

Iver Harsjøen

# Opprydding av spredt avløp

En casestudie opprydding av spredt avløp

May 2020





Norwegian University of  
Science and Technology

# Opprydding av spredt avløp

En casestudie opprydding av spredt avløp

**Iver Harsjøen**

Bygg og anleggsteknikk

Submission date: May 2020

Supervisor: Fred Johansen

Norwegian University of Science and Technology  
Department of Manufacturing and Civil Engineering



# Opprydding av spredt avløp

## *En casestudie i opprydding av spredt avløp*

Iver Harsjøen

[Gradering: Åpen]

Bachelor i ingeniørfag - bygg  
Innlevert: mai 2020  
Veileder: Fred Johansen

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for vareproduksjon og byggingteknikk

 **NTNU**  
Institutt for vareproduksjon  
og byggingteknikk

Oppgavens tittel:	Dato: 20.5.2020
Opprydding av spredt avløp	Antall sider: [sider:60]
	Masteroppgave:   Bacheloroppgave   x
Navn: Iver Harsjøen	
Veileder: Fred Johansen	

## Sammendrag

Målet for rapporten er å foreta en opprydding av dagens avløpssituasjon for området Smågardan i Tynset kommune. Undersøkelser gjort av kommunen fra 2012 avdekket at flere av de nåværende renseløsningene, som i hovedsak er infiltrasjon, ikke er godkjente i henhold til dagens krav og regelverk. Rapporten forsøker å finne en løsning på denne utfordringen ved å besvare problemstillingen:

«Hvilken type avløpshåndtering er best egnet for det spredt bebodde området Smågardan i Tynset kommune med hensyn på miljø, LCC og samfunnet?»

Rapporten gjør en utredning av de eksisterende renseløsningene i området og utreder nye løsninger. Alternativene er infiltrasjon, ledningsnett inn på kommunalt nett eller en kombinasjon av disse to. Nettets utforming og plassering i terrenget er i hovedsak ikke utført med hensyn i gjeldene retningslinjer og regelverk. Det tar heller ikke utgangspunkt i kvotehøyder fra husene, men bruker terrenget rundt som referansehøyder.

Problemstillingen besvares ved hjelp av en casestudie hvor tre ulike alternativer blir utarbeidet. Alternativene som blir kalt Caseløsning 1, Caseløsning 2 og Caseløsning 3 består i ulik grad av avløpshåndtering basert på infiltrasjon og/eller et ledningsnett lagt med selvføll. Løsningene blir til slutt i rapporten bedømt i en beslutningsmatrise som rangerer alternativene i rekkefølgen 1-3 basert på parameterne pris/LCC, miljø/samfunnsperspektiv og teknisk kvalitet. Kvantitative undersøkelser i form av en systematisering av avløpsrapporter utsendt i forbindelse med Tynset kommunes prosjekt «opprydding i spredt avløp» fra 2012 utreder eksisterende avløpsløsninger. Videre ble det utført kornfordelingsanalyser og en infiltrasjonstest for å kartlegge terrengets vannledningsevne. Med økonomiske tall hentet fra liknende prosjekt i nærområdet Tynset som begrensning, ble det ved hjelp av ulike hjelpemidler forsøkt å legge en ledningstrase i terrenget. Deretter ble det dimensjonert diameter for en strekning og beregnet skjærspenninger for to strekninger som var særlig interessante på grunn av sentral beliggenhet i nettet og lite fall.

Kartleggingen av de eksisterende løsningene viste at åtte renseløsninger ga oppslag i terreng. Vannledningsevnen i området er lav, og dermed lite egnet for infiltrasjon.

Rapporten konkluderer med at den beste løsningen er Caseløsning 3. Løsningen representerer den mest helhetlige oppryddingen med tanke på miljø og vedlikehold. Den viser seg også å være økonomisk lønnsom, samt totalt sett den beste tekniske løsningen for området.

Stikkord:

Infiltrasjon
Spredt avløp
VA-teknikk

# Forord

Denne bacheloroppgaven er skrevet ved institutt for vare produksjon og byggteknikk ved NTNU i Gjøvik. Oppgaven vil markere avslutningen på ett treårig studieløp innen Bygg og anleggsteknikk.

