0.0837	0.0837	0.003
J7	JUNCTION	56.47	161.22	0 00:40	0.0577	0.165	-0.015
J8	JUNCTION	23.07	23.07	0 00:40	0.0236	0.0236	-0.048
Out1	OUTFALL	0.00	722.88	0 00:40	0	0.738	0.000
Out2	OUTFALL	0.00	161.12	0 00:40	0	0.165	0.000

Resultater Base Mike

Node Surcharge Summary

No nodes were surcharged.

Node Flooding Summary

No nodes were flooded.

Outfall Loading Summary

Outfall Node	Flow Freq Pcmt	Avg Flow LPS	Max Flow LPS	Total Volume 10 ⁶ ltr
Out1	15.83	69.96	722.88	0.738
Out2	12.80	19.31	161.12	0.165
System	14.32	89.27	884.01	0.903

Link Flow Summary

Link	Type	Maximum Flow LPS	Time of Max Occurrence days hr:min	Maximum Veloc m/sec	Max/ Full Flow	Max/ Full Depth
C1	CONDUIT	20.03	0 00:40	0.77	0.20	0.58
C11	CONDUIT	161.12	0 00:40	5.97	0.66	0.60
C12	CONDUIT	161.13	0 00:40	4.94	0.93	0.71
C13	CONDUIT	23.07	0 00:40	0.92	0.27	0.59
C14	CONDUIT	81.68	0 00:40	1.88	0.60	0.60
C15	CONDUIT	33.36	0 00:40	1.19	0.08	0.57
C16	CONDUIT	138.51	0 00:40	2.86	0.37	0.68
C17	CONDUIT	138.51	0 00:40	3.25	0.85	0.59
C18	CONDUIT	118.14	0 00:40	3.69	0.69	0.69
C19	CONDUIT	87.24	0 00:40	2.93	0.80	0.65
C2	CONDUIT	20.03	0 00:40	1.65	0.90	0.64
C20	CONDUIT	48.23	0 00:40	1.83	0.47	0.59
C21	CONDUIT	23.28	0 00:40	2.14	0.37	0.59
C22	CONDUIT	95.70	0 00:40	2.01	0.64	0.67
C23	CONDUIT	95.73	0 00:40	2.27	0.66	0.59
C24	CONDUIT	95.73	0 00:40	3.52	0.41	0.60
C25	CONDUIT	18.70	0 00:40	1.89	0.37	0.56
C26	CONDUIT	46.76	0 00:40	1.93	0.43	0.55
C27	CONDUIT	40.88	0 00:40	1.81	0.26	0.52
C28	CONDUIT	722.88	0 00:40	6.33	0.09	0.20
C29	CONDUIT	44.04	0 00:40	1.56	0.45	0.62
C3	CONDUIT	9.83	0 00:40	1.16	0.18	0.55
C30	CONDUIT	11.10	0 00:40	1.52	0.22	0.43
C31	CONDUIT	34.68	0 00:40	1.98	0.73	0.60
C4	CONDUIT	654.01	0 00:40	8.66	0.83	0.64
C5	CONDUIT	441.01	0 00:40	6.30	0.47	0.61
C6	CONDUIT	227.57	0 00:40	5.51	0.57	0.58
C7	CONDUIT	153.39	0 00:40	5.06	0.73	0.66

Flow Classification Summary

Resultater Base Mike

Node Surcharge Summary

No nodes were surcharged.

Node Flooding Summary

No nodes were flooded.

Outfall Loading Summary

Outfall Node	Flow Freq Pcmt	Avg Flow LPS	Max Flow LPS	Total Volume 10 ⁶ ltr
Out1	15.83	69.96	722.88	0.738
Out2	12.80	19.31	161.12	0.165
System	14.32	89.27	884.01	0.903

Link Flow Summary

Link	Type	Maximum Flow LPS	Time of Max Occurrence days hr:min	Maximum Veloc m/sec	Max/ Full Flow	Max/ Full Depth
C1	CONDUIT	20.03	0 00:40	0.77	0.20	0.58
C11	CONDUIT	161.12	0 00:40	5.97	0.66	0.60
C12	CONDUIT	161.13	0 00:40	4.94	0.93	0.71
C13	CONDUIT	23.07	0 00:40	0.92	0.27	0.59
C14	CONDUIT	81.68	0 00:40	1.88	0.60	0.60
C15	CONDUIT	33.36	0 00:40	1.19	0.08	0.57
C16	CONDUIT	138.51	0 00:40	2.86	0.37	0.68
C17	CONDUIT	138.51	0 00:40	3.25	0.85	0.59
C18	CONDUIT	118.14	0 00:40	3.69	0.69	0.69
C19	CONDUIT	87.24	0 00:40	2.93	0.80	0.65
C2	CONDUIT	20.03	0 00:40	1.65	0.90	0.64
C20	CONDUIT	48.23	0 00:40	1.83	0.47	0.59
C21	CONDUIT	23.28	0 00:40	2.14	0.37	0.59
C22	CONDUIT	95.70	0 00:40	2.01	0.64	0.67
C23	CONDUIT	95.73	0 00:40	2.27	0.66	0.59
C24	CONDUIT	95.73	0 00:40	3.52	0.41	0.60
C25	CONDUIT	18.70	0 00:40	1.89	0.37	0.56
C26	CONDUIT	46.76	0 00:40	1.93	0.43	0.55
C27	CONDUIT	40.88	0 00:40	1.81	0.26	0.52
C28	CONDUIT	722.88	0 00:40	6.33	0.09	0.20
C29	CONDUIT	44.04	0 00:40	1.56	0.45	0.62
C3	CONDUIT	9.83	0 00:40	1.16	0.18	0.55
C30	CONDUIT	11.10	0 00:40	1.52	0.22	0.43
C31	CONDUIT	34.68	0 00:40	1.98	0.73	0.60
C4	CONDUIT	654.01	0 00:40	8.66	0.83	0.64
C5	CONDUIT	441.01	0 00:40	6.30	0.47	0.61
C6	CONDUIT	227.57	0 00:40	5.51	0.57	0.58
C7	CONDUIT	153.39	0 00:40	5.06	0.73	0.66

Flow Classification Summary

Conduit	Adjusted /Actual Length	Resultater Base Mike								
		----- Fraction of Time in Flow Class -----		Up Dry	Down Dry	Sub Crit	Sup Crit	Up Crit	Down Crit	Norm Ltd
C1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.99	0.00	0.00	0.00	0.91	0.00
C11	1.98	0.00	0.00	0.00	0.78	0.22	0.00	0.00	0.03	0.00
C12	1.77	0.00	0.00	0.00	0.63	0.36	0.00	0.00	0.78	0.00
C13	1.07	0.00	0.00	0.00	0.99	0.00	0.00	0.00	0.76	0.00
C14	1.00	0.00	0.00	0.00	0.81	0.18	0.00	0.00	0.67	0.00
C15	2.29	0.00	0.01	0.00	0.97	0.02	0.00	0.00	1.00	0.00
C16	1.55	0.00	0.00	0.00	0.77	0.22	0.00	0.00	1.00	0.00
C17	1.34	0.00	0.00	0.00	0.70	0.30	0.00	0.00	0.01	0.00
C18	1.38	0.00	0.00	0.00	0.74	0.26	0.00	0.00	0.31	0.00
C19	1.03	0.00	0.00	0.00	0.78	0.22	0.00	0.00	0.79	0.00
C2	1.00	0.00	0.00	0.00	0.87	0.12	0.00	0.00	0.76	0.00
C20	1.00	0.00	0.00	0.00	0.87	0.12	0.00	0.00	0.27	0.00
C21	1.00	0.00	0.00	0.00	0.86	0.14	0.00	0.00	0.86	0.00
C22	1.00	0.00	0.00	0.00	0.88	0.12	0.00	0.00	1.00	0.00
C23	1.00	0.00	0.00	0.00	0.86	0.14	0.00	0.00	0.19	0.00
C24	2.28	0.00	0.00	0.00	0.75	0.25	0.00	0.00	0.96	0.00
C25	2.28	0.00	0.00	0.00	0.94	0.06	0.00	0.00	0.36	0.00
C26	1.00	0.00	0.00	0.00	0.86	0.14	0.00	0.00	0.96	0.00
C27	1.74	0.00	0.00	0.00	0.86	0.13	0.00	0.00	0.99	0.00
C28	5.43	0.00	0.00	0.00	0.74	0.26	0.00	0.00	0.04	0.00
C29	1.53	0.00	0.00	0.00	0.91	0.09	0.00	0.00	0.37	0.00
C3	1.45	0.00	0.00	0.00	0.94	0.05	0.00	0.00	1.00	0.00
C30	1.00	0.00	0.00	0.00	0.93	0.07	0.00	0.00	0.63	0.00
C31	1.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.24	0.00	0.00	0.44	0.00
C4	2.10	0.00	0.00	0.00	0.64	0.36	0.00	0.00	0.03	0.00
C5	2.36	0.00	0.00	0.00	0.62	0.38	0.00	0.00	1.00	0.00
C6	1.34	0.00	0.00	0.00	0.68	0.32	0.00	0.00	0.35	0.00
C7	1.69	0.00	0.00	0.00	0.66	0.33	0.00	0.00	0.85	0.00

 Conduit Surcharge Summary

No conduits were surcharged.

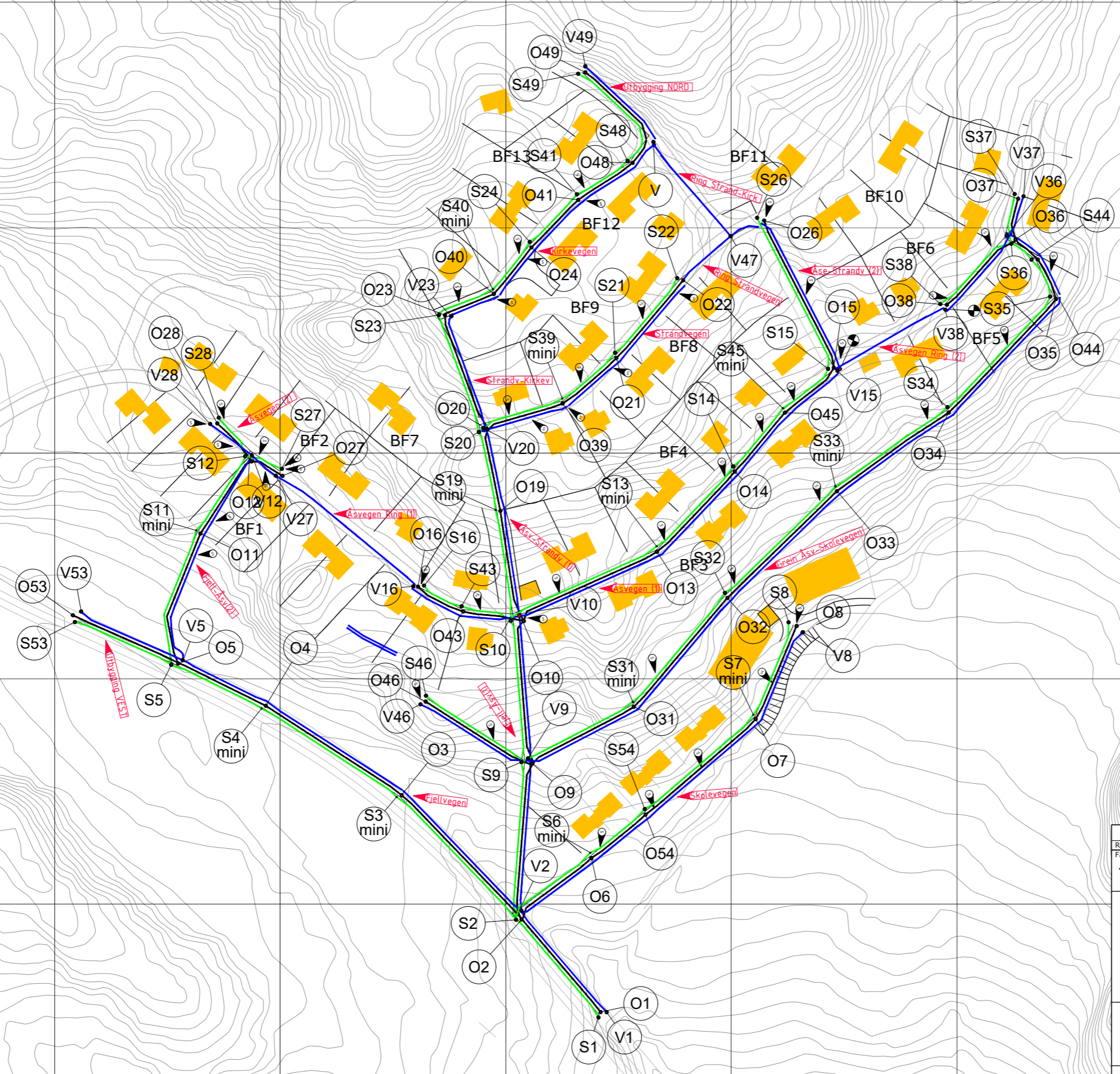
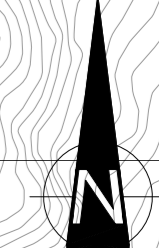
Analysis begun on: Mon May 13 15:54:16 2019
 Analysis ended on: Mon May 13 15:54:17 2019
 Total elapsed time: 00:00:01

BEREGNING AV WIDTH OG SLOPE

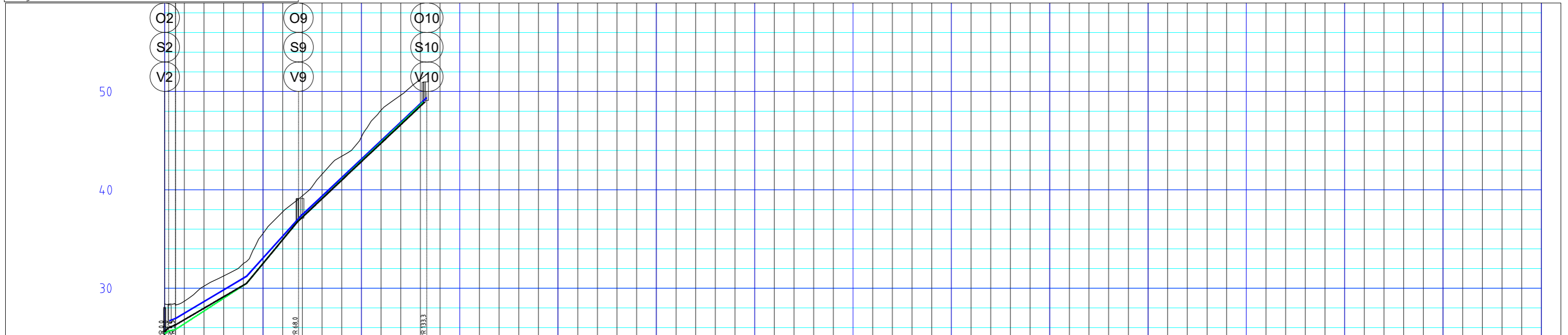
Subcatchement	Areal	Lengde 1	Lengde 2	Topp punkt	Bunn punkt	Snittlengde	Width	%slope
S1	0,257	88,10	91,40	71	46	89,75	28,66	27,86
S10	0,124	69,90	80,00	79	71	74,95	16,51	10,67
S11	0,260	107,30	70,80	88	69	89,05	29,15	21,34
S12	0,572	119,90	69,20	66	51	94,55	60,49	15,86
S13	0,345	120,80	89,30	71	56	105,05	32,80	14,28
S14	0,435	83,00	119,80	70	58	101,40	42,90	11,83
S15	0,278	83,60	73,10	70	60	78,35	35,50	12,76
S16	0,387	180,70	164,90	88	59	172,80	22,39	16,78
S17	0,590	160,80	127,70	85	58	144,25	40,92	18,72
S18	0,261	117,70	44,30	79	60	81,00	32,17	23,46
S19	0,461	42,30	61,50	56	40	51,90	88,80	30,83
S2	0,630	157,30	113,20	79	48	135,25	46,55	22,92
S20	0,598	38,00	42,20	60	47	40,10	149,10	32,42
S21	0,546	95,60	60,70	46	31	78,15	69,85	19,19
S22	0,114	65,30	35,40	47	32	50,35	22,57	29,79
S23	0,110	62,90	34,50	47	36	48,70	22,51	22,59
S3	0,913	198,30	150,40	84	49	174,35	52,37	20,07
S4	0,491	120,30	69,70	62	52	95,00	51,68	10,53
S5	0,372	77,50	54,00	52	45	65,75	56,57	10,65
S6	1,487	268,30	166,70	99	69	217,50	68,38	13,79
S7	0,652	217,80	69,00	99	73	143,40	45,46	18,13
S8	0,372	100,90	50,30	71	62	75,60	49,15	11,90
S9	0,332	111,30	79,80	73	65	95,55	34,76	8,37

Vedlegg 6

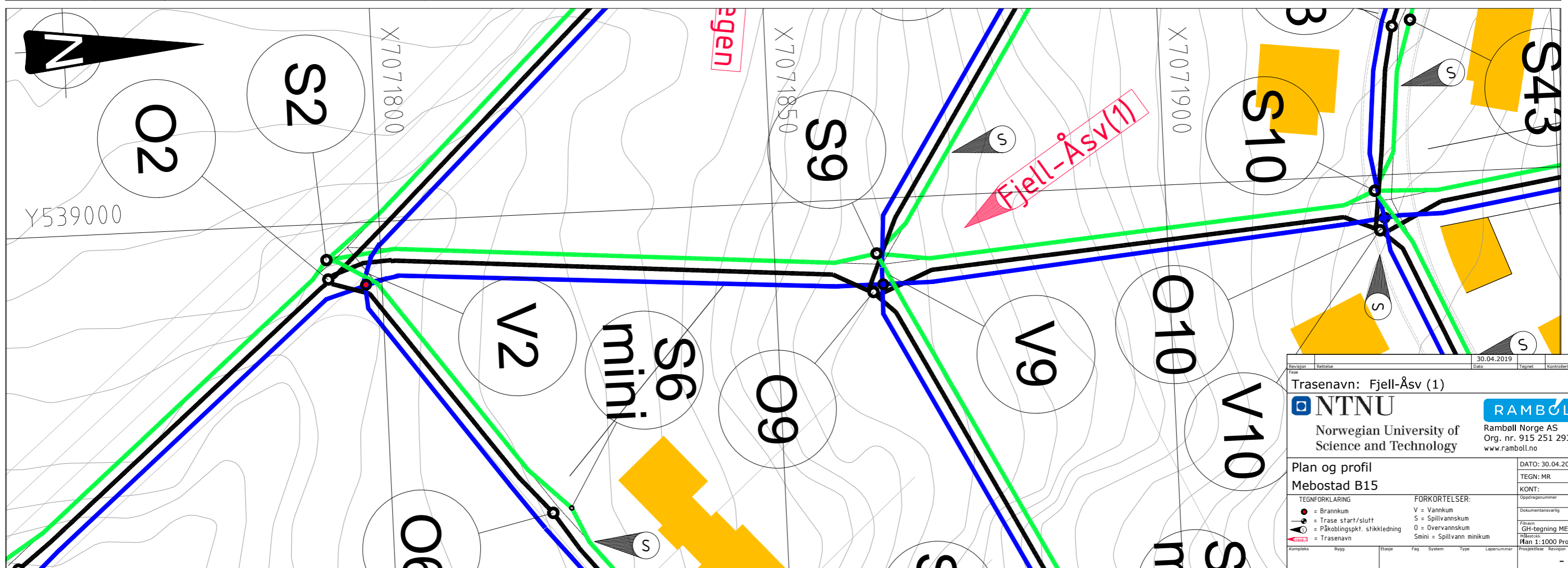
Plan- og profiltegninger



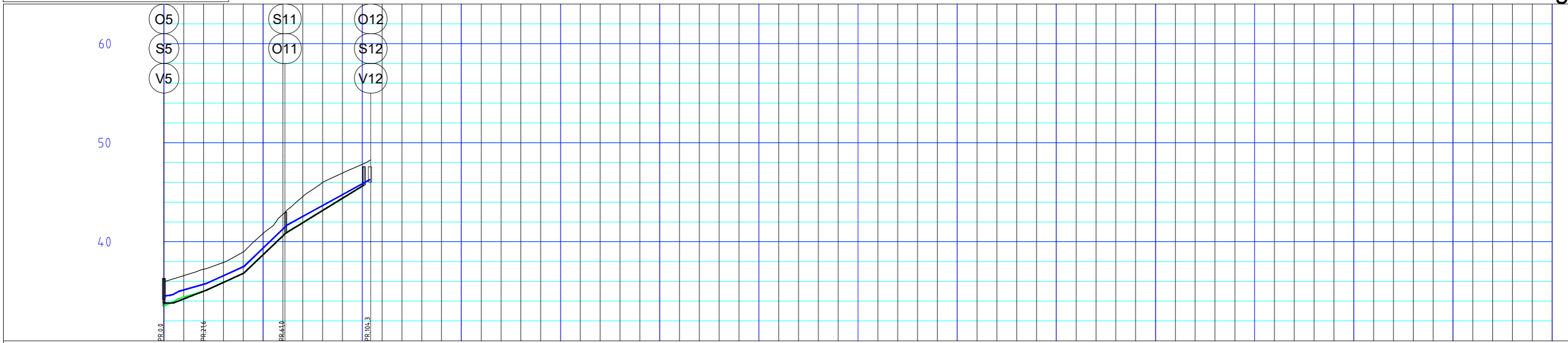
Revisjon	Rettelse	30.04.2019	Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Fase					
Trasnavn: Oversiktstegning					
Norwegian University of Science and Technology		Rambøll Norge AS Org. nr. 915 251 293 www.ramboll.no			
Plan og profil			DATO: 01.05.2019		
Mebostad B15			TEGN: MR		
TEGNFORKLARING:			FORKORTELSER:		
● = Brannkum — = Trase start/slutt = Påkoblingspkt. stikkledning = Trasnavn			V = Vannkum S = Spillvannskum O = Overvannskum Smini = Spillvann minikum		
Kompleks	Bygg	Etasje	Fag	System	Type
Rutenett: 100 x 100		Løpnummer	Prosjektfase	Revisjon	Status
					-



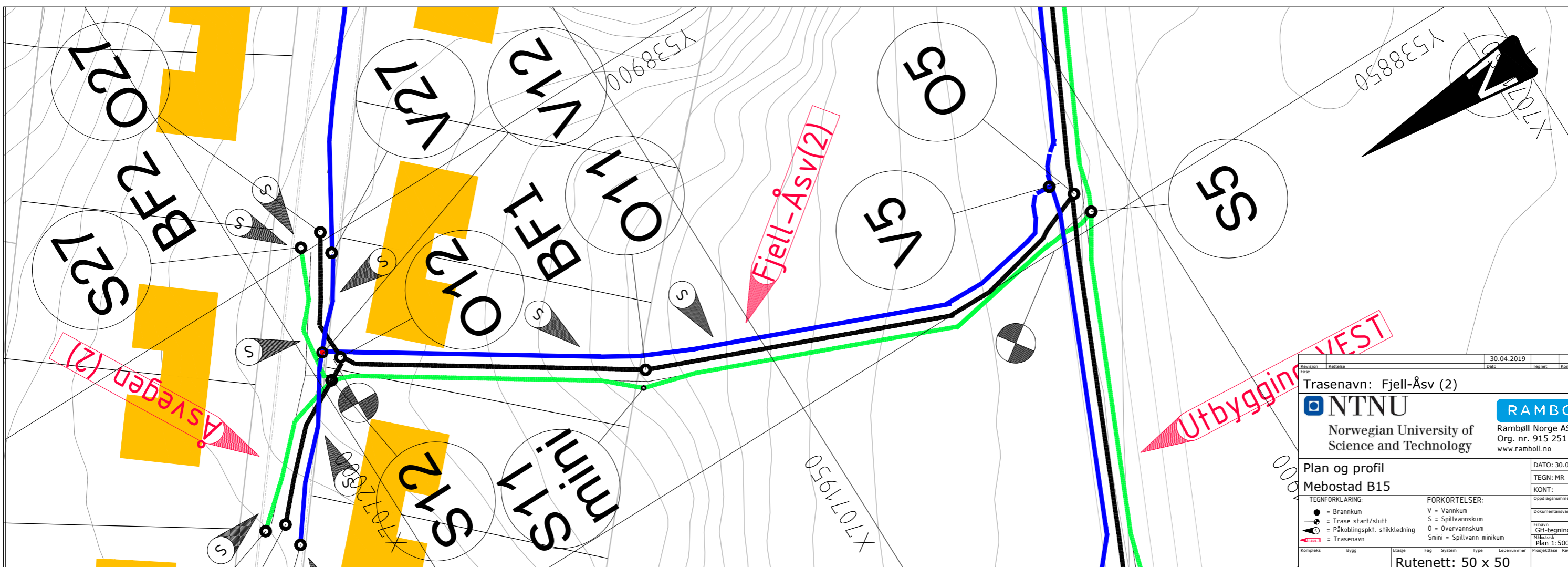
PROFIL NR.	0														
Grunneier															
Markslag															
Grunnforhold															
TERRENG H./TOPP VEGDEKKE	28.40	28.68	30.21	31.25	32.52	35.58	37.78	39.40	41.59	43.42	45.37	48.11	49.63	51.23	51.75
Hor.vinkelpunktavstand i m	28.40	62.5													
Vannledning	Kumavstand i m	3.0	64.5												
	Fall i ‰	10.6	118.4	220.6											
	Kote utv. topp	26.71	26.95	31.20	37.50										
	Type og dim	160PE 100 SDR 11	160PE 100 SDR 11												
Spillvannledning	Kumavstand i m	28.5	61.8	64.1											
	Fall i ‰	57.9	129.3	240.9	189.7										
	Kote innv. bunn	25.46	25.61	30.48	36.72										
	Type og dim	160PVC SN8	160PVC SN8												
Overvannledning	Kumavstand i m	28.5	62.2	64.5											
	Fall i ‰	76.9	116.6	236.9	184.1										
	Kote innv. bunn	25.81	26.27	30.48	36.77										
	Type og dim	400PVC SN8	400PVC SN8												



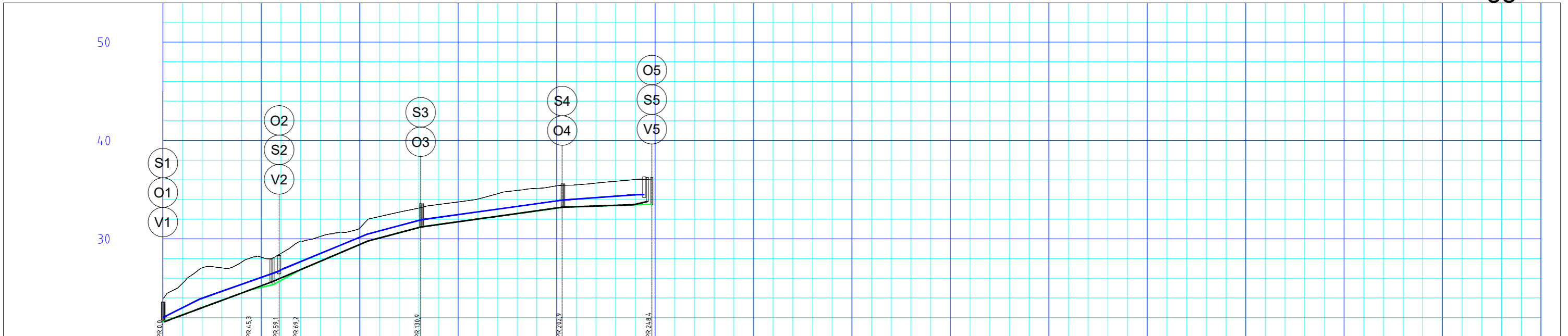
Revisjon	Rettelse	Dato	30.04.2019	Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Fase						
Trasnavn: Fjell-Åsv (1)						
 Norwegian University of Science and Technology			 Rambøll Norge AS Org. nr. 915 251 293 www.ramboll.no			
Plan og profil						DATO: 30.04.2019
Mebostad B15						TEGN: MR
TEGNEFORKLARING						KONT:
<ul style="list-style-type: none"> ● = Brannkum ○ = Trase start/slutt ○ = Påkoblingspkt. stikkledning — = Trasnavn 			FORKORTELSER: V = Vannkum S = Spillvannskum O = Overvannskum Smini = Spillvann minikum			Oppdragsnummer
Kompleks Bygg Etasje Fag System Type Løpnummer						Dokumentansvarig
Prosjektfase Revisjon Status						Plan: GH-tegning MEBOSTAD B15 (2) Plan 1:1000 Profil 1:2000



PROFIL NR.		
Grunneier		
Markslag		
Grunnforhold		
TERRENG H./TOPP VEGDEKKE	36,00 36,58 37,22 37,91 38,97 40,83 42,78 44,55 45,97 46,94 47,81 48,27	
Hor.vinkelpunktavstand i m	3,9 17,7 39,4 43,3	
Vannledning	Kumavstand i m	13,8 40,9 41,8
	Fall i ‰	35,8 56,8 93,1 194,0 109,3
	Kote utv. topp	36,53 37,22 37,91 40,83 42,78 44,55 45,97 46,94 47,81 48,27
	Type og dim	110PE 100 SDR 11 110PE 100 SDR 11
Spillvannledning	Kumavstand i m	14,2 39,4
	Fall i ‰	61,5 91,3 190,1 121,7
	Kote innv. bunn	33,40 33,81 35,12 36,82 40,92 45,72
	Type og dim	160PVC SN80 PVC SN8 160PVC SN8
Overvannledning	Kumavstand i m	16,6 39,9 39,4
	Fall i ‰	2,3 78,3 92,2 191,7 122,2
	Kote innv. bunn	33,80 33,81 35,12 36,83 40,95 45,71
	Type og dim	400PVC SN8



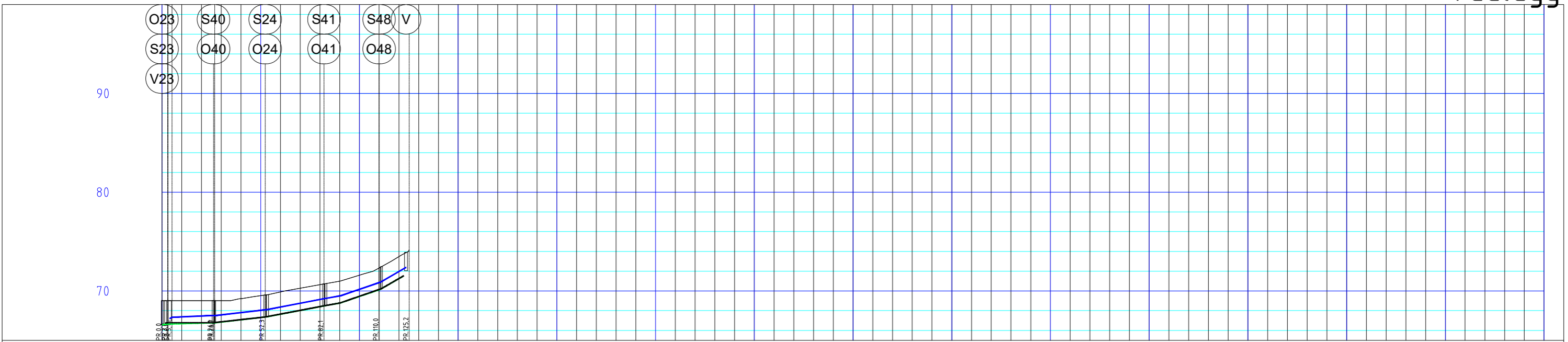
Revisjon	Rettelse	30.04.2019	Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Trasnavn: Fjell-Åsv (2)					
 Norwegian University of Science and Technology			 Rambøll Norge AS Org. nr. 915 251 293 www.ramboll.no		
Plan og profil					DATE: 30.04.2019
Mebostad B15					TEGN: MR
TEGNFORKLARING:					KONT:
● = Brannkum ● = Trase start/slutt ● = Påkoblingspkt. stikkledning ● = Trasnavn			FORKORTELSER: V = Vannkum S = Spillvannskum O = Overvannskum Smini = Spillvann minikum		
Kompleks Bygg					Oppdragsnummer
Rutenett: 50 x 50					Prosjektfase
					Status



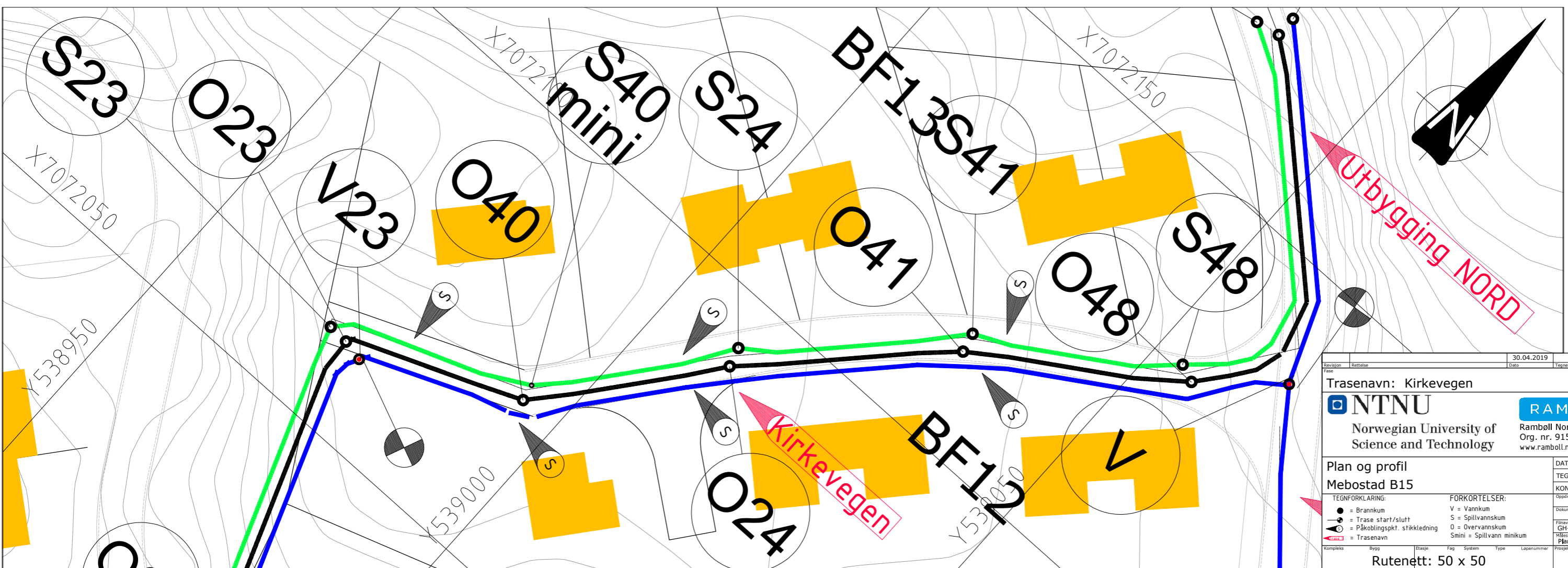
PROFIL NR.	0	50	100	150	200	250																					
TERRENG H/TOPP VEGDEKKE	23.94	25.49	27.06	27.05	27.44	28.14	28.51	29.69	30.25	30.67	31.10	32.27	32.72	33.14	33.50	33.75	34.05	34.59	34.92	35.14	35.40	35.50	35.66	35.85	36.04	36.00	
Hor.vinkelpunktavstand i m			59.1			71.8					71.9																
Kumavstand i m			59.1			130.9					202.8																
Fall i ‰		93.0	69.6	51.1		82.2				52.4																	
Kote utv. topp	22.01	23.91		26.72	26.94	30.50				31.96																	
Type og dim				160PVC SN8		160PE 100 SDR 11				160PVC SN8																	
Kumavstand i m		45.3	10.7	13.2		63.0				71.6																	
Fall i ‰		71.7	44.0	110.2		85.3				53.0																	
Kote innv. bunn	21.57		24.87	25.34	26.80		29.77			31.26																	
Type og dim		160PVC SN8				160PVC SN8				160PVC SN8																	
Kumavstand i m		54.3				76.1				71.9																	
Fall i ‰		74.2				84.9				52.9																	
Kote innv. bunn	21.57		25.59			29.78				31.20																	
Type og dim			400PVC SN8							400PVC SN8																	



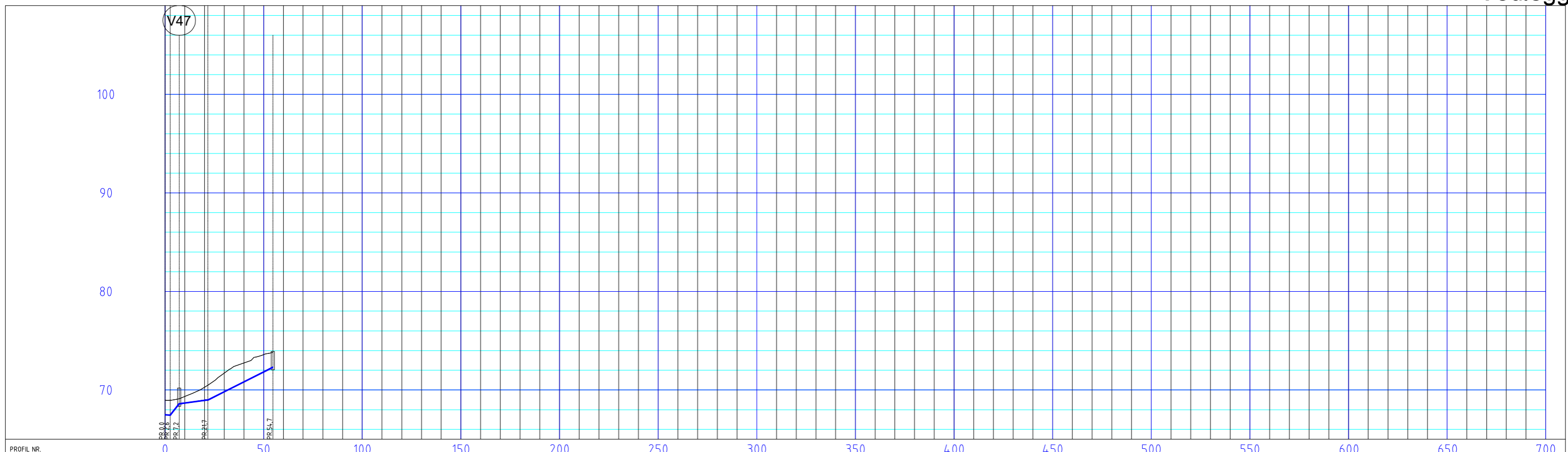
Revisjon	Brettebir	30.04.2019	Tegnet	Kontrollert	Godkjent
<p>Trasnavn: Fjellvegen</p> <p>NTNU Norwegian University of Science and Technology</p> <p>RAMBOLL Rambøll Norge AS Org. nr. 915 251 293 www.ramboll.no</p>					
<p>Plan og profil</p> <p>Mebostad B15</p> <p>TEGNFORKLARING</p> <ul style="list-style-type: none"> ● = Brannkum ○ = Start/slutt trase ○ = Påkoblingspkt. stikkledning ○ = Trasnavn 			<p>FORKORTELSER:</p> <ul style="list-style-type: none"> V = Vannkum O = Overvannskum S = Spillvannskum Smini = Spillvann minikum 		
<p>DATE: 30.04.2019</p> <p>TEGN: MR</p> <p>KONT:</p> <p>Oppdragsnummer</p> <p>Dokumentansvarlig</p> <p>Filnavn: GH-tegning MEBOSTAD B15 (2).dwg</p> <p>Plan 1:1000 Profil 1:2000</p> <p>Prosjekt: Revisjon Status</p>					



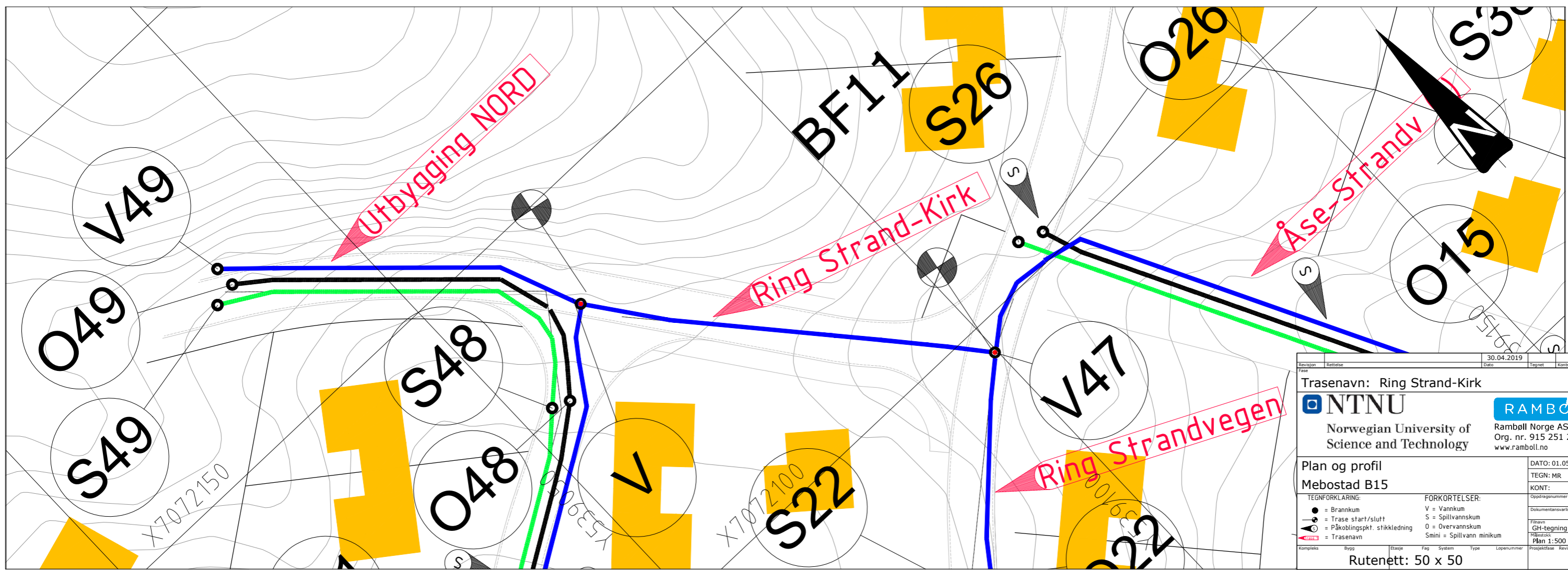
PROFIL NR.		
Grunneier		
Markslog		
Grunnforhold		
TERRENG H./TOPP VEGDEKKE	69,00 69,00 69,00 69,00 69,21 69,52 69,99 70,28 70,63 70,99 71,59 72,32 73,47 74,14	
Hor.vinkelpunktavstand i m	26,1 26,2 29,8 27,9 15,2	
Vannledning	Kumavstand i m	19,8 26,0 30,1 27,5 13,3
	Fall i ‰	8,9 22,8 38,4 66,4 112,5
	Kote utv. topp	67,70 67,50 68,09 69,23 69,50 70,86 72,38
Spillvannledning	Type og dim	160PE 100 SDR 11 160PE 100 SDR 11
	Kumavstand i m	24,1 26,5 29,6 27,3 11,5
	Fall i ‰	5,5 23,0 37,8 69,1 111,2
Overvannledning	Type og dim	160PVC SN8 160PVC SN8
	Kumavstand i m	22,9 26,2 29,8 29,3 11,2
	Fall i ‰	0,0 21,8 37,8 69,5 113,0
	Kote innv. bunn	66,75 66,78 67,35 68,48 68,78 70,23 71,53
	Type og dim	400PVC SN8 400PVC SN8



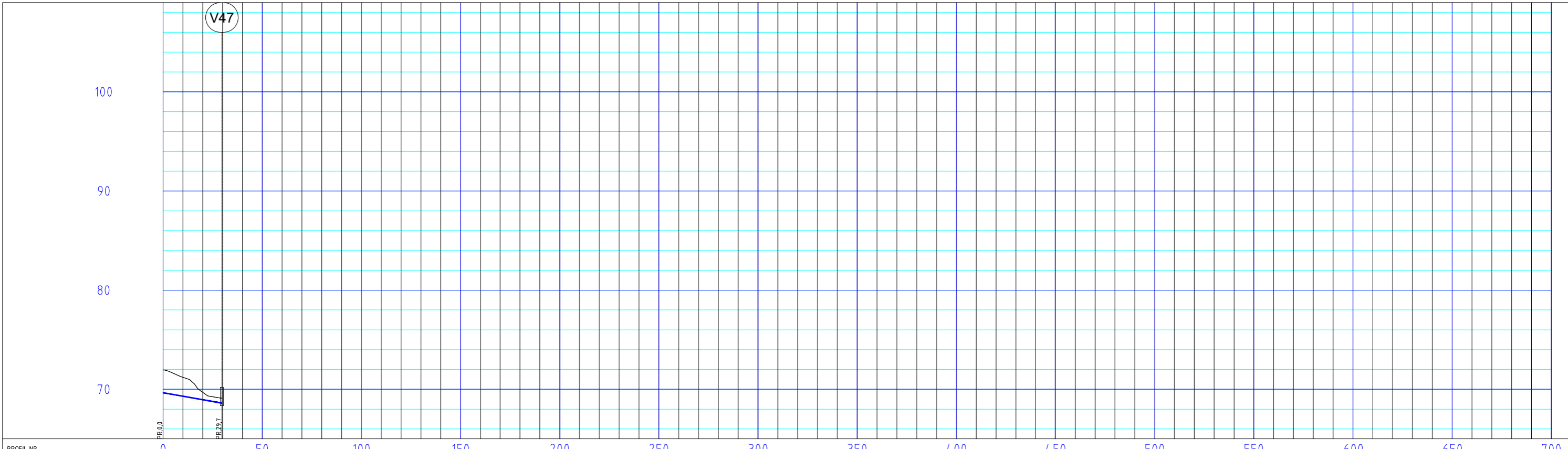
Revisjon	Rettelse	Dato	30.04.2019	Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Trasnavn: Kirkevegen						
 Norwegian University of Science and Technology			 Rambøll Norge AS Org. nr. 915 251 293 www.ramboll.no			
Plan og profil						DATO: 01.05.2019
Mebostad B15						KONT: MR
TEGNFORKLARING: ● = Brannkum ● = Trase start/slutt ● = Påkoblingspkt. stikkledning ● = Trasnavn						FORKORTELSER: V = Vannkum S = Spillvannskum O = Overvannskum Smini = Spillvann minikum
Kompleks Bygg Etasje Fag System Type Løpenummer						Oppdragsnummer Dokumentansvarlig Filnavn GH-tegning MEBOSTAD B15 (1:2000) Plan 1:500 Profil 1:2000
Rutenett: 50 x 50						Prosjektfase Revisjon Status



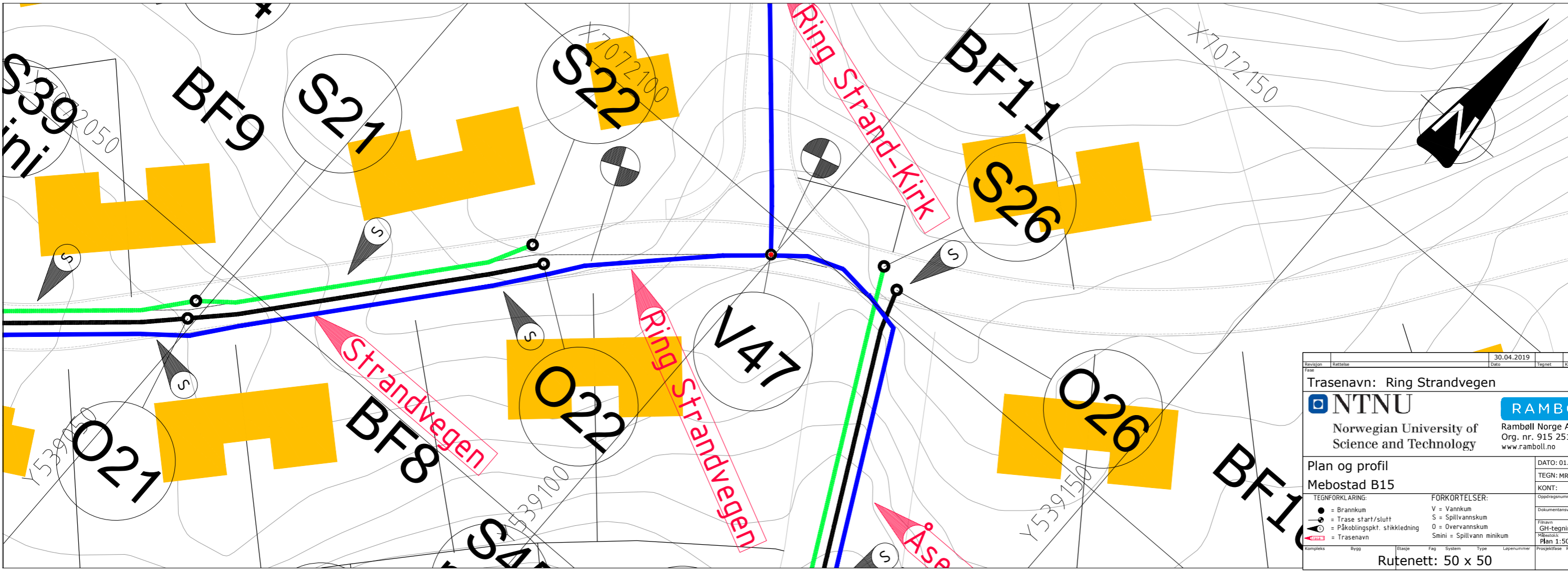
PROFIL NR.									
Grunneier									
Markslog									
Grunnforhold									
TERRENG H./TOPP VEGDEKKE	68.98	69.34	70.28	71.70	72.74	73.59	73.80		
Hor.vinkelpunktavstand i m	7.2	14.4	33.0						
Kumavstand i m	7.2	14.4	33.0						
Fall i ‰	24.5	26.3	100.4	0.0					
Vannledning	Kote utv. topp	68.60	68.99	72.30					
	Type og dim	110PE 10	SDR 11	160PE 100 SDR 11					



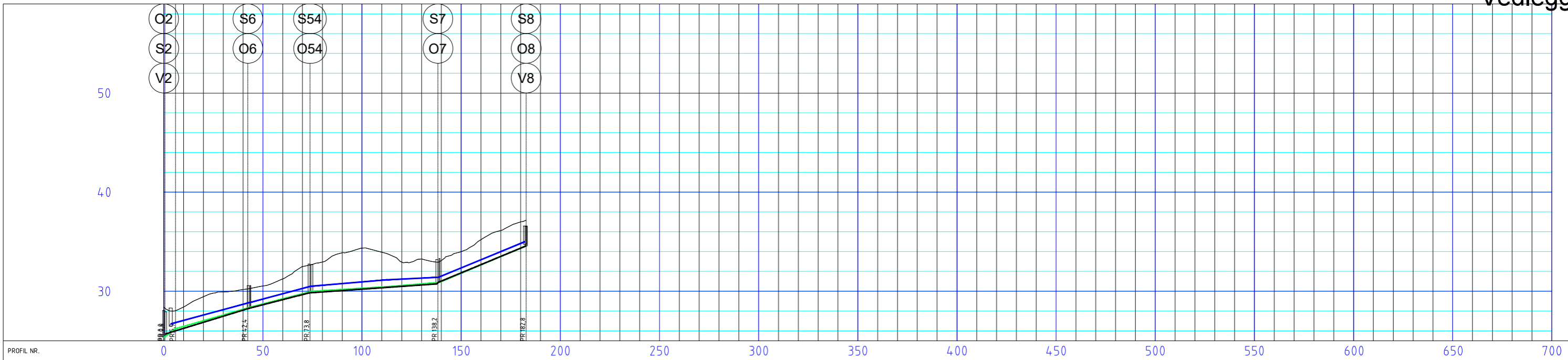
Revisjon	Korrigering	Dato	30.04.2019	Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Fase						
Trasnavn: Ring Strand-Kirk						
NTNU Norwegian University of Science and Technology			RAMBOLL Rambøll Norge AS Org. nr. 915 251 293 www.ramboll.no			
Plan og profil						DATO: 01.05.2019
Mebostad B15						TEGN: MR
TEGNFORKLARING:						KONT:
●	= Brannkum	V	= Vannkum	Oppdragsnummer		
—	= Trase start/slutt	S	= Spillvannskum	Dokumentansvarlig		
○	= Påkoblingspkt. stikkledning	O	= Overvannskum	Filnavn		
—	= Trasnavn	Smini	= Spillvann minikum	GH-Tegning MEBOSTAD B15 (2)		
Kompleks						Plan 1:500 Profil 1:2000
Bygg						Prosjektfase
Etasje						Revisjon
Fag						Status
System						
Type						
Løpenummer						
Rutenett: 50 x 50						



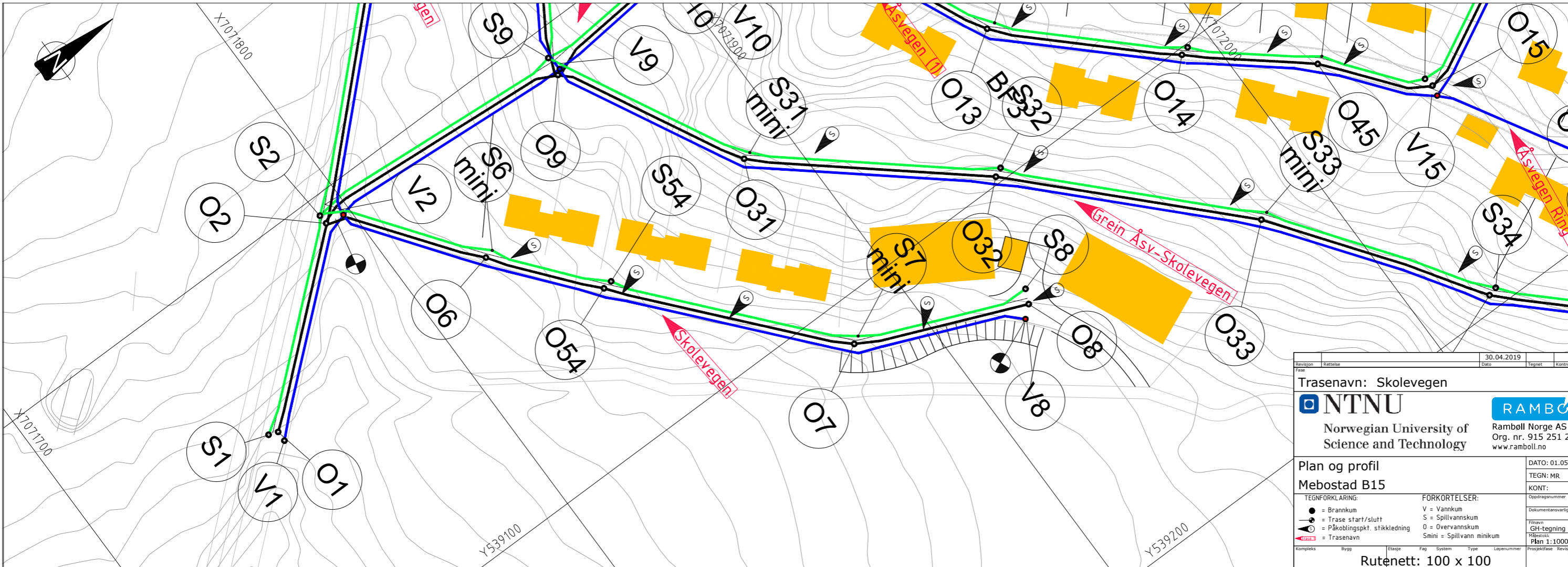
PROFIL NR.	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
Grunneier															
Markslag															
Grunnforhold															
TERRENG HJ/TOPP VEGDEKKE	71.93	71.20	69.69	69.10											
Hor.vinkelpunktavstand i m	29.7														
Vannledning	Kumavstand i m	29.7													
	Fall i ‰	-35.3													
Kote utv. topp	69.66	68.60													
	Type og dim	160PE 100 SDR 11													



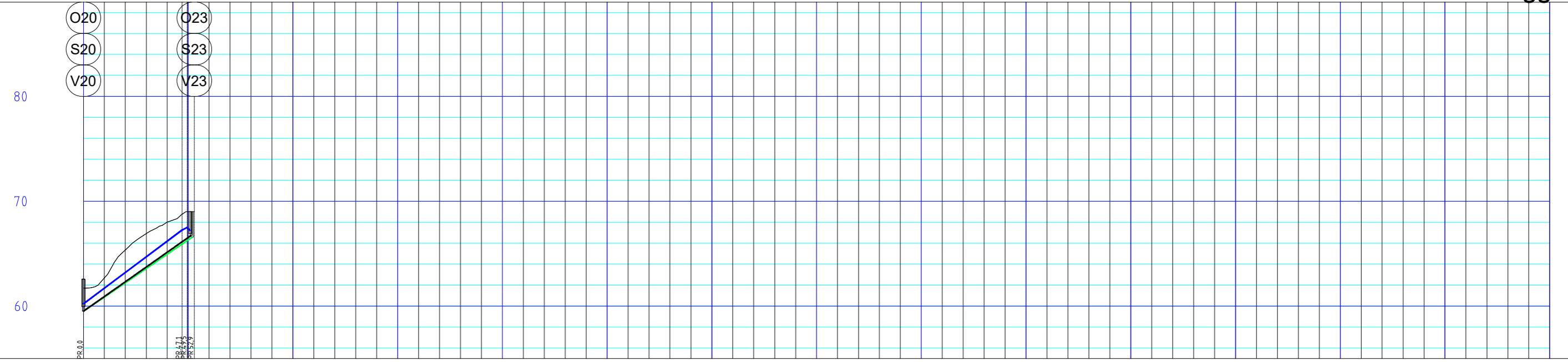
Revisjon	Betegnelse	Dato	Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		30.04.2019			
Trasenavn: Ring Strandvegen NTNU Norwegian University of Science and Technology RAMBOLL Rambøll Norge AS Org. nr. 915 251 293 www.ramboll.no					
Plan og profil Mebstad B15					DATO: 01.05.2019 TEGN: MR KONT:
TEGNFORKLARING: ● = Brannkum — = Trase start/slutt ○ = Påkoblingspkt. stikkledning ← = Trasenavn			FORKORTELSER: V = Vannkum S = Spillvannskum O = Overvannskum Smi = Spillvann minikum		
Kompleks Bygg Etasje Fag System Type Løpenummer					Oppdragsnummer Dokumentansvarlig Filnavn GH-tegning MEBOSTAD B15 (2).c Plan 1:500 Profil 1:2000 Prosjektfase Revisjon Status
Rutenett: 50 x 50					-