Utgangspunktet for denne rapporten er å gjennomføre en opprydding av spredt avløp for området Smågardan i Tynset kommune.

Arbeidet har vært spennende og lærerikt. Det har vært en kontinuerlig prosess i samarbeid med Tynset kommune som har gitt et fint innblikk i kommunalteknikk. Ervervelse av ny kunnskap rundt temaet VA-teknikk har det også blitt.

Jeg ønsker å takke Øystein Bekkevold fra Teknisk Etat, Tynset kommune for god hjelp i forbindelse med oppgaven. Ellers vil jeg takke kompiser for gode samtaler, veileder Fred Johansen for tilbakemeldinger med glimt i øyet og min mor for hjelp med korrekturlesningen.

Gjøvik, 20. mai 2020, Iver Harsjøen

(sign.)



# Abstract

The ultimate aim of this report is to renew the sewerage system for the Smågardene area. A survey carried out in 2012 by the counsel of Tynset revealed that multiple wastewater solutions in the area, mainly infiltration, were not satisfying current regulations. This report sought to find a solution to these issues with the formulated problem;

«What type wastewater system is best for the rural area of Smågardene in Tynset municipality?»

To examine this question the analytic method case study has been chosen. The case study will conclude with three different alternatives; Case study 1, Case study 2 or Case study 3. All three alternatives consist of either infiltration systems, pipe systems or a combination of the two. At the conclusion of the report the solutions are rated 1-3, based on achievement in three different parameters; Cost/LCC, environment and technical solution. Quantitative surveys of the areas existing wastewater solutions were carried out to examine why they not currently satisfying regulations. Granulometric analysis and an infiltration test were done to determine the soils' water conductivity. With economical estimates based on similar projects in the Tynset area, it was possible to determine if the alternative would stay within budget. Diameter and shear stress calculations were done for critical pipe-lengths. In the survey of existing wastewater solutions, it turned out that 8 systems gave visible sewerage water in terrain. The granulometric analysis and infiltration test revealed low water conductivity in the area. These results show that Caseløsning 1 is the best alternative. The solution this case alternative provides represents the best option for the environment, proving to also be most economically beneficial.

# Innholdsfortegnelse

Forord .....	iv
Abstract .....	v
Innholdsfortegnelse .....	vi
Tabelliste .....	ix
1 Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn .....	1
1.2 Problemformulering.....	1
1.3 Rammebetingelser .....	2
1.3.1 Reguleringer .....	2
1.3.2 Økonomi.....	3
1.3.3 100-års perspektivet .....	5
2 Teori .....	6
2.1 VA-prinsipper.....	6
2.1.1 Energibevaring .....	6
2.1.2 Selvrens .....	8
2.2 LCC .....	10
2.3 Miljø .....	12
2.4 Infiltrasjon .....	13
3 Casebeskrivelse .....	15
4 Metode.....	22
4.1 Undersøkelse av infiltrasjonsmulighetene.....	22
4.2 Dimensjonering av komponentene i avløpsnettet.....	24
4.3 Beslutningsmatrise.....	27
4.4 Gemini Terreng.....	28
5 Resultater.....	29
5.1 Undersøkelse av infiltrasjonsmulighetene.....	29
5.1.1 Kartlegging av nåværenede infiltrasjonsanlegg .....	29
.....	29
.....	30
5.1.2 Infiltrasjonstesting.....	31

5.1.3	Dimensjonerende spillvannstilløp .....	32
5.1.4	Dimensjonering av avløpsledningen .....	32
5.1.5	LCC .....	34
6	Diskusjon og analyse.....	35
6.1	Undersøkelse av infiltrasjonsmulighetene.....	35
6.1.1	Kartlegging av nåværende infiltrasjonsanlegg.....	35
6.1.2	Infiltrasjonstesting .....	35
6.1.3	Vurdering av infiltrasjon og miljø.....	37
6.2	Dimensjonering og beregning av komponentene i avløpsnettet.....	38
6.2.1	Spillvannstilløp.....	38
6.2.2	Dimensjonering av avløpsledningen .....	38
6.3	Utarbeidelse av alternative avløpsløsninger .....	39
6.4	Skjærspenningsberegninger.....	43
6.5	Karakterfordeling.....	44
6.6	Miljø/sammfunsperspektiv .....	44
6.7	Pris/LCC .....	45
6.8	Teknisk løsning.....	45
7	Konklusjon .....	46
	Litteraturliste .....	48
	Eveborn D, Kong D, Gustafsson P. (2012) Wastewater treatment by soil infiltration: Long-term phosphorus removal. <i>Science Direct</i> . Tilgjengelig fra: .....	48
	Eveborn D, Kong D, Gustafsson P. (2012) Wastewater treatment by soil infiltration: Long-term phosphorus removal. <i>Science Direct</i> . Tilgjengelig fra: .....	48
	Vedlegg .....	53