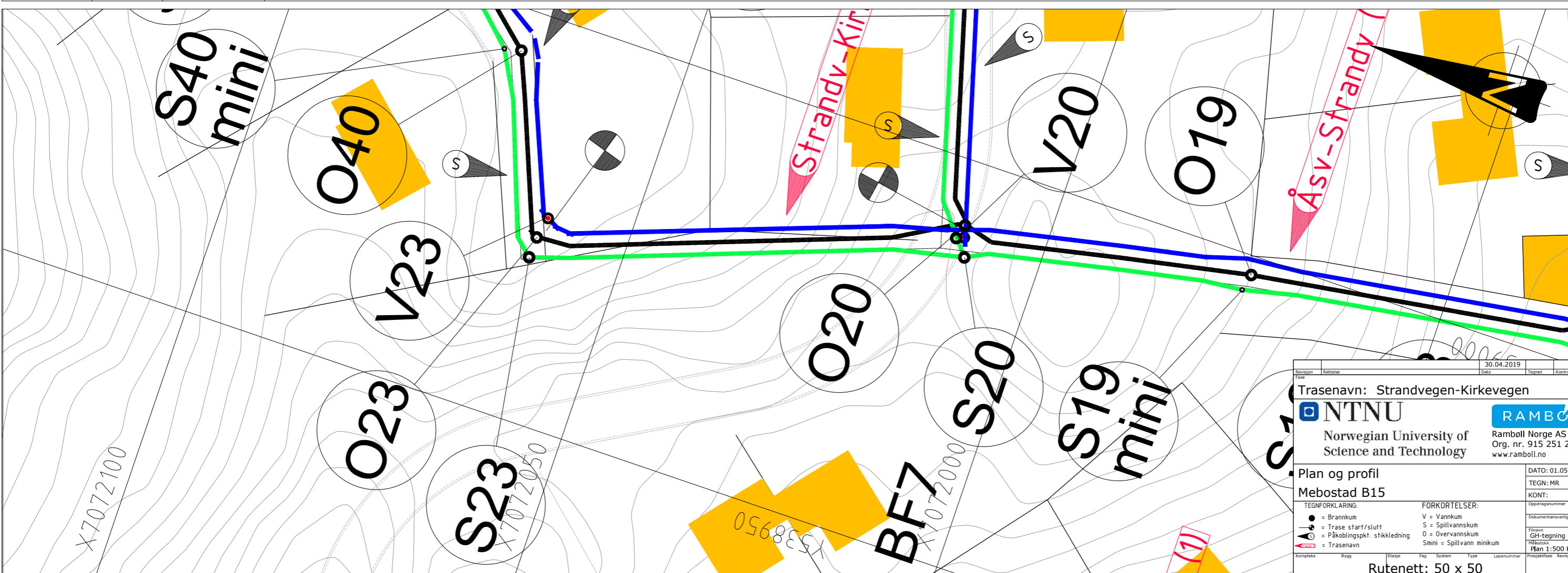
PROFIL NR.	28.40	28.41	29.45	29.93	30.17	30.53	31.25	32.48	32.95	33.88	34.34	33.93	32.94	33.26	33.09	34.00	35.21	36.72	37.00	
Grundeier																				
Markslag																				
Grunnforhold																				
TERRENG H / TOPP VEGDEKKE	28.40	28.41	29.45	29.93	30.17	30.53	31.25	32.48	32.95	33.88	34.34	33.93	32.94	33.26	33.09	34.00	35.21	36.72	37.00	
Hor.vinkelpunktavstand i m			42,4			31,3					64,5					44,5				
Vannledning	Kumavstand i m		39,9			30,9				16,8	64,3					43,6				
	Fall i ‰		53,6			53,2				16,8	64,3				10,0	43,6				
	Kote utv. topp	26,71				28,86				30,51	31,15				31,42	35,00				
Type og dim										160PE 100 SDR 11										
Spillvannledning	Kumavstand i m	0,53	37,8			31,0				64,3					43,7					
	Fall i ‰	4,02	57,3			51,6				16,9	64,3				10,0	82,8				
	Kote innv. bunn	25,40	28,39			30,00				30,64	30,90				34,58					
Type og dim	160PVC SN8	160PVC SN8								160PVC SN8										
Overvannledning	Kumavstand i m		4,17			30,7				64,4					45,0					
	Fall i ‰		59,5			51,6				14,1	64,4				82,9					
	Kote innv. bunn	25,70				29,84				30,74	30,90				34,58					
Type og dim										200PVC SN8										



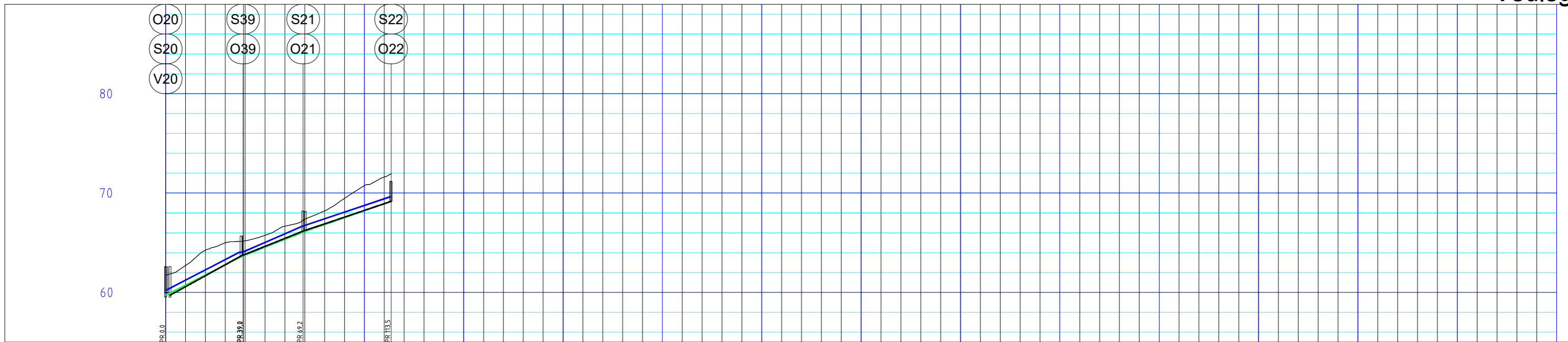
Revisjon	Revisjon	30.04.2019	Dato	Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Trasnavn: Skolevegen						
Norwegian University of Science and Technology			Rambøll Norge AS Org. nr. 915 251 293 www.ramboll.no			
Plan og profil						DATO: 01.05.2019
Mebostad B15						TEGN: MR
TEGNFORKLARING:						KONT:
●	= Brannkum	V	= Vannkum	Oppdragsnummer	-	
—	= Trase start/slutt	S	= Spillvannskum	Dokumentansvarlig	-	
⊙	= Påkoblingspkt. stikkledning	O	= Overvannskum	Filnavn	GH-tegning MEBOSTAD B15 (2).dwg	
→	= Trasnavn	Smini	= Spillvann minikum	Plan	1:1000 Profil 1:2000	
Kompleks Bygg Etasje Fag System Type Løpnummer						Prosjektfase Revisjon Status
Ruteneett: 100 x 100						-



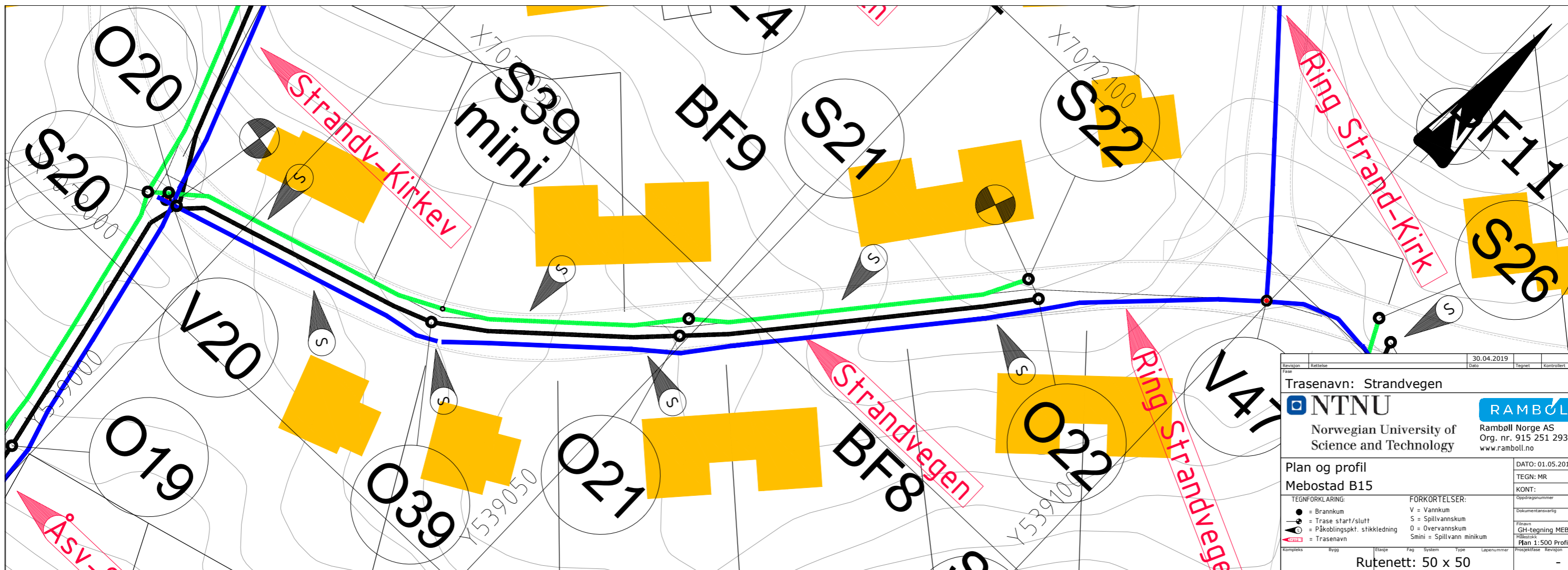
PROFIL NR.	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	
Grunneier																
Merkstag																
Grunnforhold																
TERRENG H / TOPP VEGDEKKE	61.73	62.68	65.35	66.92	68.01	69.00	69.00	69.00	69.00	69.00	69.00	69.00	69.00	69.00	69.00	
Hor.vinkelpunktavstand i m	52.9															
Vannledning	Kumavstand i m	47.1														
	Fall i ‰	149.1														
	Kote utv. topp	60.72	67.76													67.50
Spillvannledning	Type og dim	160PE 100 SDR 11 160PE 11 SDR 11														
	Kumavstand i m	51.9														
	Fall i ‰	135.9														
Overvannledning	Kote innv. bunn	59.50	66.57													66.73
	Type og dim	160PVC SN8														
	Kumavstand i m	51.4														
Overvannledning	Fall i ‰	139.7														
	Kote innv. bunn	59.51	66.73													66.73
	Type og dim	400PVC SN8														



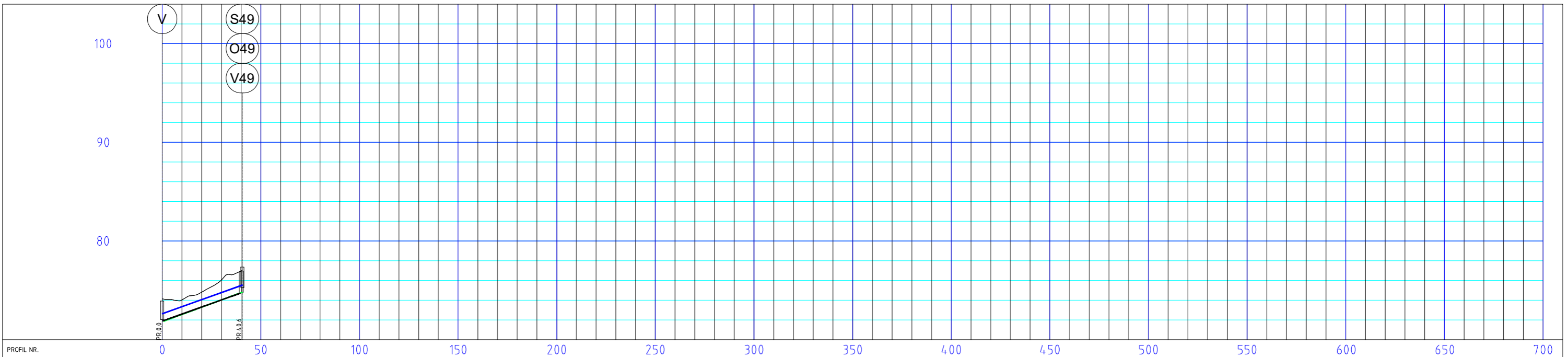
Revisjon	Dato	Tegnet	Kontrollert	Godkjært
	30.04.2019			
Trasnavn: Strandvegen-Kirkevegen				
NTNU Norwegian University of Science and Technology		RAMBOLL Ramboll Norge AS Org. nr. 915 251 293 www.ramboll.no		
Plan og profil Meibostad B15				DATO: 01.05.2019
TEGNFORKLARING: ● = Brannkum ● = Trase start/slutt ● = Påkoblingspkt. stikkledning ● = Trasnavn				TEGN: MR
FORKORTELSER: V = Vannkum S = Spillvannskum O = Overvannskum Smini = Spillvann minikum				KONT:
Konteks Bygg Etasje Fag System Type Løpenummer				Oppdragsnummer
Rutenett: 50 x 50				Dokumentansvarlig
				Prosjektfase
				Status



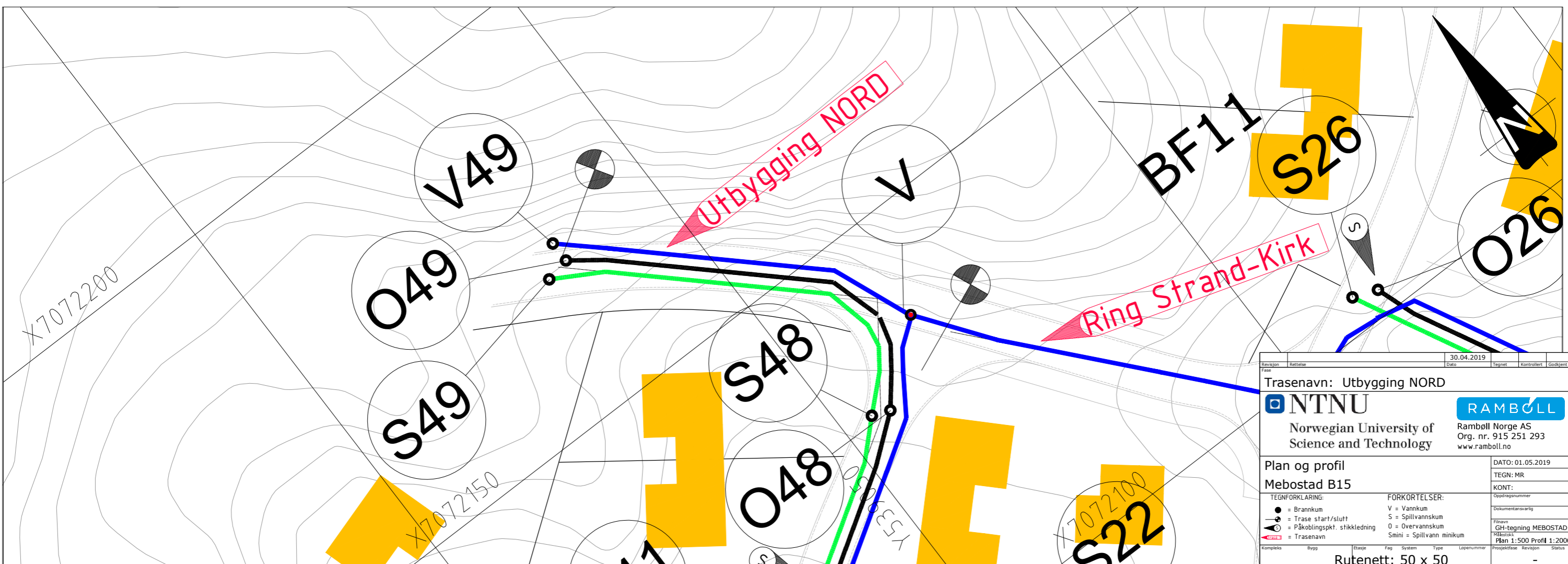
PROFIL NR.	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
TERRENG H / TOPP VEGDEKKE	6173	6271	6423	6500	6518	6575	6665	6738	6820	6946	7074	7161	7193		
Hor.vinkelpunktavstand i m		39,0	36,8	1,0	29,9	30,2	44,2								
Vannledning	Kumavstand i m		36,8	1,0	29,9	30,2	44,2								
	Fall i ‰		102,8	2,4	86,4	66,9									
	Kote utv. topp	60,74	64,02	64,08	66,67	69,63									
Spillvannledning	Type og dim		160PE 100 SDR 11												
	Kumavstand i m		38,7		31,6	43,0									
	Fall i ‰		100,2		80,0	69,6									
Overvannledning	Kote innv. bunn	59,89	63,65		66,15	69,16									
	Type og dim		160PVC SN8												
	Kumavstand i m		35,8		31,0	44,5									
Overvannledning	Fall i ‰		108,8		80,2	66,5									
	Kote innv. bunn	59,71	63,66		66,15	69,16									
	Type og dim		200PVC SN8												



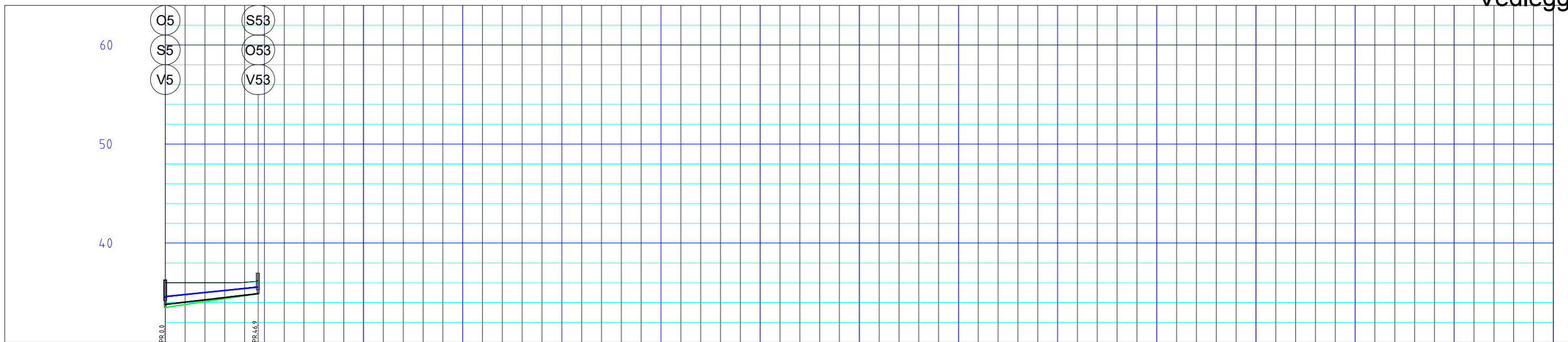
Revisjon	Retteelse	30.04.2019	Dato	Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Fase						
Trasnavn: Strandvegen						
NTNU			RAMBOLL			
Norwegian University of Science and Technology			Rambøll Norge AS Org. nr. 915 251 293 www.ramboll.no			
Plan og profil						DATO: 01.05.2019
Mebostad B15						TEGN: MR
TEGNFORKLARING:						KONT:
<ul style="list-style-type: none"> ● = Brannkum ○ = Trase start/slutt ○ = Påkoblingspkt. stikkledning ○ = Trasnavn 						Oppdragsnummer
<ul style="list-style-type: none"> V = Vannkum S = Spillvannskum O = Overvannskum Smini = Spillvann minikum 						Dokumentansvarlig
Filnavn						Plan 1:500 Profil 1:2000
Prosjektfase						Revisjon
Rutenett: 50 x 50						Status



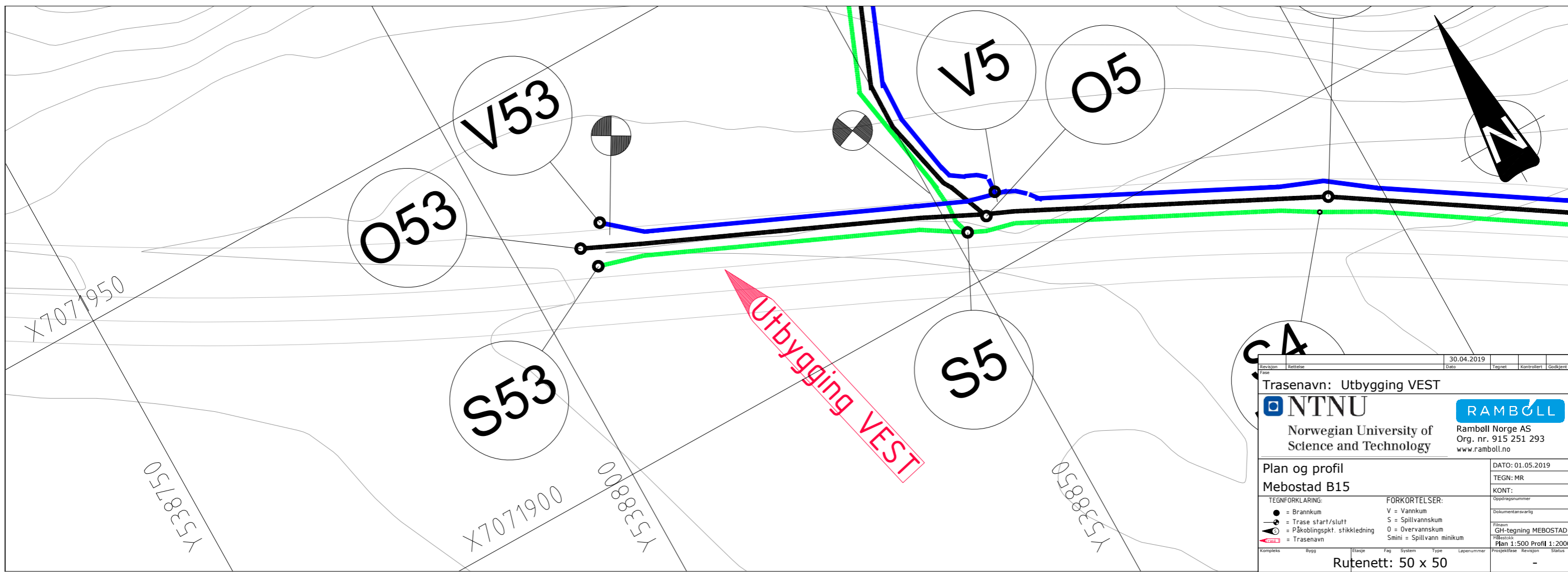
PROFIL NR.	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	
Grunneier																
Markslog																
Grunnforhold																
TERRENG H / TOPP VEGDEKKE	74,14	74,03	74,81	76,04	76,84											
Hor.vinkelpunktavstand i m																
Vannledning	Kumavstand i m	40,6														
	Fall i ‰	71,0														
	Kote utv topp	72,64														75,54
	Type og dim	160PE 100 SDR 11														
Spillvannledning	Kumavstand i m	39,7														
	Fall i ‰	71,5														
	Kote innv bunn	71,88														74,81
	Type og dim	160PVC SN8														
Overvannledning	Kumavstand i m	39,3														
	Fall i ‰	69,7														
	Kote innv bunn	71,91														74,71
	Type og dim	400PVC SN8														



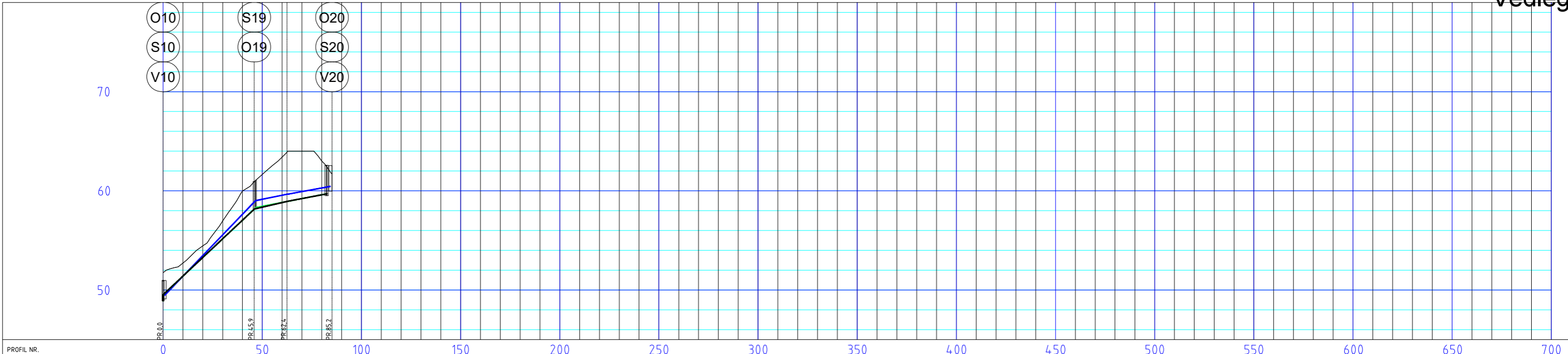
Revisjon	Rettelse	30.04.2019	Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Fase					
Trasnavn: Utbygging NORD					
NTNU Norwegian University of Science and Technology			RAMBOLL Ramboll Norge AS Org. nr. 915 251 293 www.ramboll.no		
Plan og profil					DATO: 01.05.2019
Mebostad B15					TEGN: MR
TEGNFORKLARING:					KONT:
<ul style="list-style-type: none"> ● = Brannkum ○ = Trase start/slutt ○ = Påkoblingspkt. stikkledning → = Trasnavn 		<ul style="list-style-type: none"> V = Vannkum S = Spillvannskum O = Overvannskum Smini = Spillvann minikum 			Oppdragsnummer
Kompleks Bygg Etasje Fag System Type Løpe/nummer					Prosjektfase Revisjon Status
Rutenett: 50 x 50					-



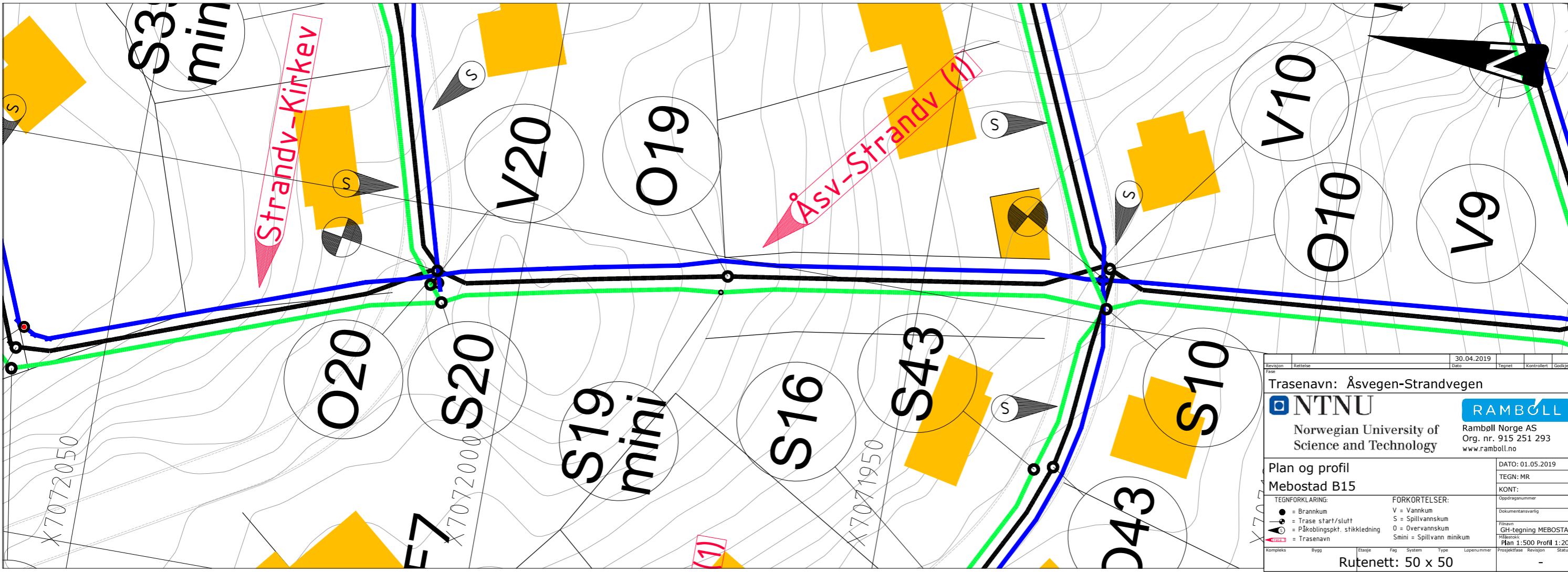
PROFIL NR.	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	
Grunneier																
Markslag																
Grunnforhold																
TERRENG H./TOPP VEGDEKKE	36,00	36,00	36,00	36,00	36,04	36,25										
Hor. vinkelpunktavstand i m															46,9	
Vannledning															Kumavstand i m	46,7
															Fall i ‰	20,3
															Kote utv. topp	35,56
Spillvannledning															Type og dim	160PE 100 SDR 11
															Kumavstand i m	46,8
															Fall i ‰	29,9
Overvannledning															Kote innv. bunn	33,50
															Type og dim	160PVC SN8
															Kumavstand i m	46,9
Overvannledning															Fall i ‰	21,5
															Kote innv. bunn	33,80
															Type og dim	400PVC SN8



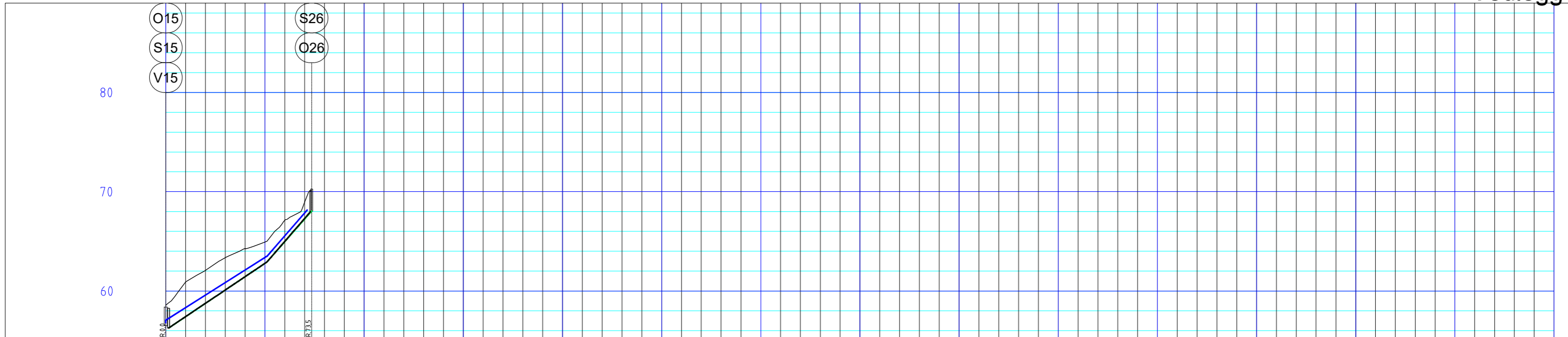
Revisjon	Betegnelse	Dato	30.04.2019	Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Trasnavn: Utbygging VEST						
NTNU		RAMBOLL		Ramboll Norge AS Org. nr. 915 251 293 www.ramboll.no		
Norwegian University of Science and Technology				Dato: 01.05.2019		
Plan og profil				TEGN: MR		
Mebostad B15				KONT:		
TEGNFORKLARING:		FORKORTELSER:				
●	= Brannkum	V	= Vannkum	Oppdragsnummer		
○	= Trase start/slutt	S	= Spillvannskum	Filnavn		
○	= Påkoblingspkt. stikkledning	O	= Overvannskum	GH-tegning MEBOSTAD B15 (2).dwg		
→	= Trasnavn	Sm	= Spillvann minikum	Tilleggsinfo		
Rutenett: 50 x 50				Plan 1:500 Profil 1:2000		
Kompleks	Bygg	Etasje	Fag	System	Type	Løpnummer
						Status
						Prosjekt fase
						Revisjon
						Status



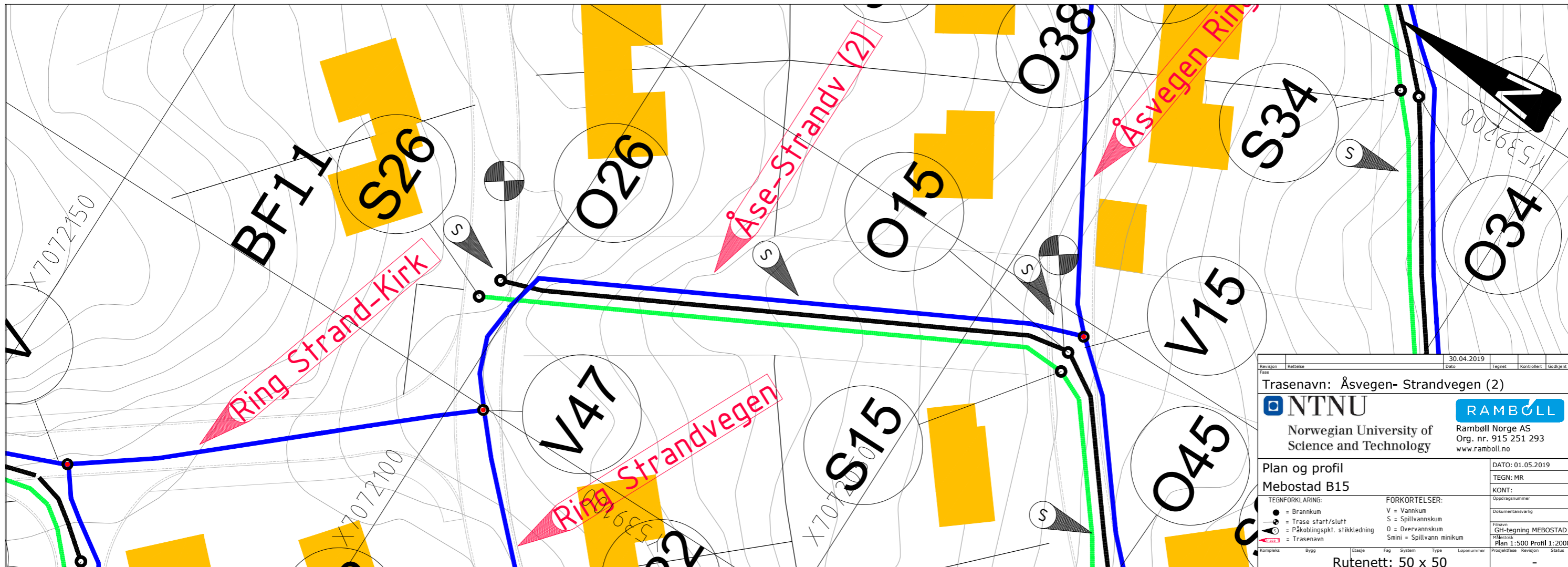
PROFIL NR.	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	
TERRENG H / TOPP VEGDEKKE	51,75	57,72	54,45	56,95	59,95	61,65	63,41	64,00	63,01	61,73						
Hor.vinkelpunktavstand i m		45,9		16,5		22,7										
Vannledning	Kumavstand i m	45,9		15,8		21,9										
	Fall i ‰		207,6		39,9		35,7									
	Kote utv topp	49,48		59,02		59,66		60,44								
Spillvannledning	Type og dim	160PE 100 SDR 11														
	Kumavstand i m	46,8		15,6		19,6										
	Fall i ‰	332,9		187,4		38,6		38,6								
Overvannledning	Kote innv. bunn	48,93		58,32		58,93		59,69								
	Type og dim	160PVC SN8														
	Kumavstand i m	45,9		16,5		20,3										
Overvannledning	Fall i ‰	186,4		46,3		37,2										
	Kote innv. bunn	48,93		58,16		58,93		59,71								
	Type og dim	400PVC SN8														



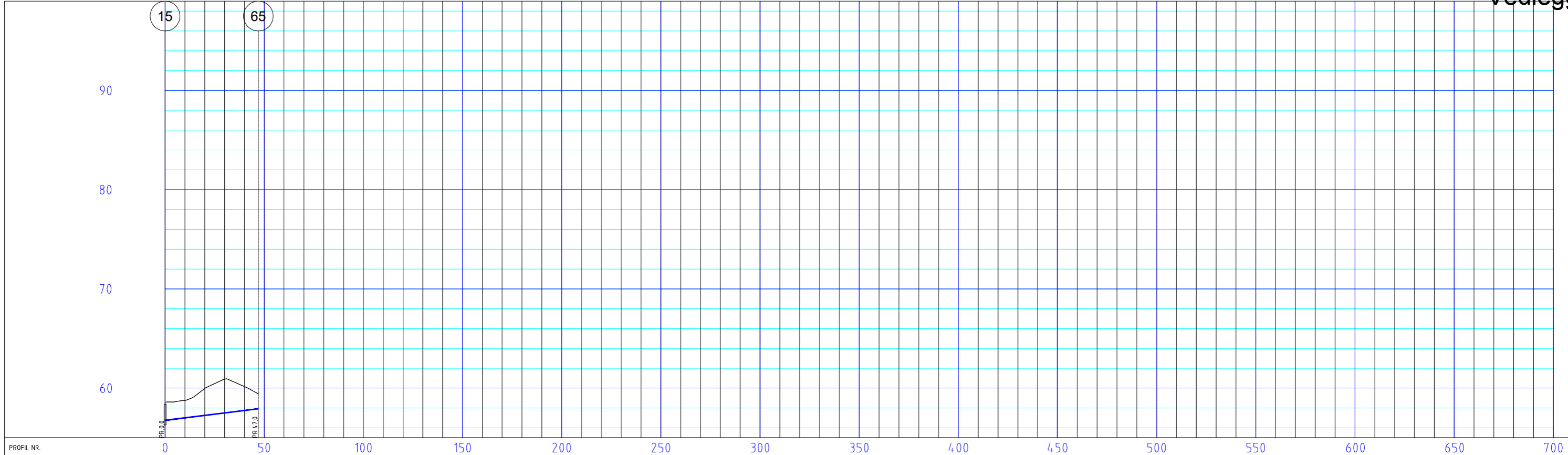
Revisjon	Rettelse	30.04.2019	Fag	Kontrollert	Godkjent
Trasnavn: Åsvegen-Strandvegen					
NTNU		RAMBOLL			
Norwegian University of Science and Technology		Ramboll Norge AS Org. nr. 915 251 293 www.ramboll.no			
Plan og profil					DATE: 01.05.2019
Mebostad B15					TEGN: MR
TEGNFORKLARING:					KONT:
●	= Brannkum	V	= Vannkum	Oppdragsnummer	
○	= Trase start/slutt	S	= Spillvannskum	Dokumentansvarlig	
○	= Påkoblingspkt. stikkledning	O	= Overvannskum	Filnavn	
○	= Trasnavn	Smini	= Spillvann minikum	GHI-tegning MEBOSTAD B15 (2).dwg	
Kompleks					Plan 1:500 Profil 1:2000
Rutenett: 50 x 50					Prosjektfase
					Revisjon
					Status



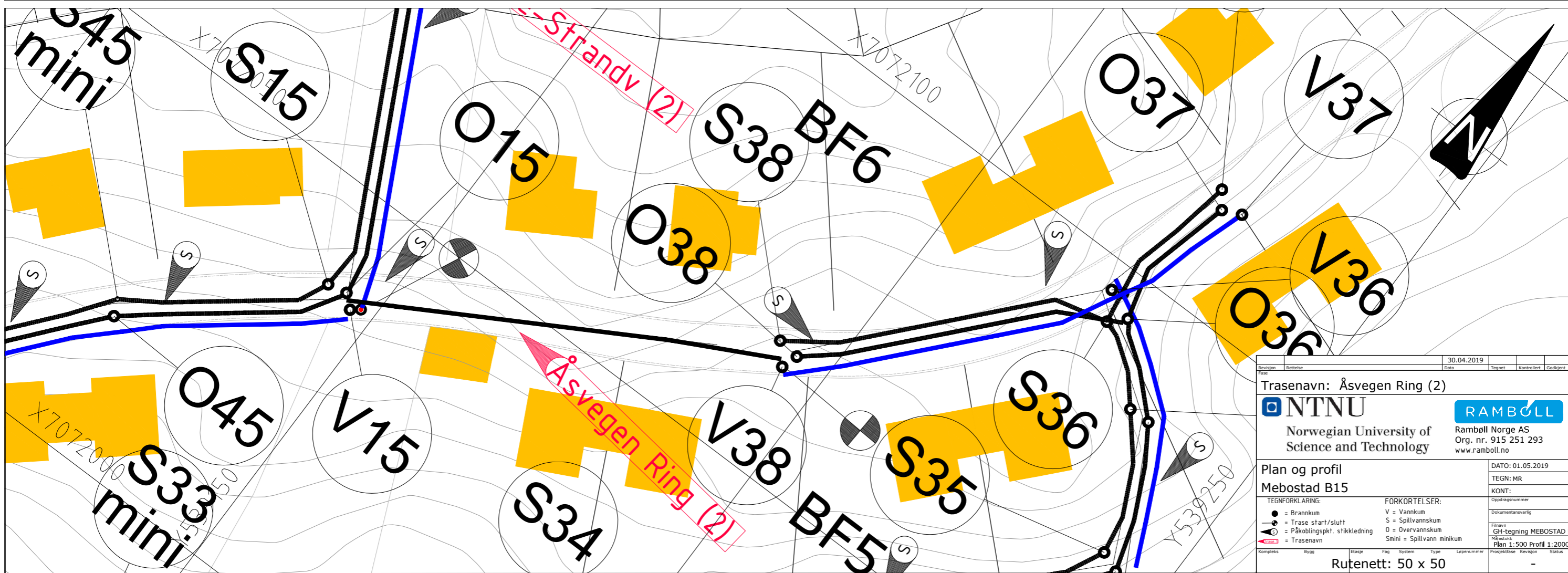
PROFIL NR.		
Grunneier		
Markslag		
Grunnforhold		
TERRENG H/TOPP VEGDEKKE	58.57 60.00 62.07 63.35 64.26 64.93 67.13 68.98 70.13	
Hor.vinkelpunktavstand i m	73.5	
Vannledning	Kumavstand i m	71.4
	Fall i ‰	126.1
	Kote utv topp	58.07 63.50 68.18
Spillvannledning	Type og dim	110PE 100 SDR 11
	Kumavstand i m	72.1
	Fall i ‰	132.5
Overvannledning	Kote innv. bunn	56.26 62.91 68.04
	Type og dim	160PVC SN8
	Kumavstand i m	71.6
	Fall i ‰	133.7
	Kote innv. bunn	56.26 62.92 68.00
	Type og dim	315PVC SN8



Revisjon	Rettelse	Dato	Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		30.04.2019			
Fase					
Trasnavn: Åsvegen- Strandvegen (2)					
 Norwegian University of Science and Technology			 Ramboll Norge AS Org. nr. 915 251 293 www.ramboll.no		
Plan og profil					DATO: 01.05.2019
Mebostad B15					TEGN: MR
TEGNFORKLARING:					KONT:
●	= Brannkum	V	= Vannkum	Oppdragsnummer	
○	= Trase start/slutt	S	= Spillvannskum	Dokumentansvarlig	
○	= Påkoblingspkt. stikkledning	O	= Overvannskum	Filnavn	
—	= Trasnavn	Smini	= Spillvann minikum	GHT-tegning MEBOSTAD B15 (2).dwg	
Rutenett: 50 x 50					Plan 1:500 Profil 1:2000
					Prosjektfase
					Revisjon
					Status



PROFIL NR.					
Grunneier					
Markslag					
Grunnforhold					
TERRENG H./TOPP VEGDEKKE	58,57	58,75	59,96	60,15	57,92
Hor.vinkelpunktavstand i m	47,0				
Vannledning	Kumavstand i m	47,0			
	Fall i ‰	20,9			
Type og dim	Kote utv. topp	56,76			
		160PE 100 SDR 11			



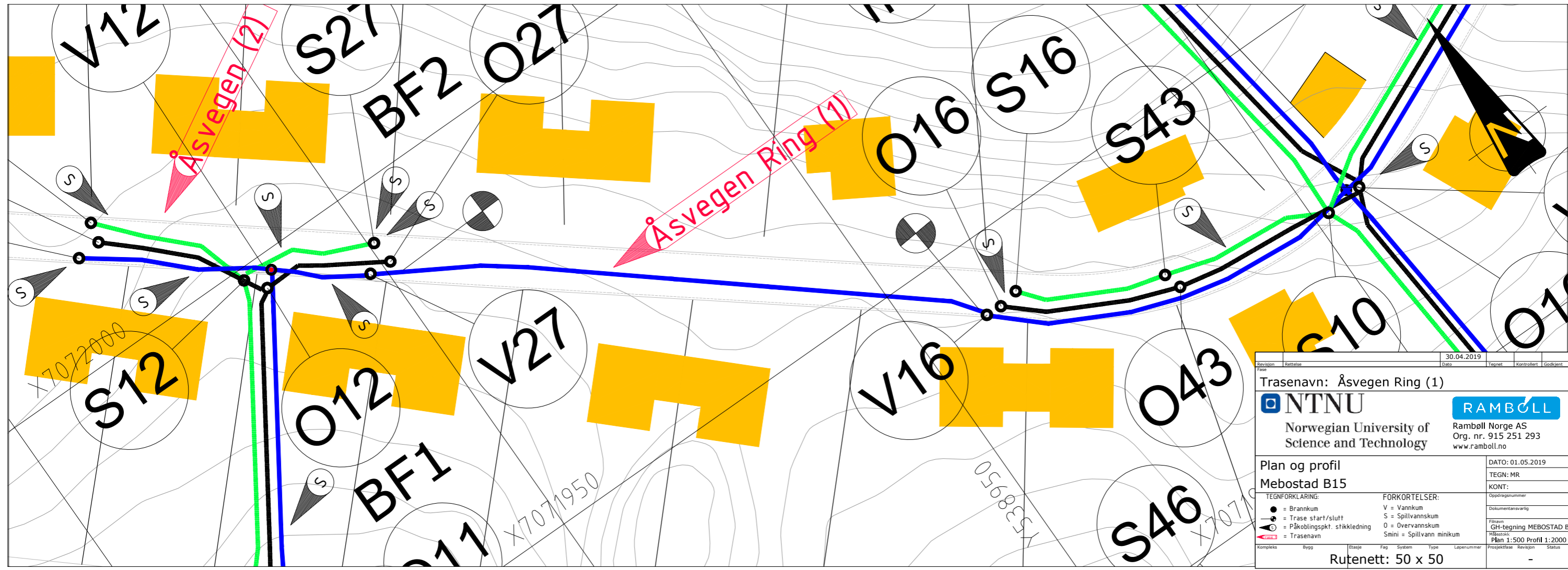
Revisjon	Dato	Tegnet	Kontrollert	Godkjent
	30.04.2019			
Trasnavn: Åsvegen Ring (2)				
NTNU Norwegian University of Science and Technology		RAMBOLL Rambøll Norge AS Org. nr. 915 251 293 www.ramboll.no		
Plan og profil				DATO: 01.05.2019
Mebostad B15				TEGN: MR
TEGNFORKLARING:				KONT:
● = Brannkum	○ = Trase start/slutt	○ = Påkoblingspkt. stikkledning	○ = Trasnavn	Oppdragsnummer
V = Vannkum	S = Spillvannskum	O = Overvannskum	Smini = Spillvann minikum	Dokumentansvarlig
FORKORTELSER: V = Vannkum S = Spillvannskum O = Overvannskum Smini = Spillvann minikum				Filnavn
Rutenett: 50 x 50				GH-tegning MEBOSTAD B15 (2).dwg
Kompleks Bygg Etasje Fag System Type				Plan 1:500 Profil 1:2000
Løpenummer				Prosjektserie
				Status

V16

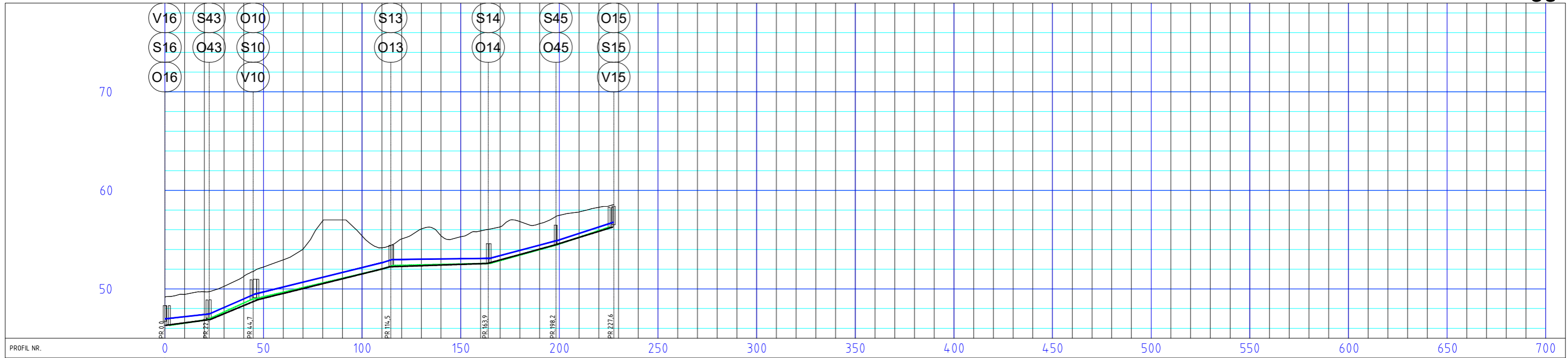
80
70
60
50

0 50 100 150 200 250 300 350 400 450 500 550 600 650 700

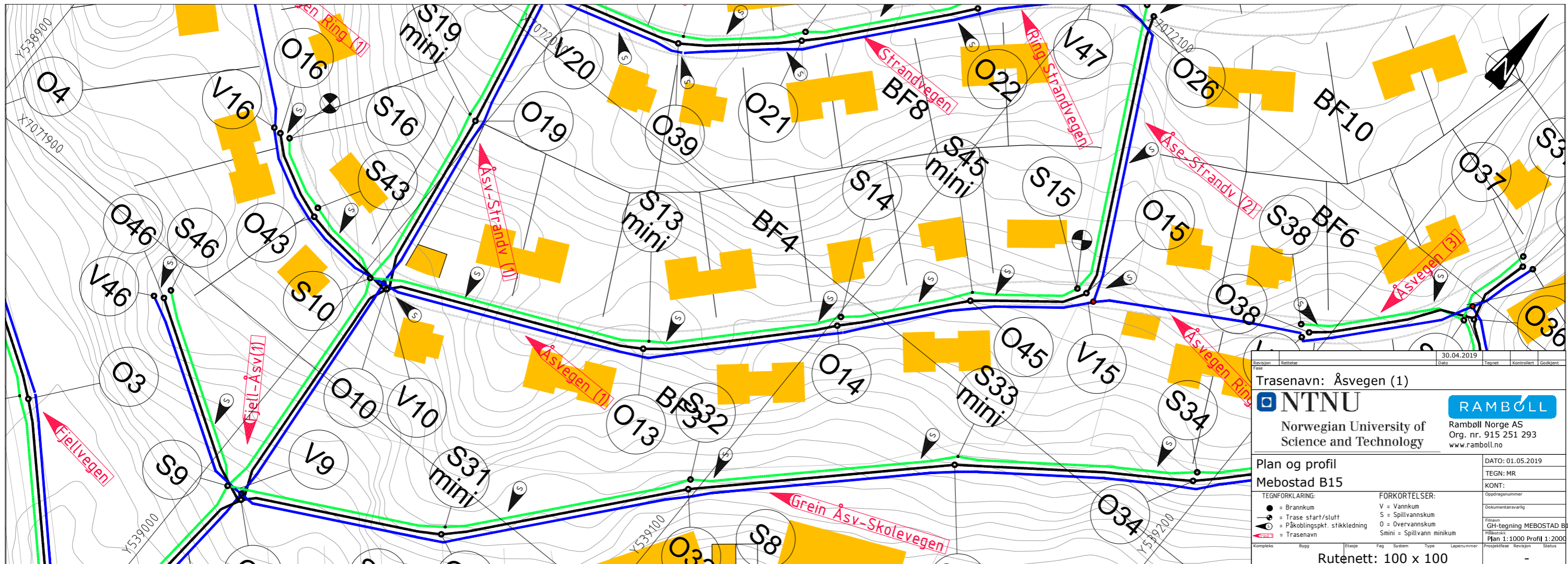
PROFIL NR.	4916							
Grunneier								
Markslag								
Grunnforhold								
TERRENG H./TOPP VEGDEKKE	49,22	49,09	49,44	49,12	49,10	48,79	48,56	
Hor.vinkelpunktavstand i m	35,4		24,4		10,1			
Kumavstand i m	33,8		24,4		10,1			
Fall i ‰	26,9		-31,8		-30,1			
Vannledning								
Kote utv. topp	46,98	47,89	47,12	46,51				
Type og dim	160PE 100 SDR 11							



Revisjon	Betegnelse	Dato	Tegner	Kontrollert	Godkjent
		30.04.2019			
Fase					
Trasnavn: Åsvegen Ring (1)					
NTNU Norwegian University of Science and Technology			RAMBOLL Rambøll Norge AS Org. nr. 915 251 293 www.ramboll.no		
Plan og profil				DATO: 01.05.2019	
Mebostad B15				TEGN: MR	
TEGNFORKLARING:				KONT:	
<ul style="list-style-type: none"> ● = Brannkum ○ = Trase start/slutt ○ = Påkoblingspkt. stikkledning — = Trasnavn 		<ul style="list-style-type: none"> V = Vannkum S = Spillvannkum O = Overvannkum Smni = Spillvann minikum 		Oppdragsnummer Dokumentansvarlig Finansiør GH-tegning MEBOSTAD B15 (2).dwg Målestokk Plan 1:500 Profil 1:2000	
Rutenett: 50 x 50				Kompleks Bygg Etasje Fag System Type Løpenummer Prosjektfase Revisjon Status	



PROFIL NR.	4916	4944	4970	5026	5127	5221	5295	5403	5691	5700	5536	5416	5506	5607	5537	5528	5587	5629	5684	5642	5747	5781	5828	5857	
Hor.vinkelpunktavstand i m	22,4	22,3	22,9	22,8	69,4	49,4	34,3	29,3	49,4	2,3	34,3	28,6	64,8	49,4	2,3	34,3	28,6	64,8	49,4	2,3	34,3	28,6	64,8	49,4	
Kumavstand i m	22,4	22,3	22,9	22,8	69,4	49,4	34,3	29,3	49,4	2,3	34,3	28,6	64,8	49,4	2,3	34,3	28,6	64,8	49,4	2,3	34,3	28,6	64,8	49,4	
Fall i ‰	20,3	87,3	49,1	58,6	52,05	52,98	53,09	54,91	56,76	160PE 100 SDR 11	52,05	52,98	53,09	54,91	56,76	160PE 100 SDR 11	52,05	52,98	53,09	54,91	56,76	160PE 100 SDR 11	52,05	52,98	53,09
Kote utv. topp	46,96	47,45	49,48	52,05	52,98	53,09	54,91	56,76	160PE 100 SDR 11	52,05	52,98	53,09	54,91	56,76	160PE 100 SDR 11	52,05	52,98	53,09	54,91	56,76	160PE 100 SDR 11	52,05	52,98	53,09	54,91
Type og dim	19,0	22,4	72,0	49,1	33,8	26,6	19,0	22,4	72,0	49,1	33,8	26,6	19,0	22,4	72,0	49,1	33,8	26,6	19,0	22,4	72,0	49,1	33,8	26,6	
Kumavstand i m	19,0	22,4	72,0	49,1	33,8	26,6	19,0	22,4	72,0	49,1	33,8	26,6	19,0	22,4	72,0	49,1	33,8	26,6	19,0	22,4	72,0	49,1	33,8	26,6	
Fall i ‰	29,1	90,3	46,2	58,7	4,1	66,3	29,1	90,3	46,2	58,7	4,1	66,3	29,1	90,3	46,2	58,7	4,1	66,3	29,1	90,3	46,2	58,7	4,1	66,3	
Kote innv. bunn	46,30	46,87	48,90	52,02	52,38	52,58	54,47	56,26	200PVC SN8	52,02	52,38	52,58	54,47	56,26	200PVC SN8	52,02	52,38	52,58	54,47	56,26	200PVC SN8	52,02	52,38	52,58	
Type og dim	22,5	24,2	66,9	49,4	34,4	29,0	22,5	24,2	66,9	49,4	34,4	29,0	22,5	24,2	66,9	49,4	34,4	29,0	22,5	24,2	66,9	49,4	34,4	29,0	
Kumavstand i m	22,5	24,2	66,9	49,4	34,4	29,0	22,5	24,2	66,9	49,4	34,4	29,0	22,5	24,2	66,9	49,4	34,4	29,0	22,5	24,2	66,9	49,4	34,4	29,0	
Fall i ‰	26,0	80,6	49,3	55	6,8	61,5	26,0	80,6	49,3	55	6,8	61,5	26,0	80,6	49,3	55	6,8	61,5	26,0	80,6	49,3	55	6,8	61,5	
Kote innv. bunn	46,30	46,89	48,90	52,02	52,24	52,58	54,47	56,26	200PVC SN8	52,02	52,24	52,58	54,47	56,26	200PVC SN8	52,02	52,24	52,58	54,47	56,26	200PVC SN8	52,02	52,24	52,58	
Type og dim	315PVC SN8	315PVC SN8	315PVC SN8	315PVC SN8	315PVC SN8	315PVC SN8	315PVC SN8	315PVC SN8	315PVC SN8	315PVC SN8	315PVC SN8	315PVC SN8	315PVC SN8	315PVC SN8	315PVC SN8	315PVC SN8	315PVC SN8	315PVC SN8	315PVC SN8	315PVC SN8	315PVC SN8	315PVC SN8	315PVC SN8	315PVC SN8	