# Figurliste

Figur 1: Følsomme soner.....	2
Figur 2:Følsomme områder.....	2
Figur 3:Robust og bærekraftig planlegging .....	5
Figur 4 .....	<b>Feil! Bokmerke er ikke definert.</b>
Figur 5:Bernouillis likning .....	6
Figur 6:Illustrasjon, kontinuitetslikningen .....	7
Figur 7:Beslutningsprosessen.....	10
Figur 8:Summen av nåverdier i analyseperioden .....	10
Figur 9:Kostnader ført tilbake til investeringstidspunktet.....	11
Figur 10:Farer ved klimaendringer .....	12
Figur 11:FNs bærekraftsmål.....	12
Figur 12:Tversnitt illustrasjon av infiltrasjonsgrøfter.....	14
Figur 13:Tynset kommune .....	15
Figur 14: Inngrepsområde .....	16
Figur 15: Arealtyper .....	17
Figur 16: Løsmassekart .....	18
Figur 17: Infiltrasjonsevne .....	19
Figur 18: Helning .....	20
Figur 19: Flomfare .....	21
Figur 20:qmaks.....	24
Figur 21:qmin.....	24
Figur 22:Variasjonsfaktorer .....	25
Figur 23 figuren viser maksimalt avløp i liter per sekund i årets mest forbrukende time. ....	25
Figur 24:Darcy weissbach og kontinuitetslikningen.....	26
Kartlegging av nåværende infiltrasjonsanlegg .....	29
Figur 26:Tilstandsklasser på renseløsningene.....	29
Figur 27:Type renseløsninger i området .....	30
Figur 28:Årsak for ikke godkjente anlegg.....	30
Figur 29: Gravemaskin ble brukt for å fjerne snø og det øverste jorlaget før infiltrasjonstesten. ....	36

# Tabelliste

Tabell 1:Utslippskrav følsomme områder.....	3
Tabell 2:Kostnader for grunneier .....	4
Tabell 3:Ruheter.....	8
Tabell 4:Delfyllingsdiagram .....	9
Tabell 5:Selvrensing for viktige strekk .....	33
Tabell 6:Forventet renseeffekt .....	37
Tabell 7: LCC Caseløsning 1 .....	41
Tabell 8: LCC Caseløsning 2 .....	42
Tabell 9: Kostnader Caseløsning 3.....	43



# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Vår moderne livsstil er blitt en belastning på økosystemene våre. Vi ser på med økende bekymring at måten vi lever på resulterer i fenomener som global oppvarming, ekstremvær, forurensing og vannmangel. For å møte disse utfordringene må vi bli bedre til å utnytte og ivareta de ressursene vi har tilgjengelig. Det kan vi klare ved å satse på løsninger og teknologi som er bærekraftig. Denne oppgaven vil ikke forsøke å komme med svaret på utfordringene ovenfor. Men prosjektet den vil forsøke å løse vil være en liten del av en større dugnad vi alle må bidra i om vi skal lykkes i kampen mot utfordringene vi står ovenfor.

Litt under 85 % av Norges innbyggere er tilknyttet kommunale renseanlegg med kapasitet over 50 personekvivalenter. Resterende innbyggere er knyttet til anlegg med kapasitet mindre enn 50 personekvivalenter med varierende rensegrad (RIF, 2015). Spredt avløp oppgis å være en av hovedårsakene til at en innsjø eller en elv ikke har god miljøtilstand i dag. (Miljøstatus, elver og innsjøer, 2019)

I FNs bærekraftsmål slår delmål 6.6 fast at vi skal «innen 2020 verne om og gjenopprette vannrelaterte økosystemer, herunder fjell, skoger, våtmarker, elver, vannførende bergarter og innsjøer» (FN – UNEP. 197). Norge har forpliktet seg til å forbedre vannmiljøet i landets vannforekomster gjennom EUs vanddirektiv. Derfor iverksatte Tynset kommune en opprydding av spredt avløp i 2012 (Tynset kommune, 2018).