Revisjon Rettelse

Trasnavn: Åsvegen (1)

NTNU
Norwegian University of Science and Technology

RAMBOLL
Ramboll Norge AS
Org. nr. 915 251 293
www.ramboll.no

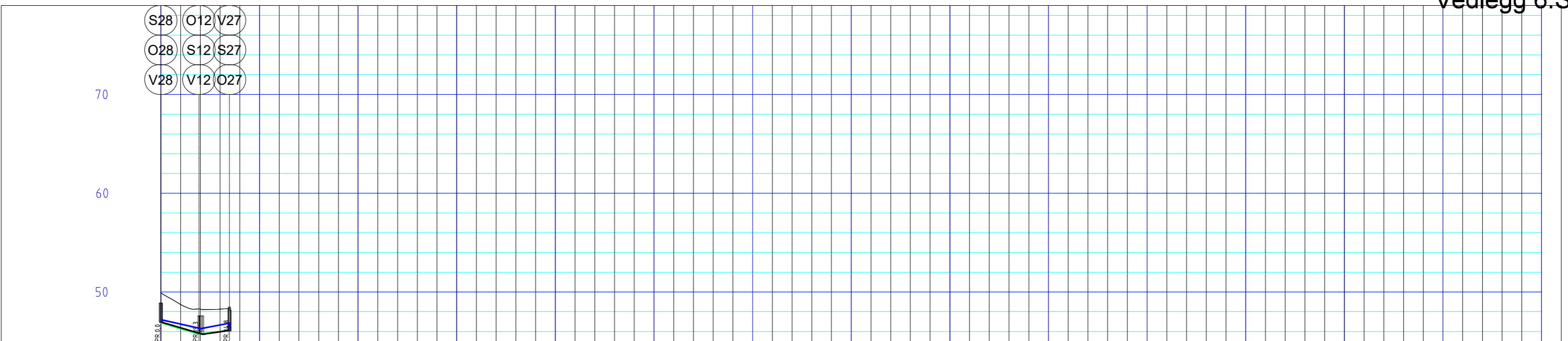
Plan og profil
Mebostad B15

TEGNFORKLARING:
● = Brannkum
— = Trase start/slutt
○ = Påkoblingspkt. stikkledning
— = Trasnavn

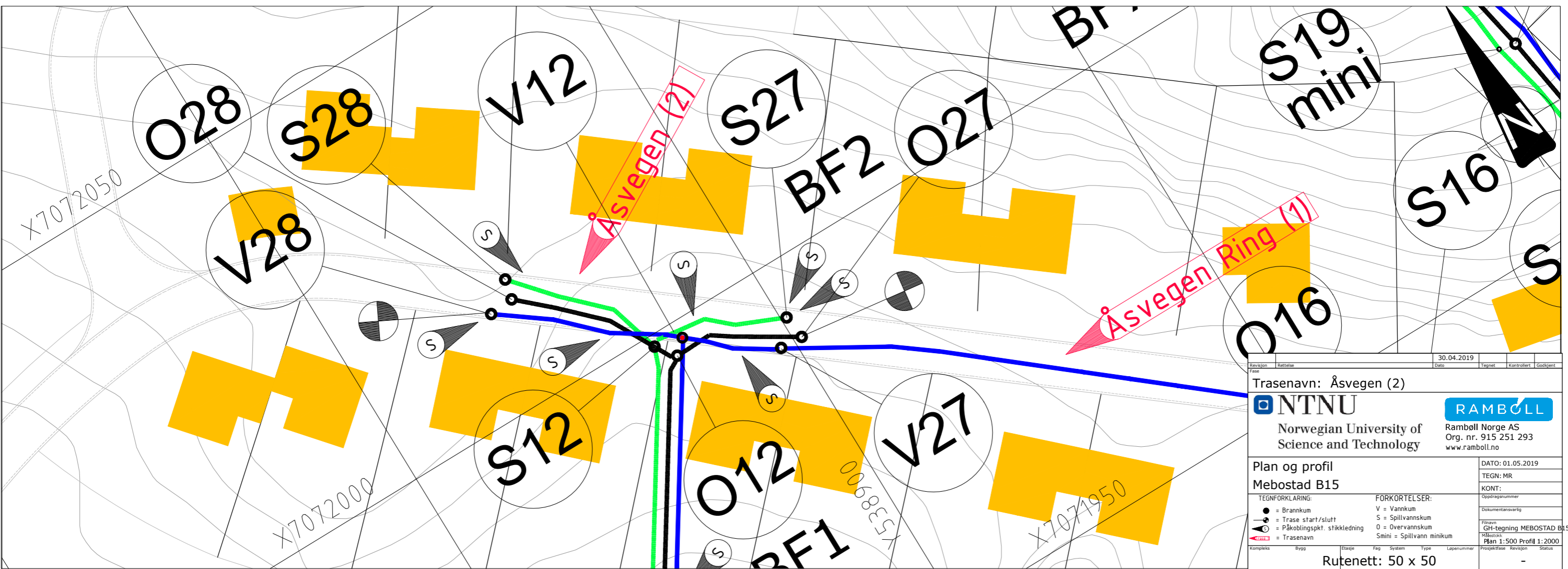
FORKORTELSER:
V = Vannkum
S = Spillvannskum
O = Overvannskum
Smini = Spillvann minikum

DATO: 01.05.2019
TEGN: MR
KONT:
Oppdragsnummer
Prosjektstatus

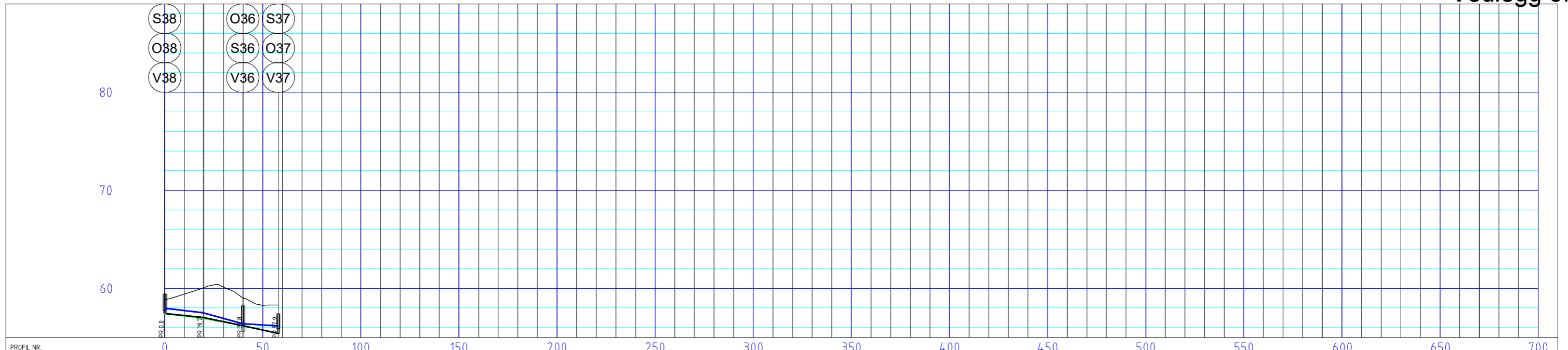
Rutenett: 100 x 100



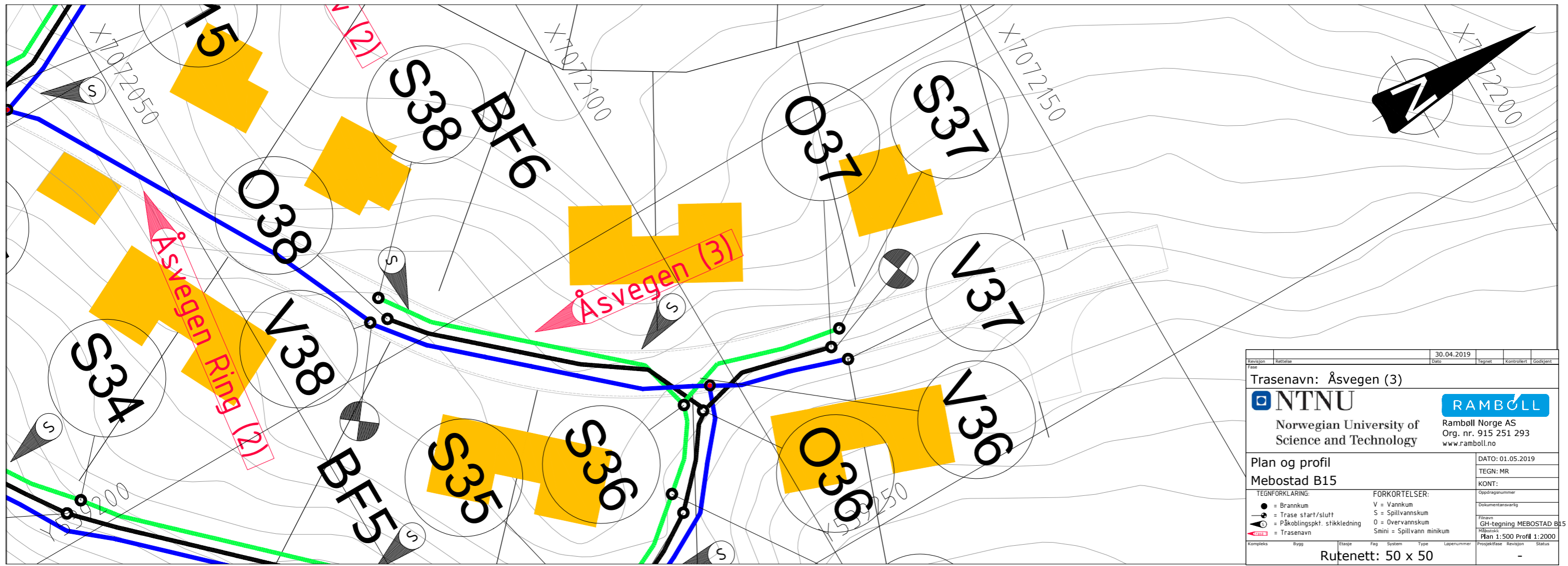
PROFIL NR.			
Grunneier			
Målestokk			
Grunnforhold			
TERRENG HJ/TOPP VEGDEKKE	49,89	48,71	48,25
Hor.vinkelpunktavstand i m	19,3	15,5	
Vannledning	Kumavstand i m	20,2	14,6
	Fall i ‰	-40,7	36,84
	Kote utv. topp	47,19	46,28
Spillvannledning	Type og dim	160PE 100 SDR 11	
	Kumavstand i m	19,3	15,5
	Fall i ‰	-53,9	22,0
Overvannledning	Kote innv. bunn	46,87	45,72
	Type og dim	160PVC SN8	
	Kumavstand i m	20,9	13,6
Overvannledning	Fall i ‰	-56,0	27,0
	Kote innv. bunn	46,94	45,71
	Type og dim	400PVC SN8	



Revisjon	Rettelser	30.04.2019	Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Trasnavn: Åsvegen (2)					
 Norwegian University of Science and Technology		 Rambøll Norge AS Org. nr. 915 251 293 www.ramboll.no			
Plan og profil			DATO: 01.05.2019		
Mebostad B15			TEGN: MR		
TEGNFORKLARING:			FORKORTELSER:		
●	= Brannkum	V	= Vannkum		
○	= Trase start/slutt	S	= Spillvannskum		
○	= Påkoblingspkt. stikkledning	O	= Overvannskum		
○	= Trasnavn	Smini	= Spillvann minikum		
Kompleks			Filnavn		
Bygg			GH-tegning MEBOSTAD B15 (2).dwg		
Etasje			Tilbakemelding		
Fag			Plan 1: 500 Profil 1: 2000		
System			Prosjektfase		
Type			Revisjon		
Lapenummer			Status		
Rutenett: 50 x 50					



PROFIL NR.					
Grunneier					
Markslag					
Grunnforhold					
TERRENG H./TOPP VEGDEKKE	58,83	59,41	60,07	60,15	59,01
Hor.vinkelpunktavstand i m	19,7	20,1	18,1		
Vannledning	Kumavstand i m	19,7	20,4	17,9	
	Fall i ‰	-22,9	-19,4	14,1	
	Kote utv. topp	57,98	57,49	55,88	56,16
Type og dim	160PE 100 SDR 11				
Spillvannledning	Kumavstand i m	19,7	20,0	18,3	
	Fall i ‰	-22,5	-35,5	-35,3	
	Kote innv. bunn	57,42	56,95	56,19	55,40
Type og dim	160PVC SN8				
Overvannledning	Kumavstand i m	19,1	20,1	18,1	
	Fall i ‰	-20,5	-37,2	-41,8	
	Kote innv. bunn	57,42	57,03	56,19	55,40
Type og dim	400PVC SN8				



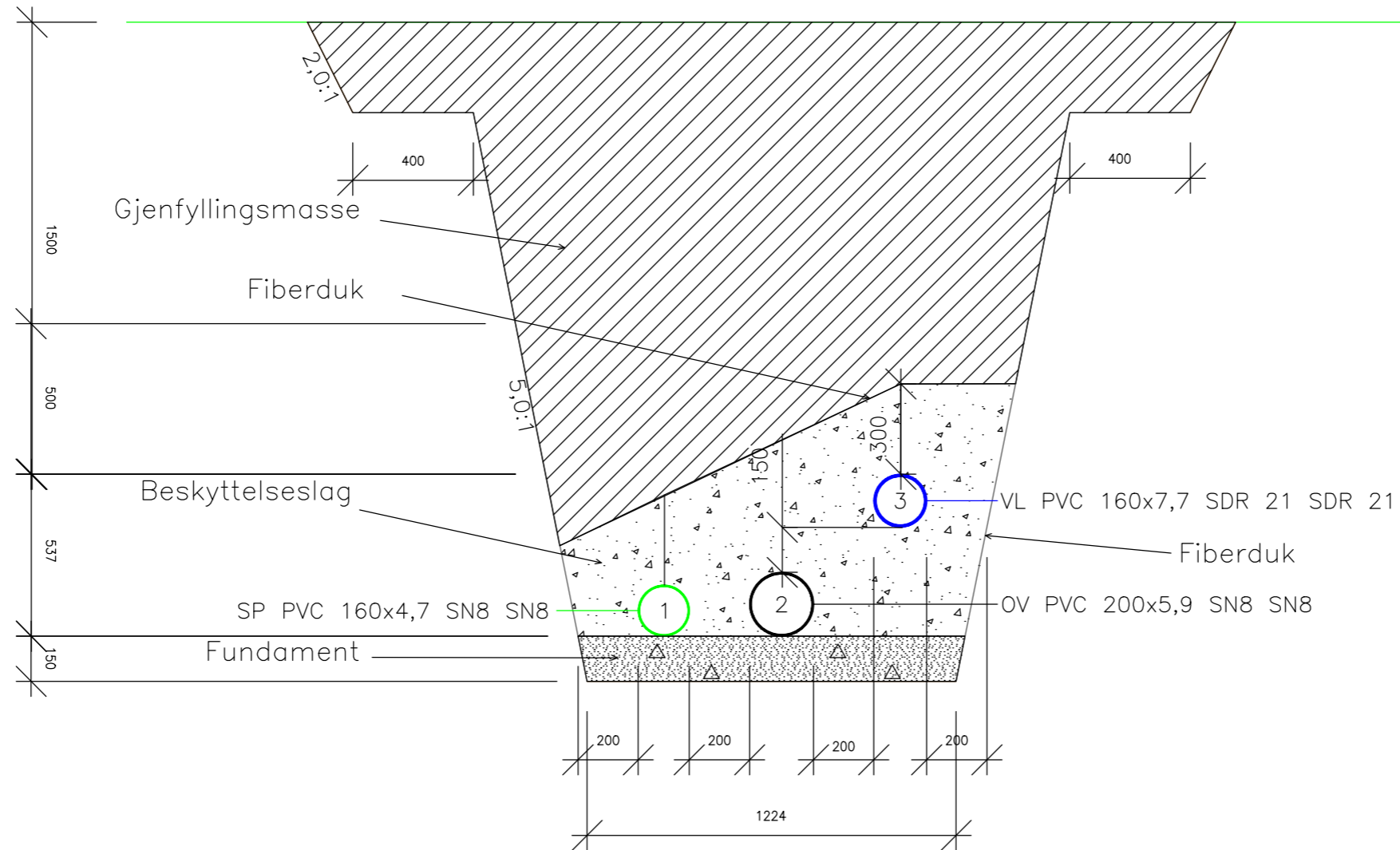
Revisjon	Dato	30.04.2019	Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Fase					
Trasnavn: Åsvegen (3)					
 Norwegian University of Science and Technology			 Rambøll Norge AS Org. nr. 915 251 293 www.ramboll.no		
Plan og profil					
Mebostad B15					
TEGNFORKLARING:			FORKORTELSER:		
●	=	Brannkum	V	=	Vannkum
—●—	=	Trase start/slutt	S	=	Spillvannskum
○	=	Påkoblingspkt. stikkledning	O	=	Overvannskum
—○—	=	Trasnavn	Smini	=	Spillvann minikum
Kompleks			Bygg		
Etasje			Fag		
System			Type		
Løpenummer			Prosjektfase		
Revisjon			Status		
Ruteneett: 50 x 50					
DATO: 01.05.2019					
TEGN: MR					
KONT:					
Oppdragsnummer					
Dokumentansvarlig					
Fileravn					
GH-tegning MEBOSTAD B15 (2).dwg					
Skala: Plan 1:500 Profil 1:2000					
Prosjektfase					
Revisjon					
Status					

Vedlegg 7

Grøftetverrsnitt

200mm Mebostad B15

Planum



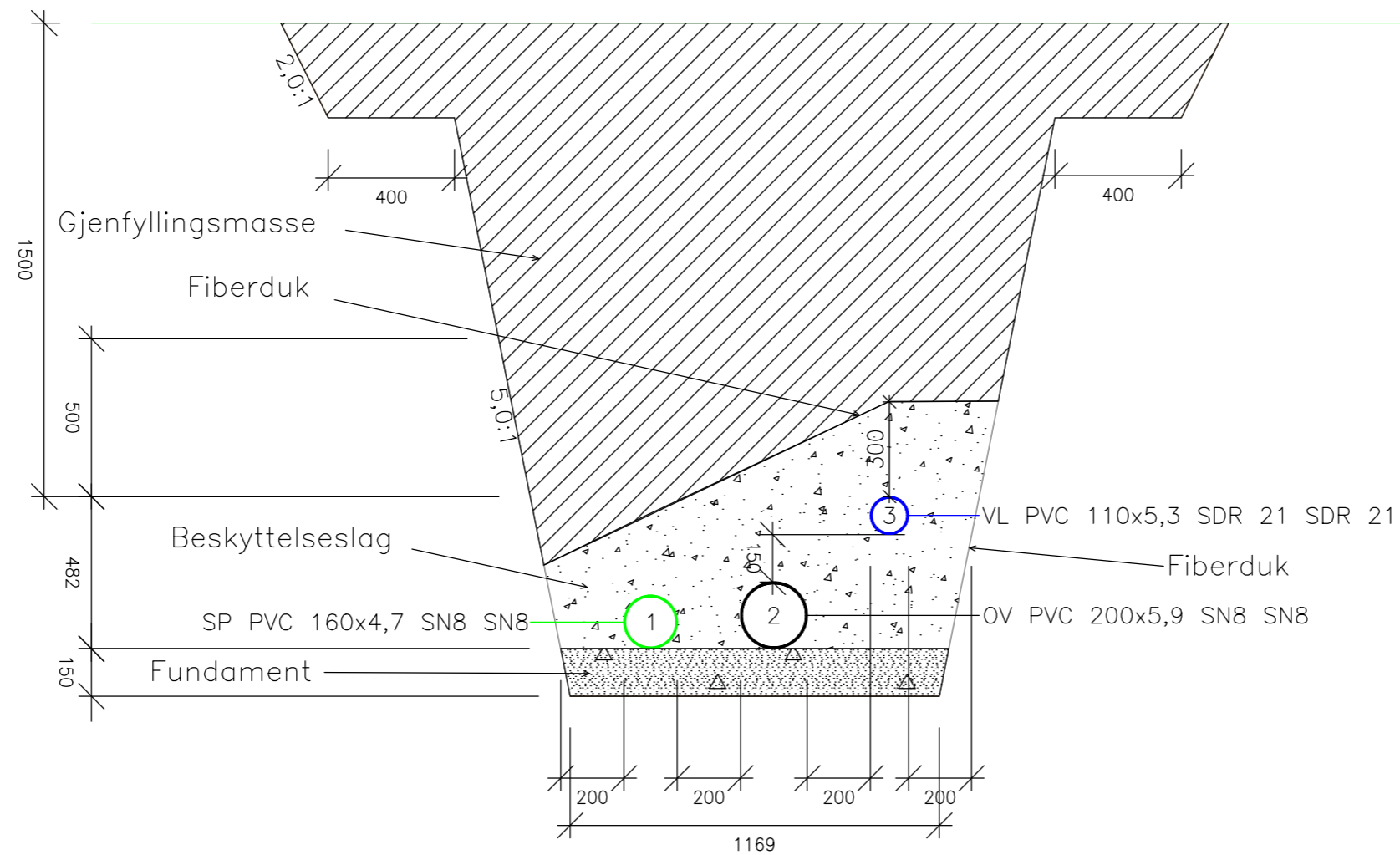
Teoretiske mengder

Gjenfyllingsmasser:	2.8 m ³ /m
Beskyttelseslag:	0.88 m ³ /m
Fundament:	0.18 m ³ /m:

Revisjon	Rettelse	Dato	Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Fase					
200mm Mebostad B15					
 Norwegian University of Science and Technology			 Rambøll Norge AS Org. nr. 915 251 293 www.ramboll.no		
Grøftesnitt			DATO: 03.05.2019		
Mebostad B15			TEGN: MR		
			KONT:		
			Oppdragsnummer		
			Dokumentansvarlig		
			Filnavn		
			Tegninger grøftesnitt.dwg		
			Målestokk		
			1:20		
Kompleks	Bygg	Etasje	Fag	System	Type
					Løpenummer
			Prosjektfase		
			Revisjon		
			Status		
			-		

200mm Mebostad B15 brann

Planum



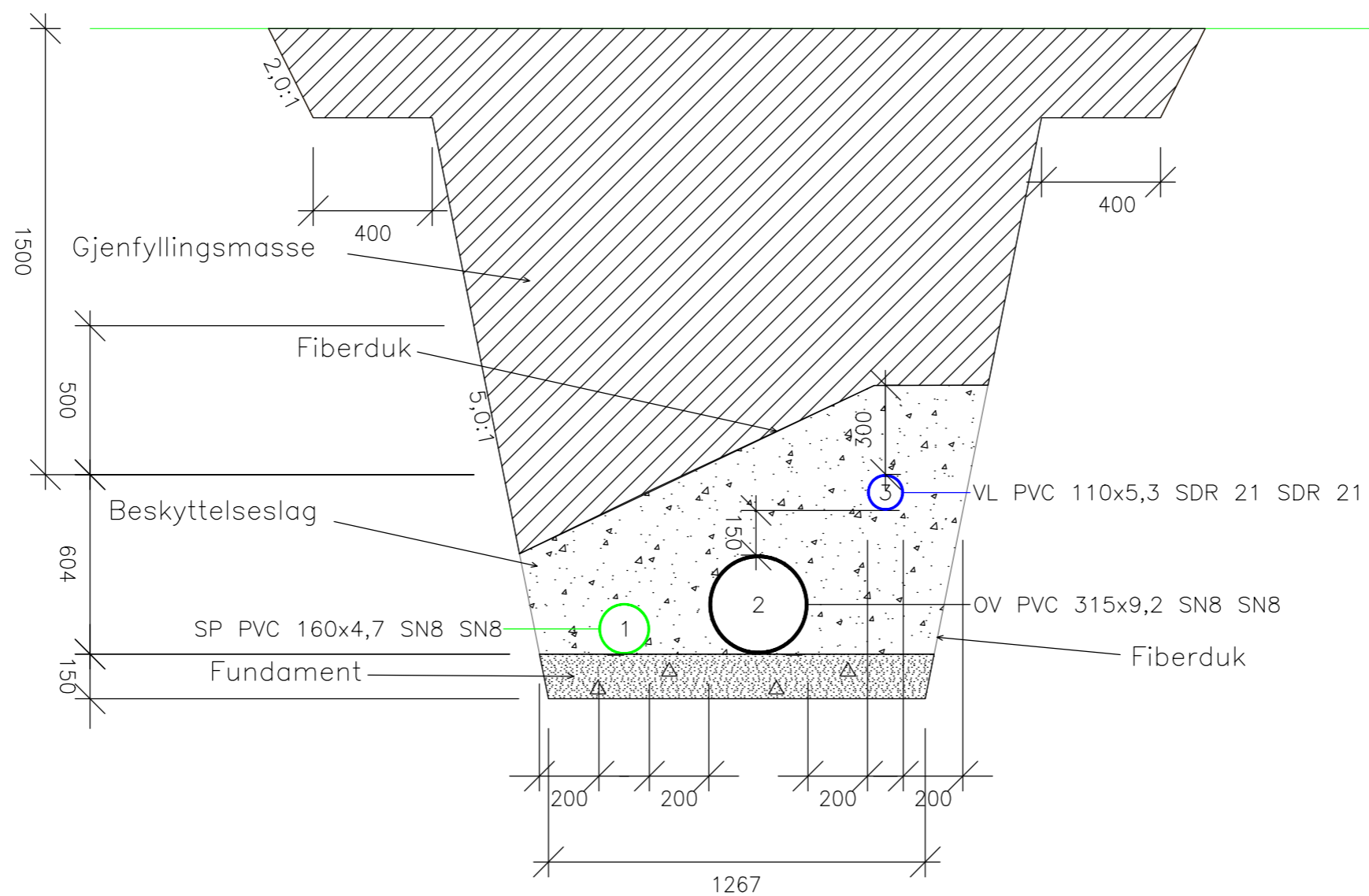
Teoretiske mengder

Gjenfyllingsmasser:	2,7 m ³ /m
Beskyttelseslag:	0,77 m ³ /m
Fundament:	0,17 m ³ /m

Revisjon	Retelse	Dato	Tegnet	Kontrollert	Godkjent
200mm Mebostad B15 brann					
 Norwegian University of Science and Technology			 Rambøll Norge AS Org. nr. 915 251 293 www.ramboll.no		
Grøftesnitt			DATO: 03.05.2019		
Mebostad B15			TEGN: MR		
			KONT:		
			Oppdragsnummer		
			Dokumentansvarlig		
			Filnavn		
			Tegninger grøftesnitt.dwg		
			Målestokk		
			1:20		
Kompleks	Bygg	Etasje	Fag	System	Type
			Lopenummer		
			Prosjektfase		
			Revisjon		
			Status		
			-		

315mm Mebostad B15

Planum



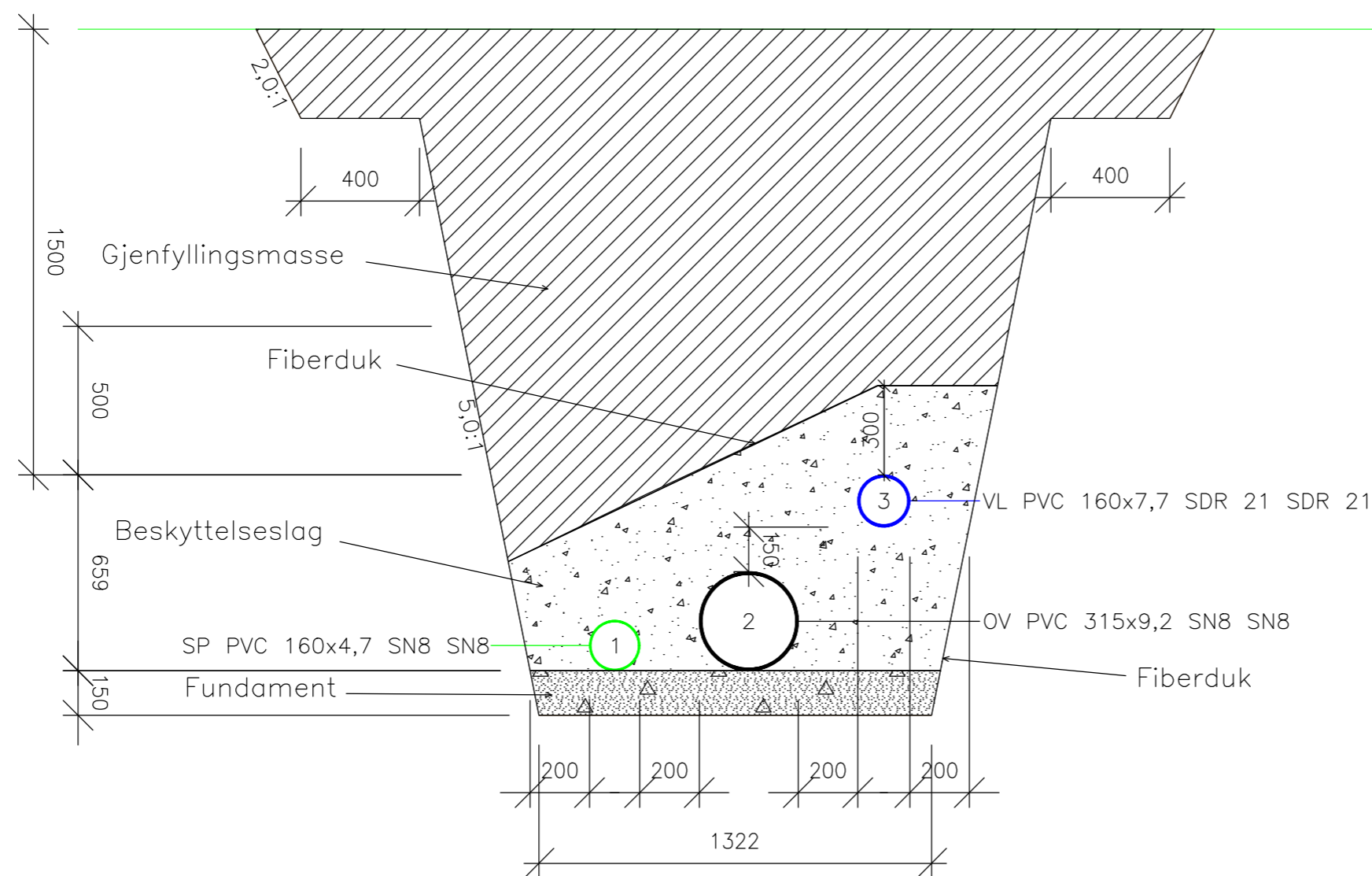
Teoretiske mengder

Gjenfyllingsmasser:	2,9 m ³ /m:
Beskyttelseslag:	1,0 m ³ /m:
Fundament:	0,19 m ³ /m:

Revisjon	Rettelse	Dato	Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Fase					
315mm Mebostad B15					
 Norwegian University of Science and Technology			 Rambøll Norge AS Org. nr. 915 251 293 www.ramboll.no		
Grøftesnitt					DATO: 03.05.2019
Mebostad B15					TEGN: MR
					KONT:
					Oppdragsnummer
					Dokumentansvarlig
					Filnavn
					Tegninger grøftesnitt.dwg
					Skala
					1:20
Kompleks	Bygg	Etasje	Fag	System	Type
					Lapenummer
					Prosjektfase
					Revisjon
					Status
					-

315mm Mebostad B15 brann

Planum



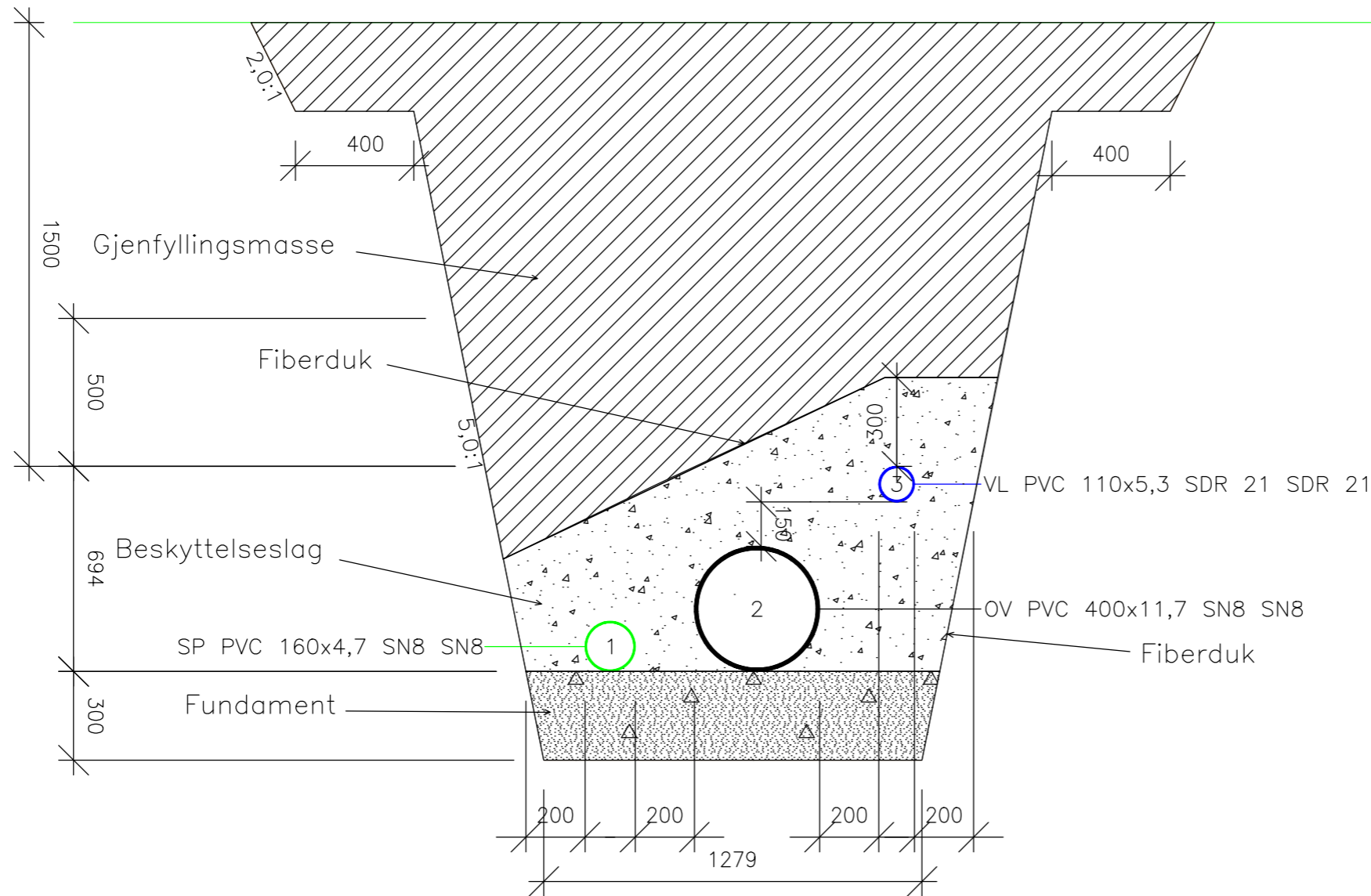
Teoretiske mengder

Gjenfyllingsmasser:	3,0 m ³ /m
Beskyttelseslag:	1,1 m ³ /m
Fundament:	0,2 m ³ /m

Revisjon	Rettelse	Dato	Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Fase					
315mm Mebostad B15 brann					
 Norwegian University of Science and Technology			 Rambøll Norge AS Org. nr. 915 251 293 www.ramboll.no		
Grøftesnitt			DATO: 03.05.2019		
Mebostad B15			TEGN: MR		
			KONT:		
			Oppdragsnummer		
			Dokumentansvarlig		
			Filnavn		
			Tegninger grøftesnitt.dwg		
			Ristestokk		
			1:20		
Kompleks	Bygg	Etasje	Fag	System	Type
					Lapenummer
			Prosjektfase		
			Revisjon		
			Status		
			-		

400mm Mebostad B15

Planum



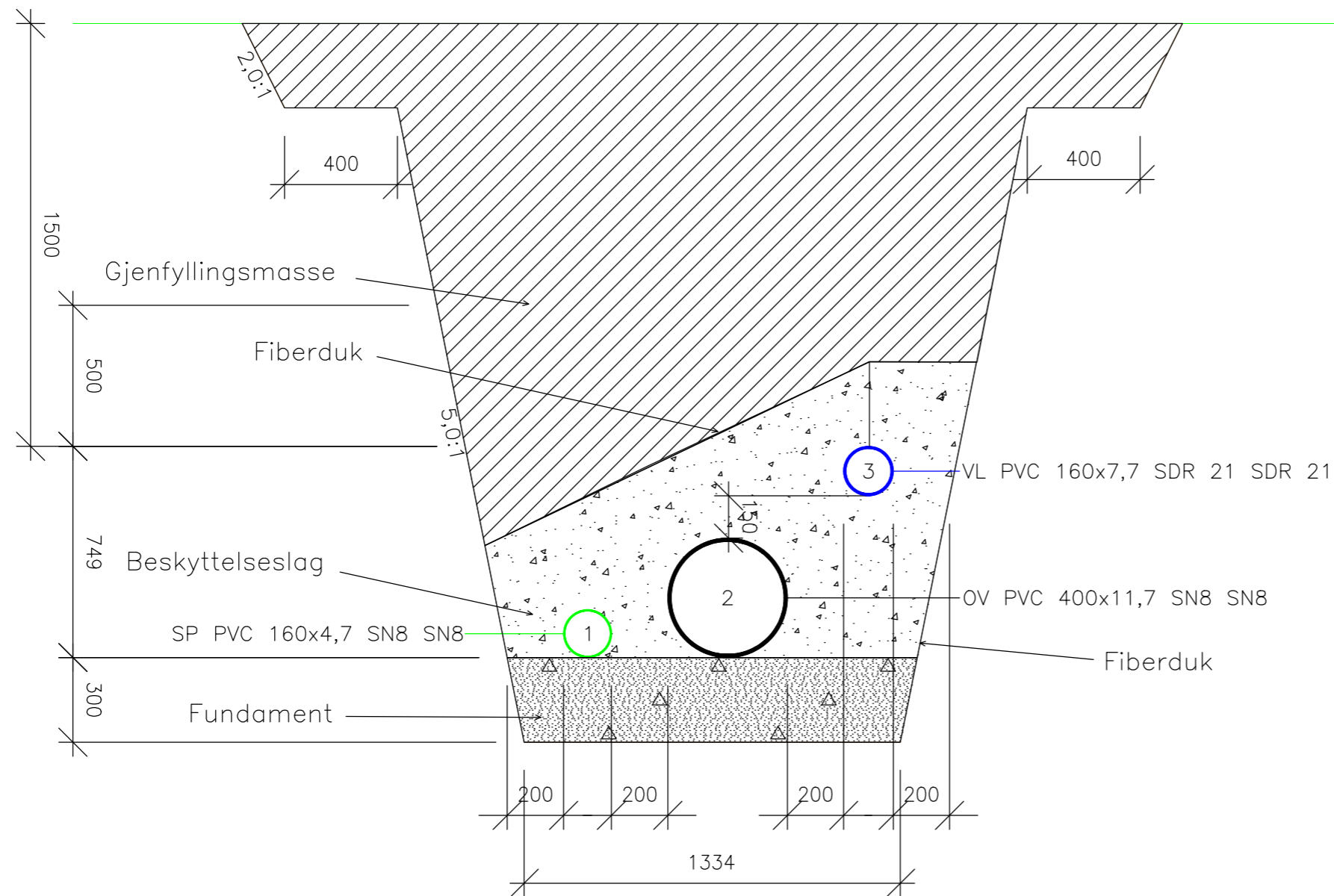
Teoretiske mengder

Gjenfyllingsmasser:	3,1 m ³ /m
Beskyttelseslag:	1,1 m ³ /m
Fundament:	0,4 m ³ /m

Revisjon	Retteelse	Dato	Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Fase					
400mm Mebostad B15					
 Norwegian University of Science and Technology			 Rambøll Norge AS Org. nr. 915 251 293 www.ramboll.no		
Grøftesnitt			DATO: 03.05.2019		
Mebostad B15			TEGN: MR		
			KONT:		
			Oppdragsnummer		
			Dokumentansvarlig		
			Filnavn		
			Tegninger grøftesnitt.dwg		
			Målestokk		
			1:20		
Kompleks	Bygg	Etasje	Fag	System	Type
Lapenummer		Prosjektfase		Revisjon	Status
				-	

400mm Mebostad B15 brann

Planum



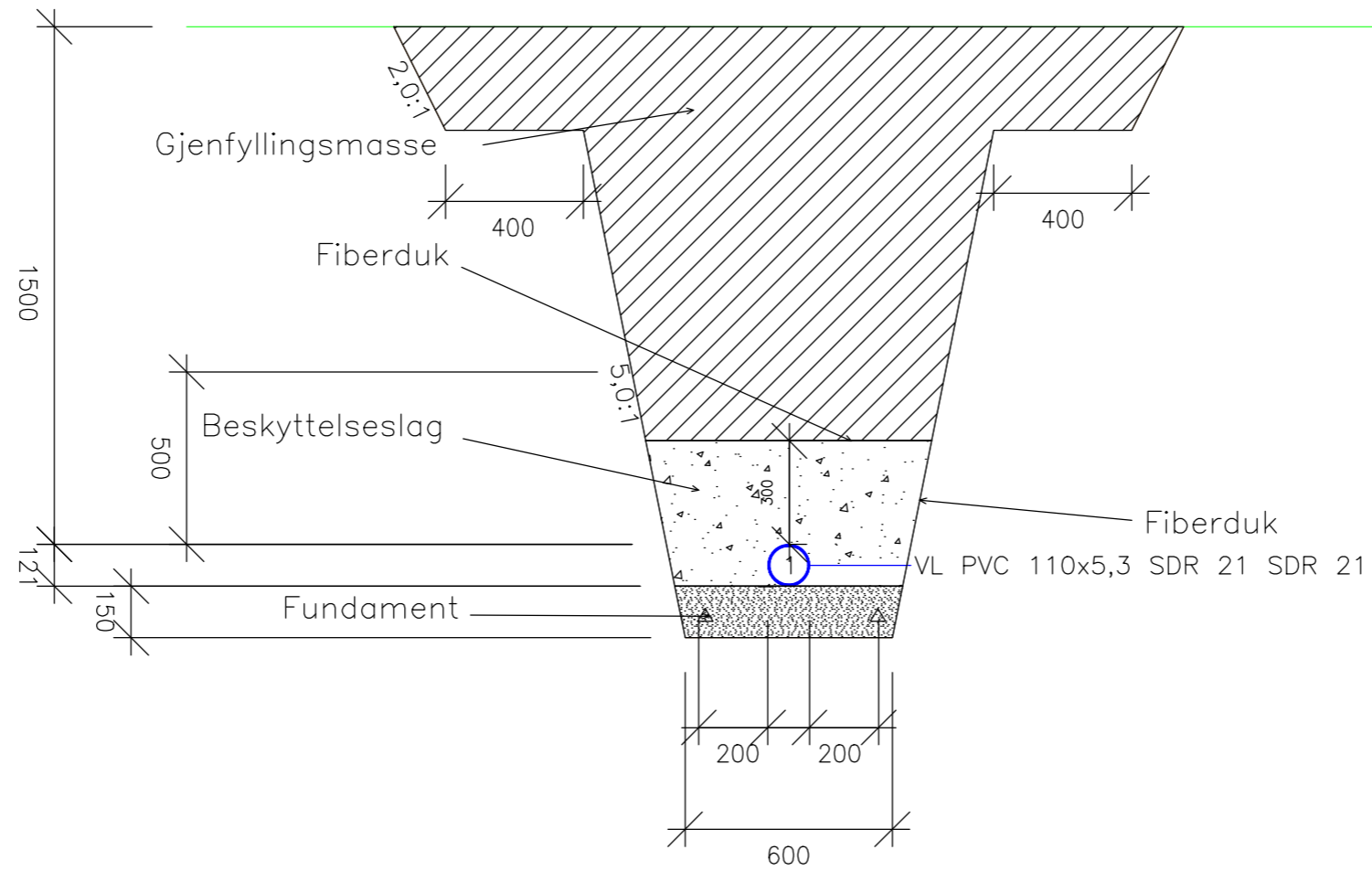
Teoretiske mengder

Gjenfyllingsmasser:	3,2 m ³ /m
Beskyttelseslag:	1,2 m ³ /m
Fundament:	0,41 m ³ /m

Revisjon	Rettelse	Dato	Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Fase					
400mm Mebostad B15 brann					
 Norwegian University of Science and Technology			 Rambøll Norge AS Org. nr. 915 251 293 www.ramboll.no		
Grøftesnitt			DATO: 03.05.2019		
Mebostad B15			TEGN: MR		
			KONT:		
			Oppdragsnummer		
			Dokumentansvarlig		
			Fileravn		
			Tegninger groftesnitt.dwg		
			Mestokk		
			1:20		
Kompleks	Bygg	Etasje	Fag	System	Type
					Løpenummer
			Prosjektfase		
			Revisjon		
			Status		
			-		

Ring Mebostad B15

Planum



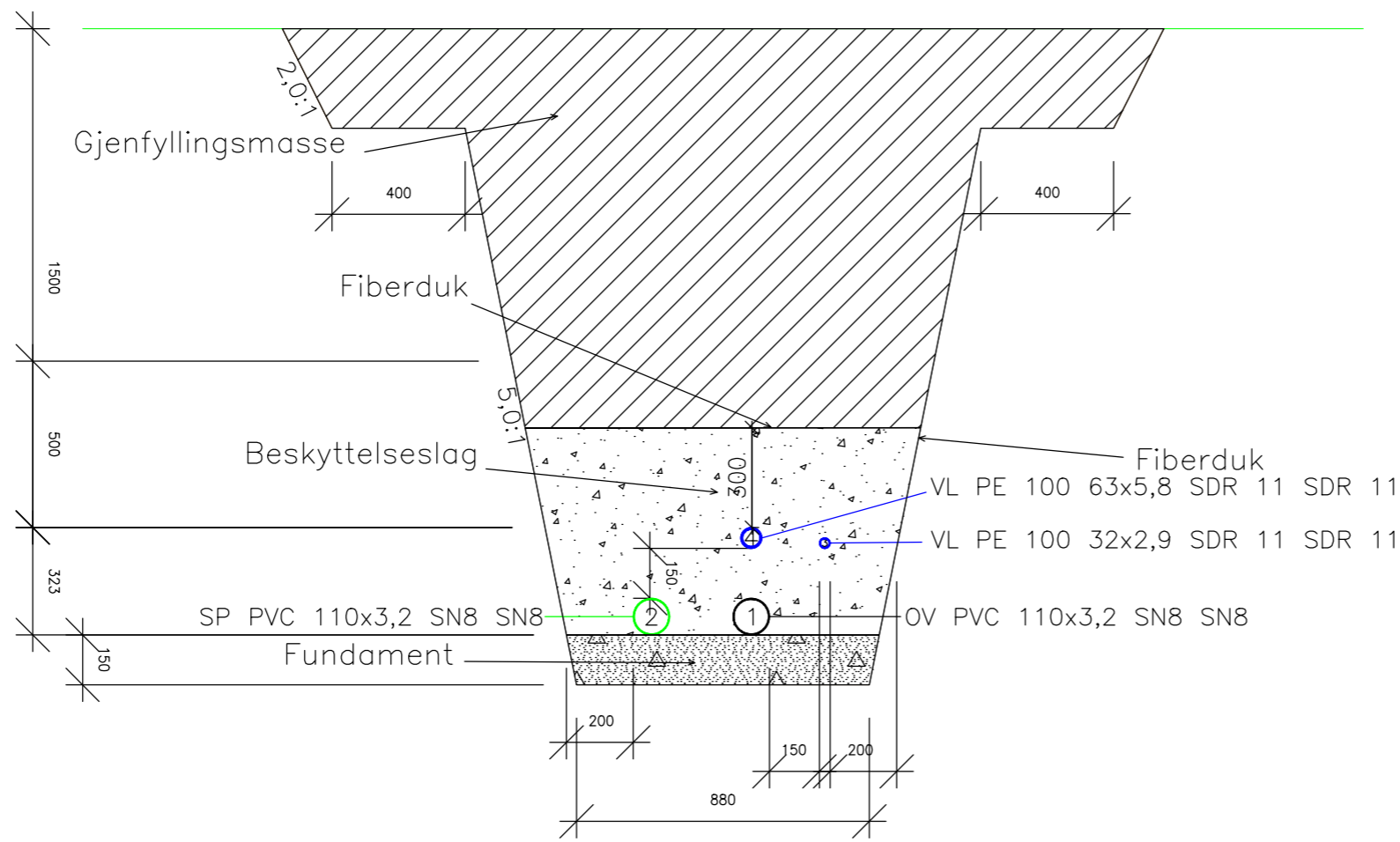
Teoretiske mengder

Gjenfyllingsmasser:	1,5 m ³ /m
Beskyttelseslag:	0,31 m ³ /m
Fundament:	0,094 m ³ /m

Revisjon	Rettelse	Dato	Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Fase					
Ring Mebostad B15					
NTNU Norwegian University of Science and Technology			RAMBOLL Rambøll Norge AS Org. nr. 915 251 293 www.ramboll.no		
Grøftesnitt			DATO: 03.05.2019		
Mebostad B15			TEGN: MR		
			KONT:		
			Oppdragsnummer		
			Dokumentansvarlig		
			Filnavn		
			Tegninger grøftesnitt.dwg		
			Skala		
			1:20		
			Prosjektfase		
			Revisjon		
			Status		
			-		

Stikkledning sprinkleranlegg Mebostad B15

Planum

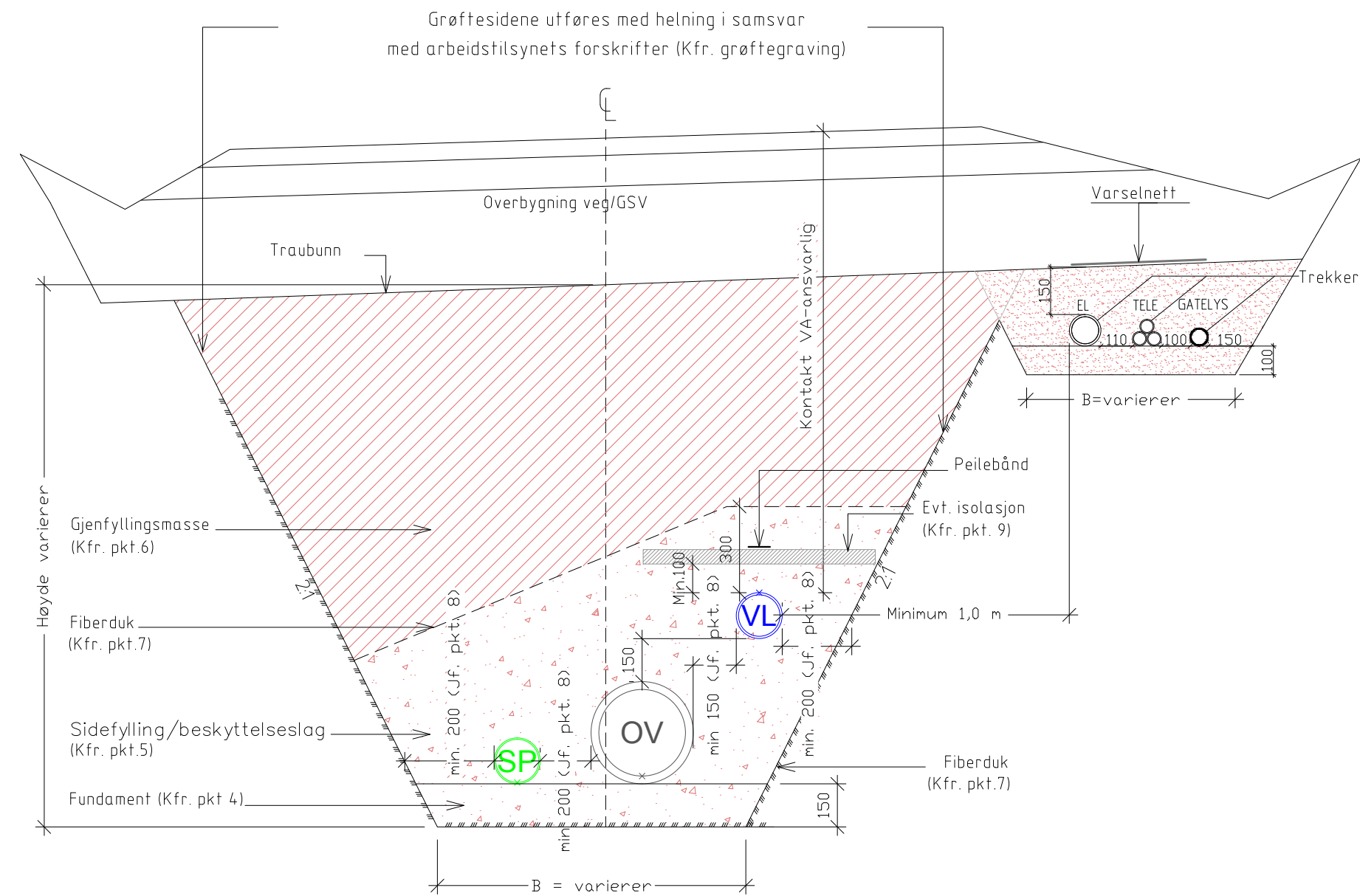


Teoretiske mengder	
Gjenfyllingsmasser:	1,9 m ³ /m
Beskyttelseslag:	0,66 m ³ /m
Fundament:	0,13 m ³ /m

Revisjon	Reliase	Dato	Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Stikkledning sprinkleranlegg Mebostad B15					
 Norwegian University of Science and Technology			 Ramboll Norge AS Org. nr. 915 251 293 www.ramboll.no		
Grøftesnitt			DATO: 04.05.2019		
Mebostad B15			TEGN: MR		
			KONT:		
			Oppdragsnummer		
			Dokumentansvarlig		
			Filnavn		
			Tegninger grøftesnitt.dwg		
			Skala		
			1:20		
Kompleks	Bygg	Etasje	Fag	System	Type
			Prosjekt fase		
			Revisjon		
			Status		
			-		

Normalgrøftesnitt. VL, SP og OV i 2 plan

M=1:20



HOVEDPUNKTER ANMERKNING

1. Generelt: Profilet gjelder for rør med vann, spillvannsledning og overvannsledning < 700mm.
2. Avstand rør-kum: Mot kummer må grøfteprofilen utvides ved at vann- og avløpsledningene avvinkles innenfor maksimaltall angitt i beskrivelsen/norm. Minste avstand mellom rør og betongkum er 50mm.
3. Avstand kryssende rør: Minste avstand mellom hovedledninger ved kryssing er 100mm.

LEDNINGSTYPE	RØRTYPE	MASSE	FRAKSJON	MERKNAD
Vannledning	Duktile rør	Sand	0 - 20	Med fiberduk
Vann, spillvann og overvannsledning	Plastrør	Pukk	8-11/11-16	Alle trykklasser
	Betongrør	Pukk	11 - 16	
	Betongrør >400	Pukk	16-32/11-16	

NOMINELL RØRDIAAMETER	TYKKELSE V/NORMALE GRUNNFORHOLD	TYKKELSE V/ HARDE GRUNNF., EKS. BERG/BETONG
DN < 400	150	150
400 < DN < 700	200	300

LEDNINGSTYPE	RØRTYPE	MASSE	FRAKSJON	MERKNAD
Vannledning	Duktile rør	Sand	0 - 20	Med fiberduk
	Plastrør	Pukk	8-11/11-16	Alle trykklasser
Spill og overvannsledn.	Betongrør	Pukk	11 - 64	* Alle trykklasser
	Plastrør	Pukk	8-11/11-16	

* Fraksjoner kan velges innenfor oppgitt område

6. Gjenfylling/ komprimering

I ny veg:
- massen lagret etter utgraving, komprimeringsgrad: lett komprimering.