## 1.2 Problemformulering

Oppryddingen av spredt avløp i Tynset kommune har etter prosjektets oppstart i 2012 ferdigstilt ett nytt avløpsanlegg, er underveis med ett og har planlagt og bevilget midler for to nye prosjekter. Som et ledd i denne oppryddingen er området Smågardan et potensielt prosjekt. Rapporten utforsker mulighetene for dette prosjektet gjennom problemstillingen;

«Hvilken type avløpshåndtering er best egnet for det spredt bebodde området Smågardan i Tynset kommune med hensyn på miljø, LCC og samfunnet?»

## 1.3 Rammebetingelser

Foreløpig finnes ingen konkrete vedtak for prosjektets igangsettelse. Det finnes derfor ikke noe prosjekteringsgrunnlag eller en bestilling av Tynset kommune som pålegger oppgaven konkrete økonomiske, geografiske eller tekniske begrensninger. En del av oppgavens utfordring vil derfor bli å bestemme hvor den geografiske streken for oppgavens utstrekning skal gå. De økonomiske rammene vil bli estimert ut ifra maler tatt i bruk under lignende prosjekter kommunen har gjennomført. Ut ifra disse begrensningene tegner oppgavens konkrete mål seg. Hvilken løsning, eller kombinasjon av løsninger vil være den beste for befolkningen og miljøet innenfor de gitte lovgivende og økonomiske rammer.

### 1.3.1 Reguleringer

Som en del av EØS-avtalen er Norge forpliktet gjennom EUs rammedirektiv for vann. På bakgrunn av rammene i direktivet er vannforskriften utarbeidet for å sikre beskyttelse og bærekraftig bruk av norske vannforekomster. Forskriften har hjemmel i plan og bygningsloven og forvaltes av klima og miljødepartementet (Forskrift om rammer for vannforvaltningen, 2006). Utslipp av avløpsvann i Norge reguleres av forurensningsforskriften eller lokale myndigheter. Lokale myndigheter kan etter forurensningsforskriftens kapittel 12 § 12-2 opptre som forurensningsmyndighet for utslipp av avløpsvann for mindre enn 50 PE. Kapittel 12 gir under § 12-6 *Lokal forskrift* også kommunen mulighet til å «fastsette lokal forskrift dersom det er nødvendig ut ifra forurensningsmessige forhold eller bruksinteresser» (Forurensningsforskriften, 2005). Med hjemmel i denne forskriften vedtok Tynset kommunestyre i 2012 «Forskrift om utslipp av sanitært avløpsvann fra mindre avløpsanlegg».



Figur 2: Følsomme områder



Kravene i forskriften erstatter kravene gitt i § 12-7 til § 12-13 i Forurensingsforskriften. Tynset ligger i følsomt området (figur 1) og lener seg derfor på Forurensingsforskriften § 12-8 Utslipp til følsomt og normalt området, det medfører rensekrav gitt i tabell 1.

<i>Parameter:</i>	<i>Utslippskonsentrasjon:</i>	<i>Renseeffekt:</i>
Tot-P	< 1,0 mg/l	> 90 %
BOF <sub>5</sub>	< 25 mg/l	> 90 %

*Tabell 1: Utslippskrav følsomme områder*

I § 7 Godkjente renseløsninger med henvisning til Plan- og bygningslovens § 27-2 beskrives det at påkobling til kommunalt nett prioriteres der avløpsledning ligger til nærliggende areal. Dersom påkobling til offentlig nett ikke lar seg gjøre forteller § 7 at avløp skal skje i stedlige masser såfremt forholdene tillater dette. Forholdene skal vurderes av personer med kompetanse beskrevet etter § 6 i den lokale forskriften. Lokal tolkning av ordlyden i Plan- og bygningslovens § 27-2 «uforholdsmessig stor kostnad» er bestemt til 1,5G. Det kan dermed søkes fritak om investeringskostnaden for privat stikkledning overstiger dette beløpet.