I eks. veg:
- massen lagret etter utgraving, komprimeringsgrad: normal komprimering.
- ved krav til komprimering skal største tverrmål for steinen ikke overstige 2/3 av lagtykkelsen
- uten krav til komprimering skal største tverrmål være 500 mm.

Utenfor veg:
- massen lagret etter utgraving, ingen krav til komprimering.

Krav til komprimering er aktuelt der setninger ikke aksepteres.

7. Fiberduk

Ved bruk av fiberduk som filter, skal denne legges av bruksklasse III. Fiberduken skal i så fall følge omkretsen til sidefylling/beskyttelseslag mot grøftesidene, med min. 0,5m overlapping i senter grøft.

RØRDIAAMETER	MINSTE HORISONTALE AVSTAND	
	TIL GRØFTESIDE	MELLOM RØR
DN < 225	200	150
225 < DN < 350	250	200
350 < DN < 700	350	250

9. Isolasjon

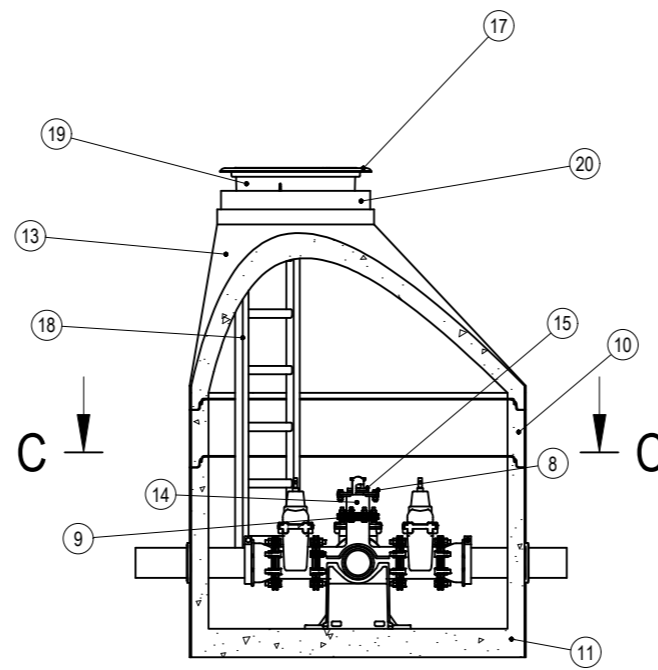
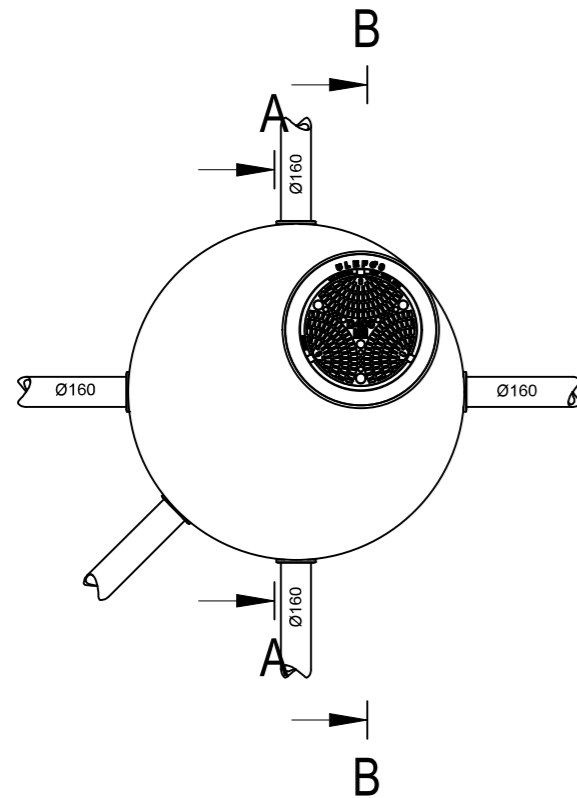
Dersom kravet til overdekning ikke kan overholdes, skal ledning(er) isoleres (legges frostoffritt). Tykkelse t = 10 cm. Bredde vurderes for hvert enkelt tilfelle. Kontakt VA-ansvarlig for godkjenning

Merknader
Sett motstrøms
For grøft i fjell, kan skråningshelning 5:1 benyttes.
Husk hylle ved overgang til løsmasser.
B = min. 60 cm.

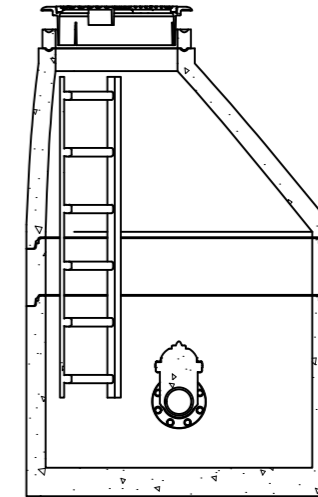
Rev.	Endring - erstating	Sign.	Dato
Grøftesnitt - 2 nivå		Tegnet: JoAst	Godkjent: SAV
NORMTEGNING		Saksbeh:	Dato:
Norconsult		Målestokk: 1:20	Format: A3
A.4		Tegn.nr.	Rev.

Vedlegg 8

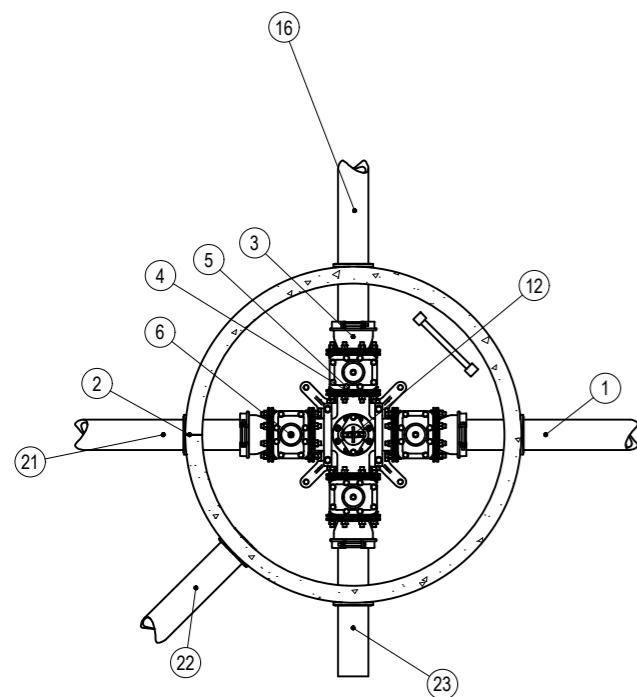
Kumtegninger



A-A (1:20)





B-B (1:20)

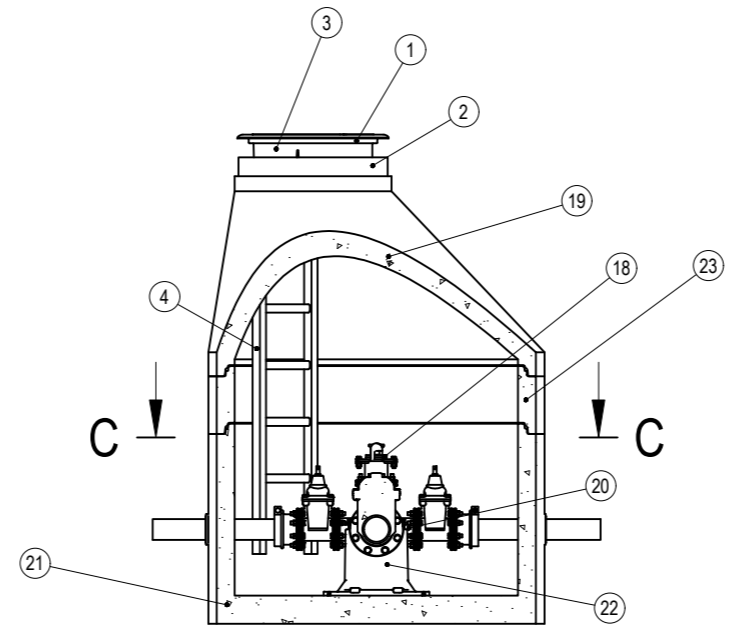
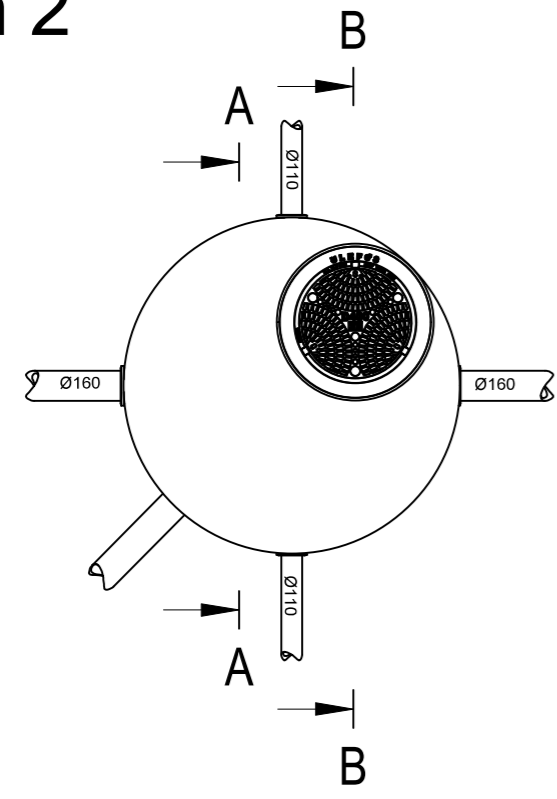


C-C (1:20)

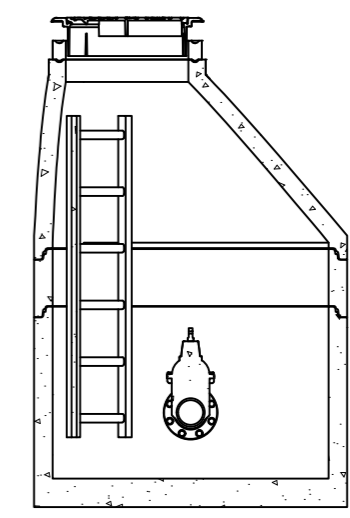
Pos.nr.	Dimensjon	Leverandør	Beskrivelse	Materiale	Trykkklasse	Byggelengde	Byggehøyde	Vekt	Antall
1	DN160	Pipelife	PE Trykkrør SDR11	PE	SDR11	6m	-	-	1
2	DN160 PVC	Trelleborg	F910-AR PVC	EPDM	-	-	-	-	2
3	DN150	AVK	Flensemuffe - Hymax 2000	Støpejern	PN10-16	173	-	-	2
4	DN150-M20x70	AVK	Boltesett	Støpejern	PN10-16	-	-	-	4
5	DN150	AVK	Armert flensepakning	Støpejern	-	-	-	-	4
6	DN150	AVK	Flenseventil 06-30	Støpejern	PN10-16	210	448	46	2
7	DN150	BB Produkter	Konsoll for flens	Støpejern	-	330	350	51	1
8	DN100-M16x60	AVK	Boltesett	Støpejern	PN10-16	-	-	-	1
9	DN100	AVK	Armert flensepakning	Støpejern	-	-	-	-	1
10	DN1600-300	BASAL	Kumring	Betong	-	-	300	-	1
11	DN1600	BASAL	Kumring med bunn	Betong	-	-	1060	-	1
12	DN150-DN100	AVK	Flense T-rør	Støpejern	PN10-16	440	-	-	1
13	DN1600	BASAL	Kjægle eksentrisk	Betong	-	-	580	-	1
14	DN100	AVK	Brannventil_30-30	Støpejern	PN10-16	-	-	-	1
15	DN100	AVK	Miljølokket	Støpejern	PN10-16	-	-	-	1
16	DN160	Pipelife	PE Trykkrør SDR11	PE	SDR11	6m	-	-	1
17	Ø650	Ulefos	Norsk Standard rammer og lokk	Seigjern	-	-	-	46	1
18	1700	Diverse	Kumstige	Aluminium	-	-	1700	-	1
19	Ø650	Ulefos	Norsk Standard rammer og lokk	Seigjern	-	-	-	52	1
20	DN650-100	BASAL	Justeringsring med not og fjær	Betong	-	-	100	-	1

Revisjon	Korrigering	Dato	Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Brannkum 1  NTNU Norwegian University of Science and Technology  RAMBOLL Rambøll Norge AS Org. nr. 915 251 293 www.ramboll.no					
Kummer Mebostad B15			DATO: 03.05.2019 TEGN: MR KONT:		
Oppdragsnummer Dokumentasjonsverdig			Filnavn Brannkum 1 kryss Ø160-Ø160 1:40 (A3)		
Kompleks	Bygg	Etasje	Fag	System	Type

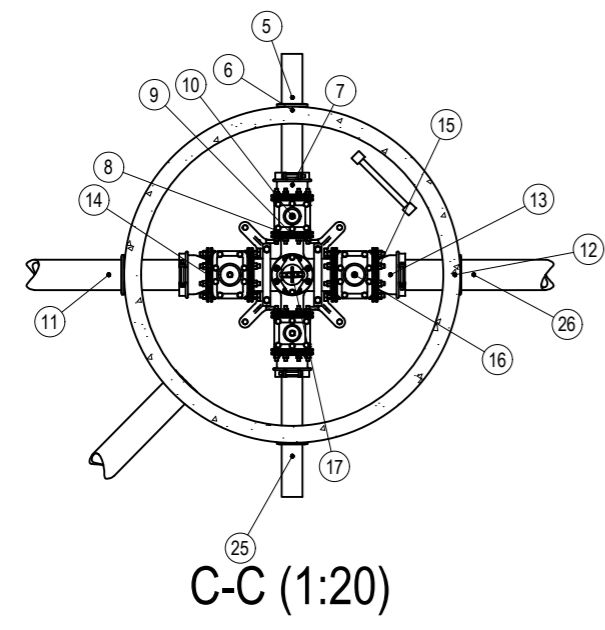
Brannkum 2



A-A (1:20)



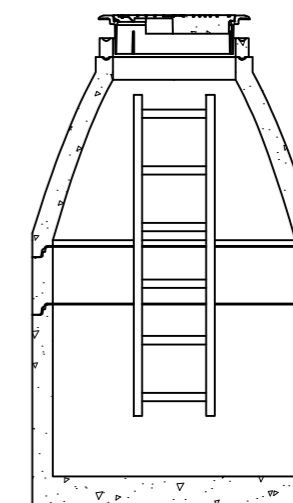
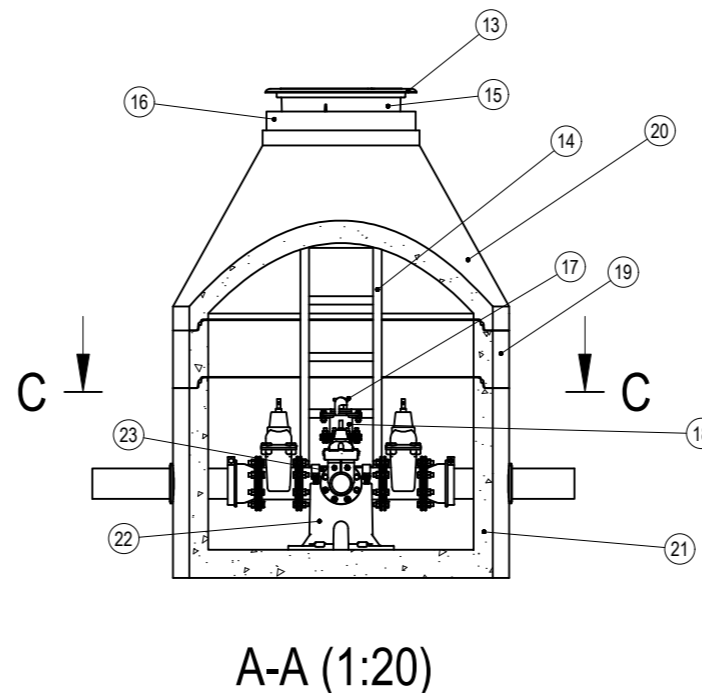
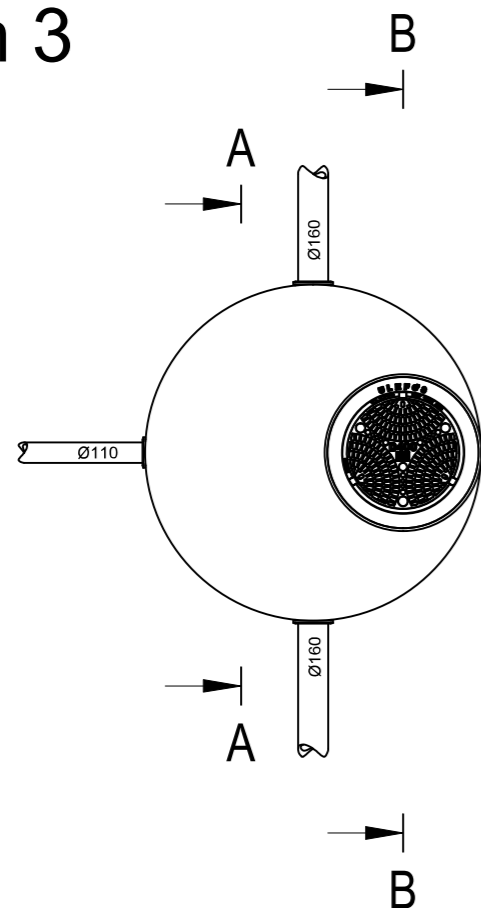
B-B (1:20)



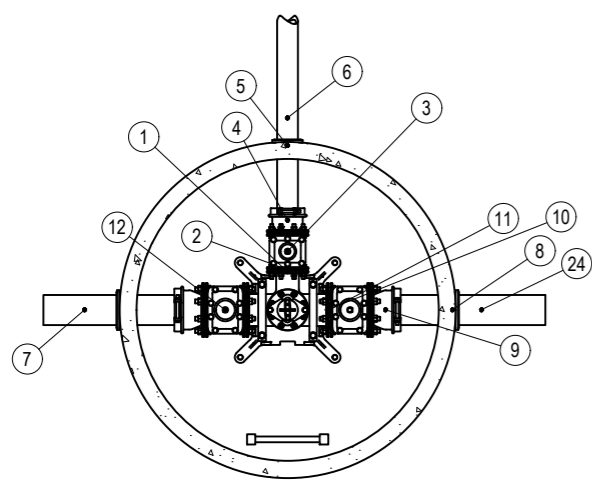
C-C (1:20)

Pos.nr.	Dimensjon	Leverandør	Beskrivelse	Materiale	Trykkklasse	Byggelengde	Byggehøyde	Vekt	Antall
1	Ø650	Ulefos	Norsk Standard rammer og lokk	Seigjern	-	-	-	46,0 kg	1
2	DNG50-100	BASAL	Justeringsring med not og fjær	Betong	-	-	100	-	1
3	Ø650	Ulefos	Norsk Standard rammer og lokk	Seigjern	-	-	-	52	1
4	1700	Diverse	Kumstige	Aluminium	-	-	1700	-	1
5	DN110	Pipelife	PE Trykkrør SDR11	PE	SDR11	6m	-	-	1
6	DN110 PVC	Trelleborg	F910-AR PVC	EPDM	-	-	-	-	2
7	DN100	AVK	Flensemuffe - Hymax 2000	Støpejern	PN10-16	126	-	-	2
8	DN100-M16x6	AVK	Boltesett	Støpejern	PN10-16	-	-	-	5
9	DN100	AVK	Armert flensepakning	Støpejern	-	-	-	-	5
10	DN100	AVK	Flenseventil 06-30	Støpejern	PN10-16	190	334	23	2
11	DN160	Pipelife	PE Trykkrør SDR11	PE	SDR11	6m	-	-	1
12	DN160 PVC	Trelleborg	F910-AR PVC	EPDM	-	-	-	-	2
13	DN150	AVK	Flensemuffe - Hymax 2000	Støpejern	PN10-16	173	-	-	2
14	DN150-M20x7	AVK	Boltesett	Støpejern	PN10-16	-	-	-	4
15	DN150	AVK	Armert flensepakning	Støpejern	-	-	-	-	4
16	DN150	AVK	Flenseventil 06-30	Støpejern	PN10-16	210	448	46	2
17	DN100	AVK	Brannventil 30-30	Støpejern	PN10-16	-	-	-	1
18	DN100	AVK	Miljølokket	Støpejern	PN10-16	-	-	-	1
19	DN1600	BASAL	Kjegle eksentrisk	Betong	-	-	580	-	1
20	DN150-DN100	AVK	Flensekryss med brannventilavstikker	Støpejern	PN10-16	440/420	-	-	1
21	DN1600	BASAL	Kumring med bunn	Betong	-	-	1060	-	1
22	DN150	BB Produkter	Konsoll for flens	Støpejern	-	330	350	51	1
23	DN1600-300	BASAL	Kumring	Betong	-	-	300	-	1
24	DN160	Pipelife	Grunnavløpsrør PVC	PVC	SN8	6m	-	-	1
25	DN110	Pipelife	PE Trykkrør SDR11	PE	SDR11	6m	-	-	1
26	DN160	Pipelife	PE Trykkrør SDR11	PE	SDR11	6m	-	-	1

Revisjon	Retteelse	Dato	Tegnet	Kontrollert	Godkjent
<p>Brannkum 2</p> <p>NTNU Norwegian University of Science and Technology</p> <p>RAMBOLL Rambøll Norge AS Org. nr. 915 251 293 www.ramboll.no</p>					
<p>Kummer Mebostad B15</p>			<p>DATO: 03.05.2019 TEGN: MR KONT: Oppdragsnummer Dokumentansvarlig Filnavn: Brannkum 2 kryss Ø160-Ø160 Målestokk: 1:40 (A3) Prosjektfase Revisjon Status</p>		
Kompleks	Bygg	Etasje	Fag	System	Type



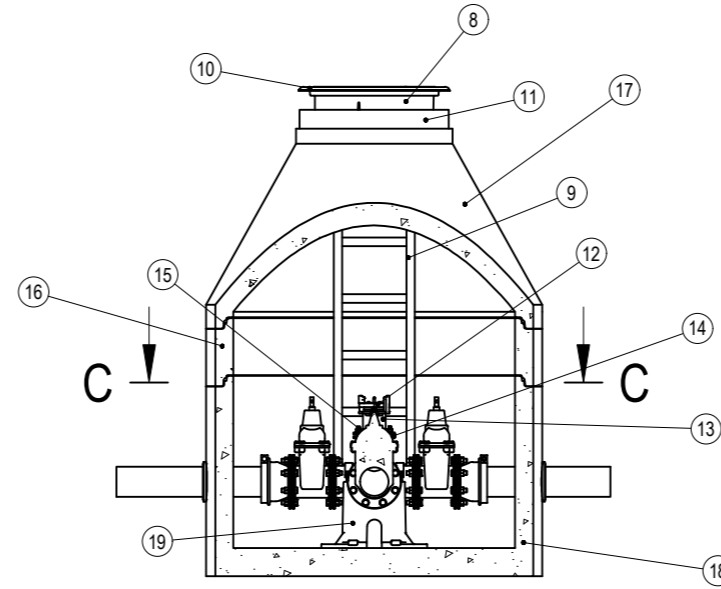
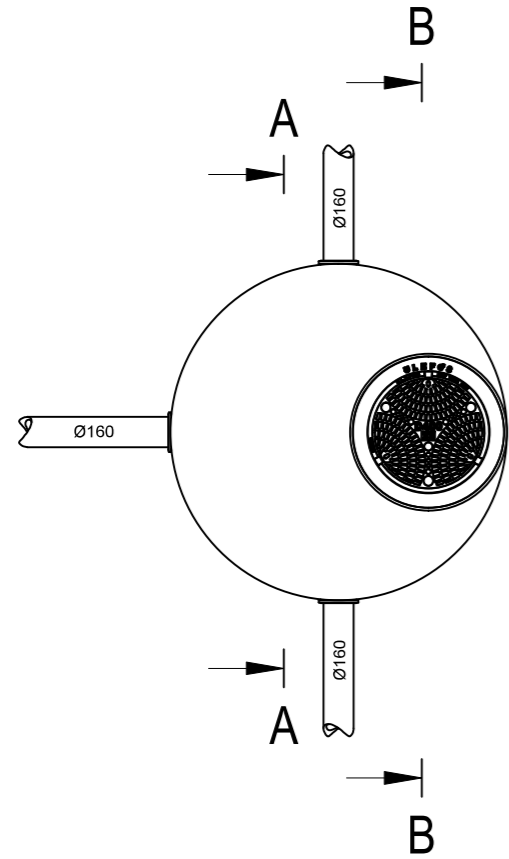
B-B (1:20)



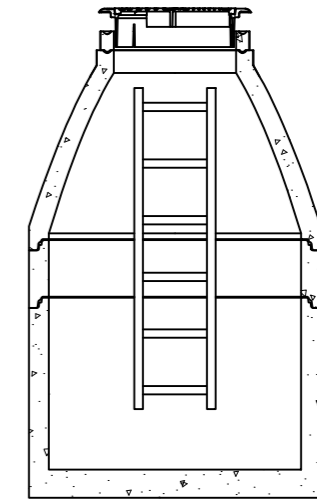
C-C (1:20)

Pos.nr.	Dimensjon	Leverandør	Beskrivelse	Materiale	Trykkklasse	Byggelengde	Byggehøyde	Vekt	Antall
1	DN100-M16x6	AVK	Boltesett	Støpejern	PN10-16	-	-	-	3
2	DN100	AVK	Armert flensepakning	Støpejern	-	-	-	-	3
3	DN100	AVK	Flenseventil 06-30	Støpejern	PN10-16	190	334	23	1
4	DN100	AVK	Flensemuffe - Hymax 2000	Støpejern	PN10-16	126	-	-	1
5	DN110 PVC	Trelleborg	F910-AR PVC	EPDM	-	-	-	-	1
6	DN110	Pipelife	PE Trykkrør SDR11	PE	SDR11	6m	-	-	1
7	DN160	Pipelife	PE Trykkrør SDR11	PE	SDR11	6m	-	-	1
8	DN160 PVC	Trelleborg	F910-AR PVC	EPDM	-	-	-	-	2
9	DN150	AVK	Flensemuffe - Hymax 2000	Støpejern	PN10-16	173	-	-	2
10	DN150-M20x70	AVK	Boltesett	Støpejern	PN10-16	-	-	-	4
11	DN150	AVK	Armert flensepakning	Støpejern	-	-	-	-	4
12	DN150	AVK	Flenseventil 06-30	Støpejern	PN10-16	210	448	46	2
13	Ø650	Ulefos	Norsk Standard rammer og lokk	Seigjern	-	-	-	46	1
14	1700	Diverse	Kumstige	Aluminium	-	-	1700	-	1
15	Ø650	Ulefos	Norsk Standard rammer og lokk	Seigjern	-	-	-	52	1
16	DN650-100	BASAL	Justeringsring med not og fjær	Betong	-	-	100	-	1
17	DN100	AVK	Miljølokket	Støpejern	PN10-16	-	-	-	1
18	DN100	AVK	Brannventil_30-30	Støpejern	PN10-16	-	-	-	1
19	DN1600-300	BASAL	Kumring	Betong	-	-	300	-	1
20	DN1600	BASAL	Kjægle eksentrisk	Betong	-	-	580	-	1
21	DN1600	BASAL	Kumring med bunn	Betong	-	-	1060	-	1
22	DN150	BB Produkter	Konsoll for flens	Støpejern	-	330	350	51	1
23	DN150-DN100	AVK	Flense T-rør med brannventilavstikker	Støpejern	PN10-16	440/420	-	-	1
24	DN160	Pipelife	PE Trykkrør SDR11	PE	SDR11	6m	-	-	1

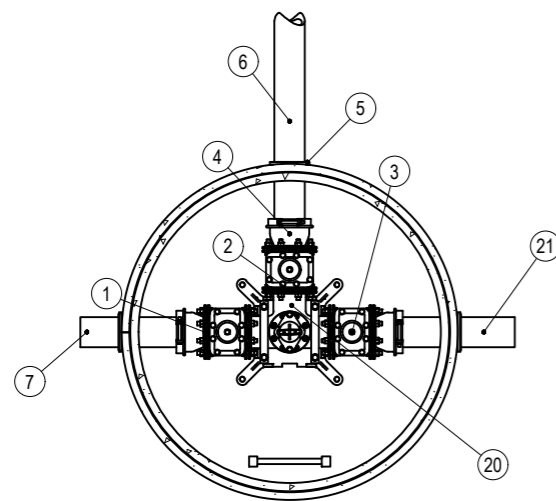
Revisjon	Rettelser	Dato	Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Fase					
Brannkum 3					
 Norwegian University of Science and Technology			 Rambøll Norge AS Org. nr. 915 251 293 www.ramboll.no		
Kummer				DATO: 03.05.2019	
Mebostad B15				TEGN: MR	
				KONT:	
				Oppretningsnummer	
				Dokumentansvarlig	
				Filnavn	
				Brannkum 3 Ø160 - Ø110	
				Skala	
				1:40 (A3)	
Kompleks	Bygg	Etasje	Fag	System	Type
					Løpernummer
				Prosjektfase	Revisjon
				Status	