Videre er inngrep i naturen regulert under Naturmangfoldloven for å ta vare på dens biologiske, landskapsmessige og geologiske forhold. Loven pålegger offentlige myndigheter flere prinsipper i forvaltningen av fast eiendom. Prinsippene er regulert i §§ 8 til 12 og forteller blant annet at «en påvirkning av et økosystem skal vurderes ut fra den samlede belastning som økosystemet er eller vil bli utsatt for (Naturmangfoldloven. 2009)».

### **1.3.2 Økonomi**

Finansieringen og dermed gjennomføringen av prosjektet er enda uklart. Pågående prosjekt på Tynset av tilsvarende størrelse er finansiert ved et anleggsbidrag og en påkoblingsavgift betalt av forbruker. Det er snakk om store investeringer i kommunesammenheng, så en kan være avhengige av privat offentlig samarbeid. En mulighet er at kommunen er byggherre fra starten og gjennomfører prosjektet på vegne av beboerne. Den andre muligheten er et privat initiativ der beboerne i området selv står for finansiering og utbygging. I et slikt tilfelle er det aktuelt at kommunen overtar driften av anlegget om det opprettholder kravene fra VA-normen. Når det først gjøres tiltak i området bør det være mulig å få til et prosjekt som sikrer et helhetlig løft hvor flest mulig blir en del av opprydningen. Videre vil kapittelet gi en pekepinn på hvilke økonomiske begrensninger og forutsetninger som finnes når prosjektet planlegges.

## FINANSIERING

Tabell 2 viser et estimat på hvilke tall som er blitt lagt til grunn under tidligere prosjekt. Beløpene er kun estimater, og kan endres fra prosjekt til prosjekt. De gir allikevel en indikasjon på hva kommunen kan pålegge innbyggerne å betale om de bestemmer seg for å bygge i området. Om ledningen som blir lagt passerer nærmere enn 60 meter fra huset, kan kommunen gi pålegg om påkobling. Det er verdt å merke seg at hus med samme gårds- og bruksnummer kun trenger å betale ett anleggsbidrag og en påkoblingsavgift.

Type innbetaling	Betaler	Beløp(estimat)
Anleggsbidrag	Privat	80 000,- kr <u>inkl</u> moms
Påkoblingsavgift	Privat	20 000,- kr <u>inkl</u> moms
<u>Stikkledning(inntill 60m fra hovedledningen)</u>	Privat	Vil variere ut ifra avstand.

Tabell 2: Kostnader for grunneier

## ALTERNATIV

Ifølge va normen skal infiltrasjon være første alternativ om man ikke er koblet på kommunalt avløpsnett (Forskrift om utslipp av sanitært avløpsvann fra mindre avløpsanlegget, 2017). Øystein Bekkevold opplyser at en kan påregne en investeringskostnad på kr 120 000,- for ett infiltrasjonsanlegg. Foreløpig ser vi da bort fra vedlikehold og driftskostnader. Merk at kr 120 000,- er kostnaden per anlegg, slik at om en gård har to hus vil kostnaden bli vesentlig høyere.

### 1.3.3 100-års perspektivet

Når det skal bygges nye anlegg og systemer opererer sektoren med en målsetning om at det skal prosjekteres og dimensjoneres for 100 år om gangen. Det såkalte 100-års perspektivet gir utfordringer av ulik art. Rapport 190 fra Norsk Vann påpeker at en tverrfaglig samordning i kommunene er avgjørende. Alle involverte fagdisipliner og fagetater i kommunen må benyttes innen flere aktuelle fagområder (Muthana, Vogelsang, og Liltved ,2012). Ved et slikt helhetlig samarbeid kan en tydeligere se morgendagens utfordringer og samtidig oppnå synergieffekter i planleggingen av ulike prosjekter ved og for eksempel rehabilitere veg og va samtidig.