A-A (1:20)



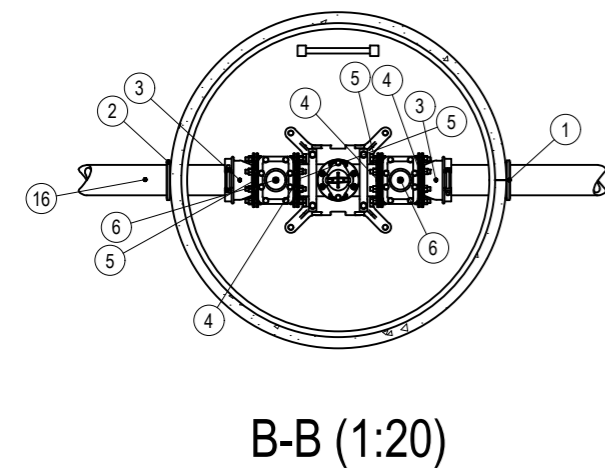
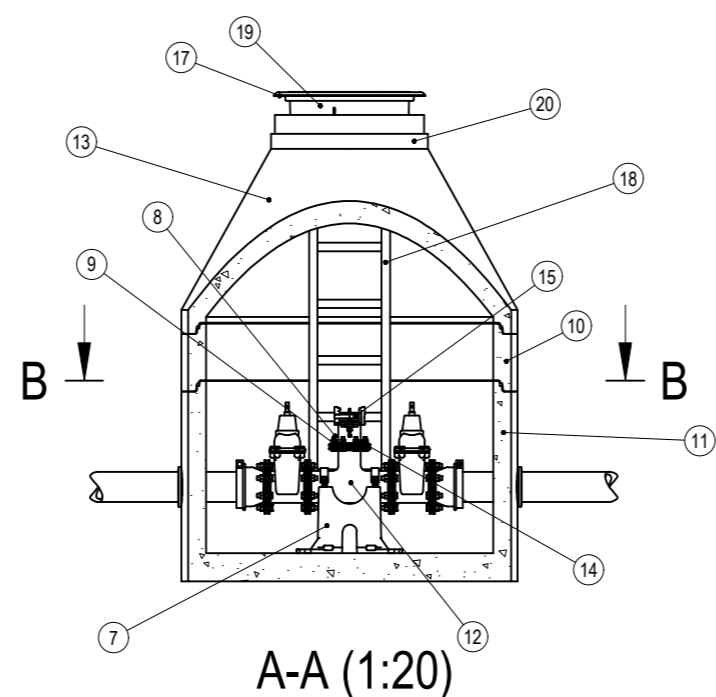
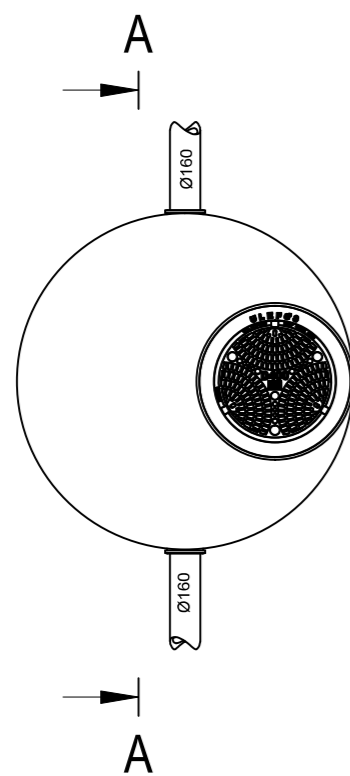
B-B (1:20)



C-C (1:20)

Pos.nr.	Dimensjon	Leverandør	Beskrivelse	Materiale	Trykkklasse	Byggelengde	Byggehøyde	Vekt	Antall
1	JN150-M20x7(AVK)		Boltesett	Støpejern	PN10-16	-	-	-	6
2	DN150	AVK	Armert flensepakning	Støpejern	-	-	-	-	6
3	DN150	AVK	Flenseventil 06-30	Støpejern	PN10-16	210	448	46	3
4	DN150	AVK	Flensemuffe - Hymax 2000	Støpejern	PN10-16	173	-	-	3
5	DN160 PVC	Irelleborg	F910-AR PVC	EPDM	-	-	-	-	3
6	DN160	Pipelife	PE Trykkrør SDR11	PE	SDR11	6m	-	-	1
7	DN160	Pipelife	PE Trykkrør SDR11	PE	SDR11	6m	-	-	1
8	Ø650	Ulefos	Norsk Standard rammer og lokk	Seigjern	-	-	-	46	1
9	1700	Diverse	Kumstige	Aluminium	-	-	1700	-	1
10	Ø650	Ulefos	Norsk Standard rammer og lokk	Seigjern	-	-	-	52	1
11	DN650-100	BASAL	Justeringsring med not og fjær	Betong	-	-	100	-	1
12	DN100	AVK	Miljølokket	Støpejern	PN10-16	-	-	-	1
13	DN100	AVK	Brannventil_30-30	Støpejern	PN10-16	-	-	-	1
14	DN100	AVK	Armert flensepakning	Støpejern	-	-	-	-	1
15	JN100-M16x6!	AVK	Boltesett	Støpejern	PN10-16	-	-	-	1
16	DN1600-300	BASAL	Kumring	Betong	-	-	300	-	1
17	DN1600	BASAL	Kjegle eksentrisk	Betong	-	-	580	-	1
18	DN1600	BASAL	Kumring med bunn	Betong	-	-	1060	-	1
19	DN150	BB Produkter	Konsoll for flens	Støpejern	-	330	350	51	1
20	DN150	AVK	Flense T-rør med brannventilavstikker	Støpejern	PN10-16	440	-	-	1
21	DN160	Pipelife	PE Trykkrør SDR11	PE	SDR11	6m	-	-	1

Revisjon	Rettefor	Dato	Teget	Kontrollert	Godkjent
Fase					
Brannkum 4					
Norwegian University of Science and Technology			Ramboll Norge AS Org. nr. 915 251 293 www.ramboll.no		
Kummer				DATO: 03.05.2019	
Mebostad B15				TEGN: MR	
				KONT:	
				Oppdragsnummer	
				Dokumentansvarlig	
				Filnavn	
				Brannkum 4 Ø160 - Ø160	
				Skala	
				1:40 (A3)	
Kompleks	Bygg	Etasje	Fag	System	Type
				Løpnummer	Status



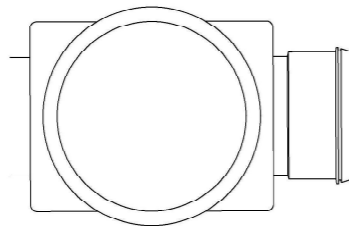
Pos.nr.	Dimensjon	Leverandør	Beskrivelse	Materiale	Trykkklasse	Byggelengde	Byggehøyde	Vekt	Antall
1	DN160	Pipelife	PE Trykkrør SDR11	PE	SDR11	6m	-	-	1
2	DN160 PVC	Trelleborg	F910-AR PVC	EPDM	-	-	-	-	2
3	DN150	AVK	Flensemuffe - Hymax 2000	Støpejern	PN10-16	173	-	-	2
4	DN150-M20x70	AVK	Boltesett	Støpejern	PN10-16	-	-	-	4
5	DN150	AVK	Armert flensepakning	Støpejern	-	-	-	-	4
6	DN150	AVK	Flenseventil 06-30	Støpejern	PN10-16	210	448	46	2
7	DN150	BB Produkter	Konsoll for flens	Støpejern	-	330	350	51	1
8	DN100-M16x60	AVK	Boltesett	Støpejern	PN10-16	-	-	-	1
9	DN100	AVK	Armert flensepakning	Støpejern	-	-	-	-	1
10	DN1600-300	BASAL	Kumring	Betong	-	-	300	-	1
11	DN1600	BASAL	Kumring med bunn	Betong	-	-	1060	-	1
12	DN150-DN100	AVK	Flense T-rør	Støpejern	PN10-16	440	-	-	1
13	DN1600	BASAL	Kjagle eksentrisk	Betong	-	-	580	-	1
14	DN100	AVK	Brannventil_30-30	Støpejern	PN10-16	-	-	-	1
15	DN100	AVK	Miljølokket	Støpejern	PN10-16	-	-	-	1
16	DN160	Pipelife	PE Trykkrør SDR11	PE	SDR11	6m	-	-	1
17	Ø650	Ulefos	Norsk Standard rammer og lokk	Seigjern	-	-	-	46	1
18	1700	Diverse	Kumstige	Aluminium	-	-	1700	-	1
19	Ø650	Ulefos	Norsk Standard rammer og lokk	Seigjern	-	-	-	52	1
20	DN650-100	BASAL	Justeringsring med not og fjær	Betong	-	-	100	-	1

Revisjon	Retting	Dato	Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Fase					
Brannkum 5					
Norwegian University of Science and Technology			Rambøll Norge AS Org. nr. 915 251 293 www.ramboll.no		
Kummer				DATO: 03.05.2019	
Mebostad B15				TEGN: MR	
				KONT:	
				Oppdragsnummer	
				Dokumentansvarlig	
				Filnavn	
				Brannkum 5 Ø160 - Ø160.dwg	
				PM/utvikl	
				1:40 (A3)	
kompleks	Bygg	Etasje	Fag	System	Type
					Løpernummer
				Prosjektserie	
				Revisjon	
				Status	

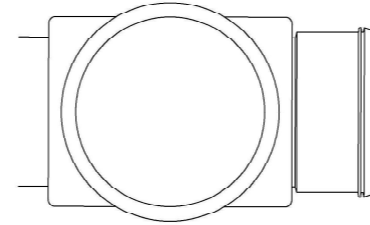
Minikummer

Overvann Ø450

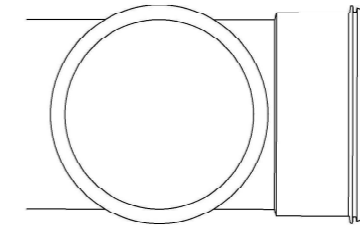
Dim. rør Ø250



Dim. rør Ø315

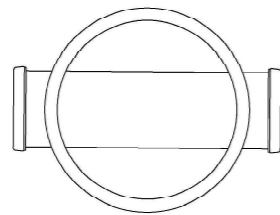


Dim. rør Ø400



Spillvann Ø400

Dim. Rør Ø160

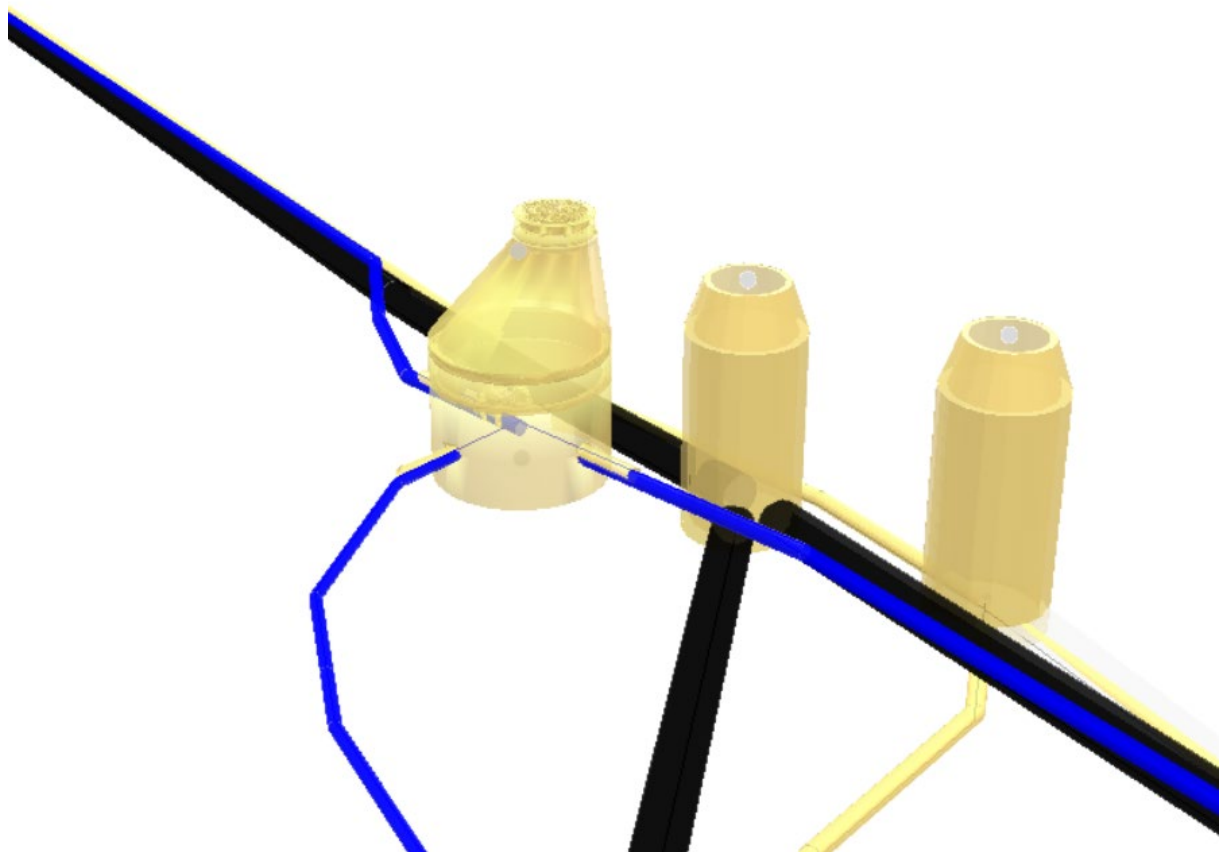
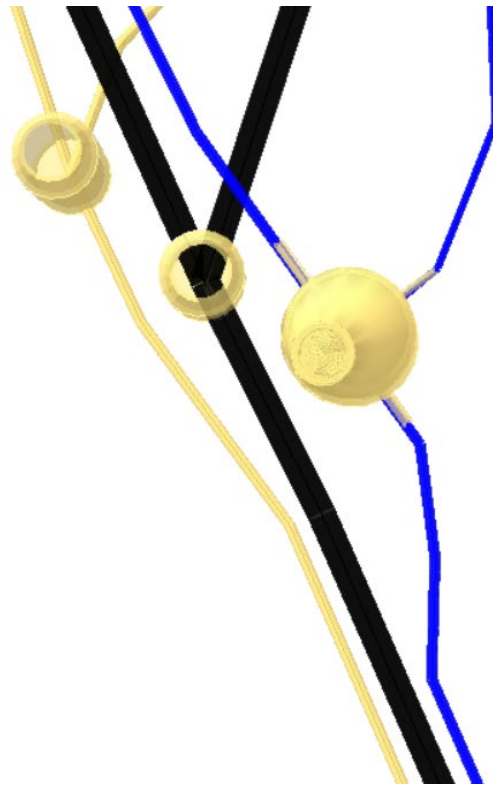


Revisjon	Rettelse	Dato	Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Fase					
Minikummer overvann og spillvann					
 NTNU Norwegian University of Science and Technology			 RAMBOLL Rambøll Norge AS Org. nr. 915 251 293 www.ramboll.no		
Kummer				DATO: 03.05.2019	
Mebostad B15				TEGN: MR	
				KONT:	
				Oppdragsnummer	
				Dokumentansvarlig	
				Filnavn kummer.dwg	
				Målestokk 1:16	
Kompleks	Bygg	Etasje	Fag	System	Type
					Løpnummer
			Prosjektfase		Revisjon
					Status
					-

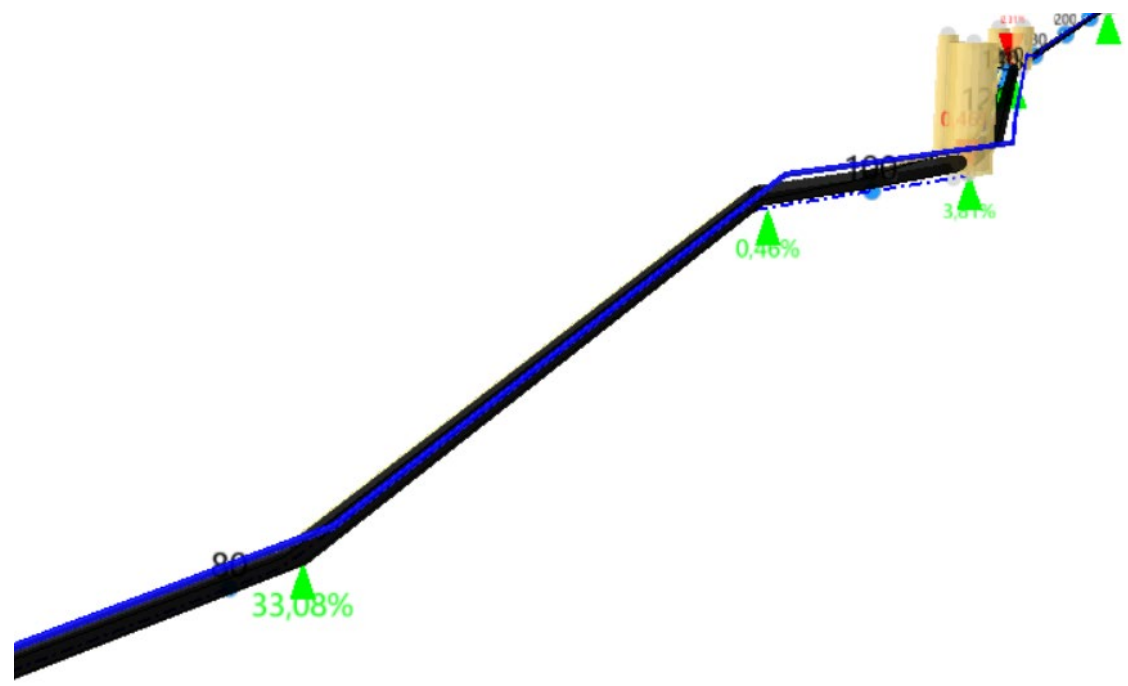
Vedlegg 9

Illustrasjoner fra 3D-modell

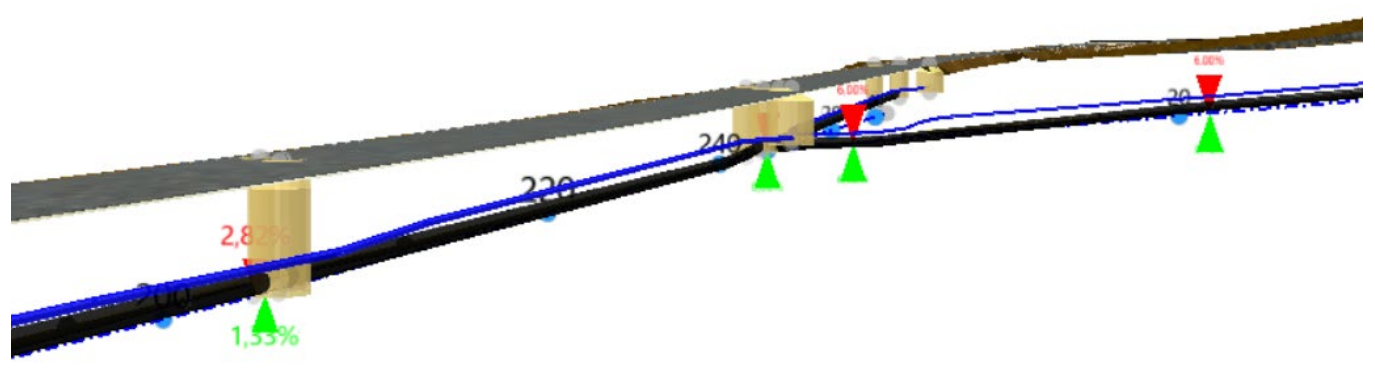
Tegnet vannkum importert i 3D-modell

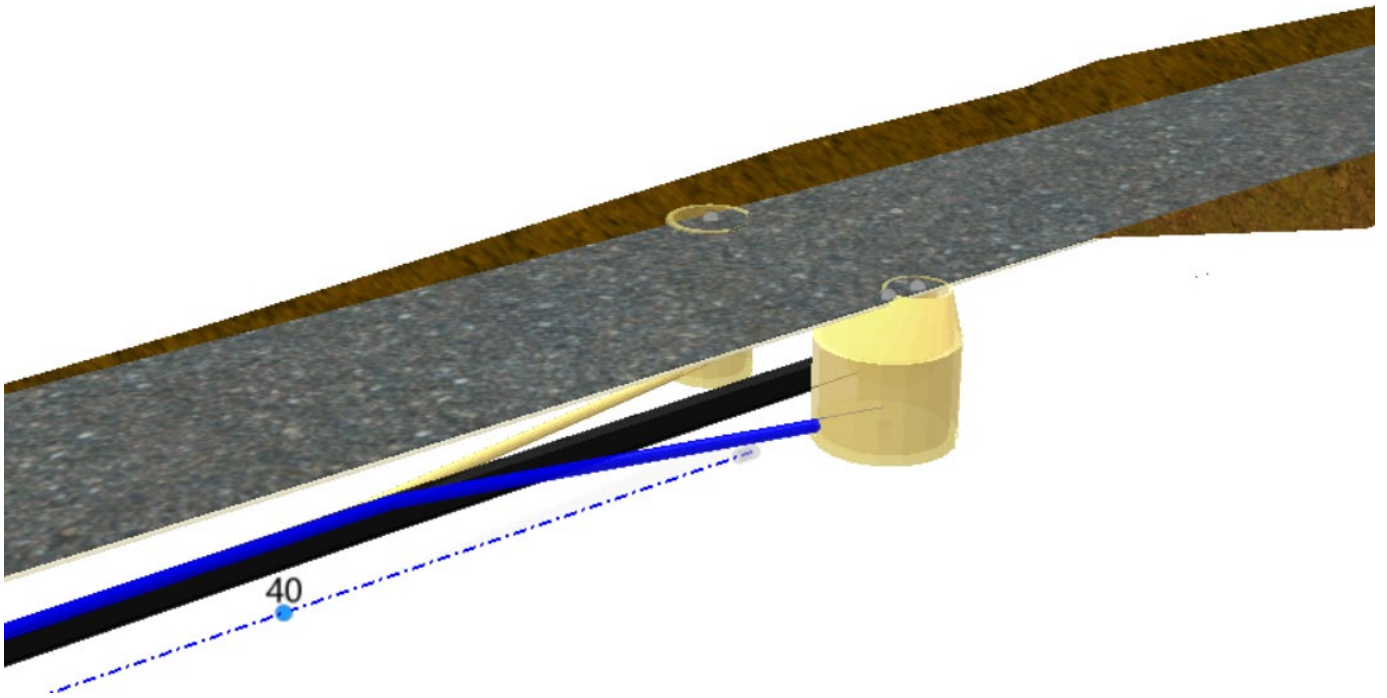


Trase med oversikt over fall

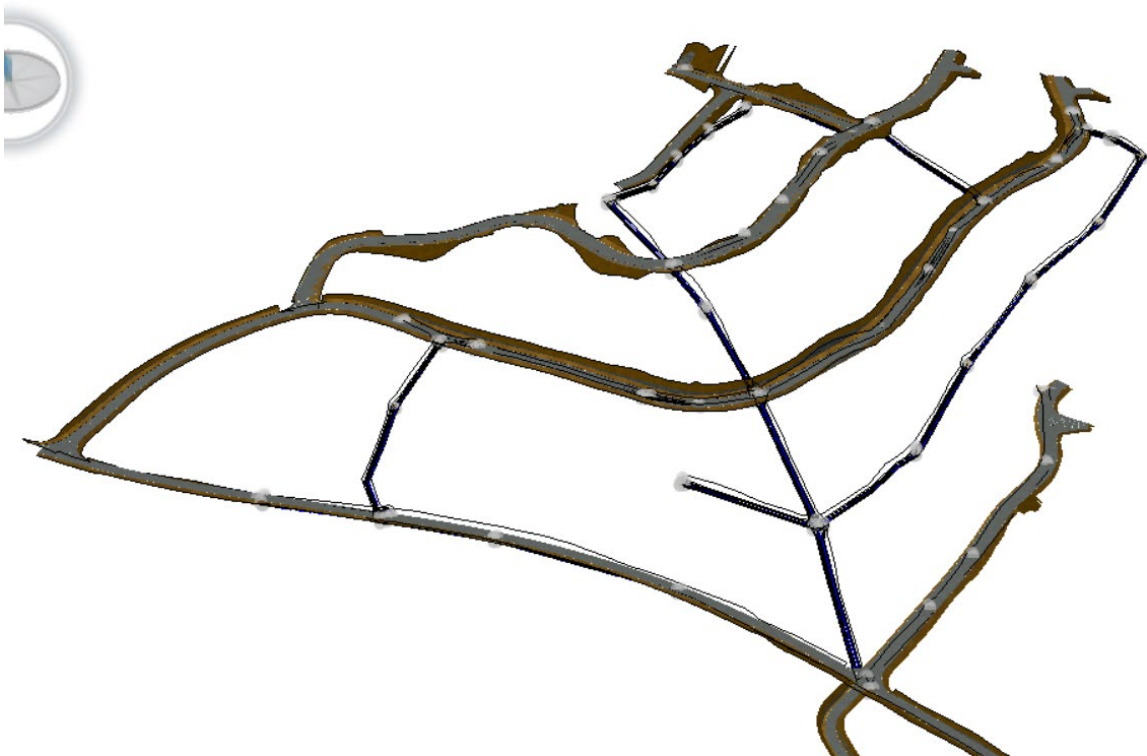


Illustrasjon vegmodell for toppkum planum

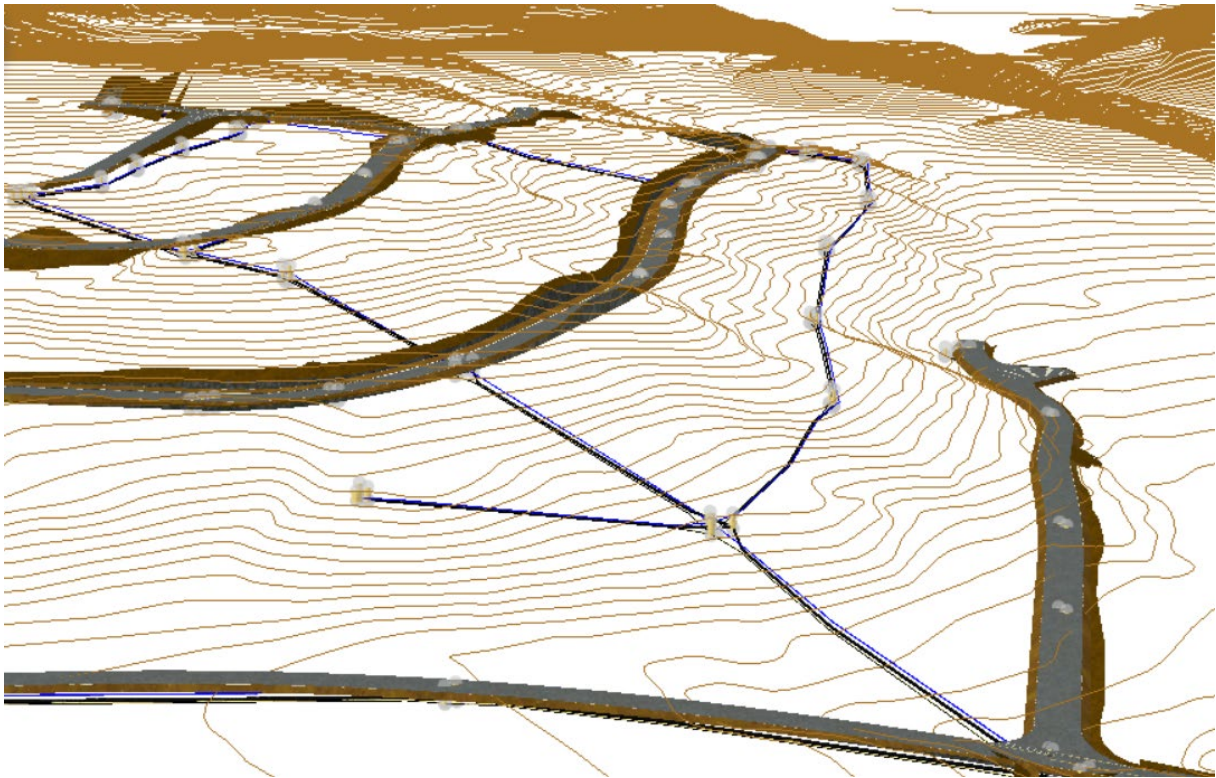




Hele området



Illustrasjon kartgrunnlag



Kumgrupper