Figur 3: Robust og bærekraftig planlegging

Målet om 100 års perspektiv krever fremsynthet på fremtidige renskrav og stor nok dimensjonering for befolkningsvekst og klimautfordringer. Men et perspektiv på 100 år krever også et kompromissløst fokus på kvalitet når materialer og tekniske løsninger velges. I dag brukes i stor utstrekning plastikkør av PE og PVC for både selvfall og trykkør. Kvaliteten sikres etter en rekke standarder, herunder den europeiske standarden NS-EN 475 for trykløse avløpsledninger og NS-EN 1610 utførelse og prøving av avløpsledninger. I tillegg finnes flere standarder som inneholder flere detaljerer for drift, utførelse og kvalitet.

## 2 Teori

Teorikapittelet vil danne grunnlaget for det som blir behandlet senere i oppgaven. Det har vært en avveining hva som er teori, og hva som er fremgangsmåte i denne oppgaven. Det henvises derfor til metodekapittelet for supplerende informasjon.

### 2.1 VA-prinsipper

For VA-hydraulikk er det noen enkle lover, formler og prinsipper som opptrer når vi beregner og dimensjonerer. Under er noen sentrale i oppgavens sammenheng nevnt.

#### 2.1.1 Energibevaring

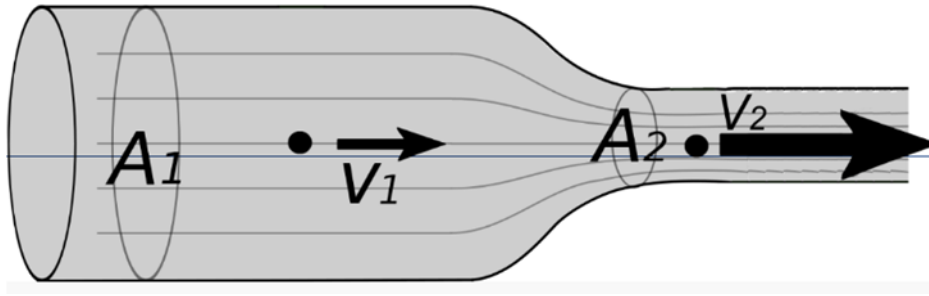
Lover om energibevaring forteller oss at energi ikke går tapt, men endrer form. I rørstrømming opererer vi i praksis med følgende energiformer bevegelsesenergi (kinetisk energi), trykkenergi, stillingsenergi og varme (fra friksjonstap). Arbeid-energisetningen Bernoullis likning brukes ofte for å beskrive sammenhengen mellom trykket og farten i en veske(Ødegaard, 2014).

$$p_2 + \rho gh_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 = p_1 + \rho gh_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2$$

Figur 4: Bernoullis likning

#### 2.1.2 Kontinuitet

Når vi betrakter vann som inkompressibelt kan vi si at vannføringen  $Q$  ( $\frac{m^3}{s}$ ) er lik i snitt en og to (figur 7). Vannmengde inn er altså lik vannmengde ut. Det gir kontinuitetslikningen ved  $Q = A_1 * v_1 = A_2 * v_2$ .



Figur 5: Illustrasjon, kontinuitetslikningen

### 2.1.3 Energitap

Energi går ikke tapt, men endrer form. Når vi har energitap i ledninger betyr det at strømming fører til friksjon mot rørveggen. Friksjonen mot rørveggen fører til trykktap langs ledningen som går over til varmeenergi. Dette kalles friksjonstap og kan beregnes ved hjelp av Darcy-Weisbachs likning,  $hf = f * \left(\frac{L}{D}\right) * \left(\frac{v^2}{2g}\right)$ . Hvor

$hf =$  falltapet i ledningen (i meter vannsøyle)

$f =$  friksjonskoeffisienten

$L =$  lengden på ledningen (m)

$v =$  midlere vannhastighet i røret  $\left(\frac{m}{s}\right)$

$D =$  innvendig diameter i ledningen (m)

$g =$  gravitasjonen, 9,81

Mens friksjonstap skjer på grunn av friksjonen mot rørveggen, finnes en annen form for energitap som kalles singulærtap. Den kommer som følge av punkter i systemet som hindrer eller endrer strømmingen. Årsaker til singulærtap kan være for eksempel være bend, innsnevring, ventiler eller kummer med retningsforandring (Ødegaard, 2014).

### 2.1.4 Rørruhet og friksjonskoeffisient

For forskjellige typer rør har vi forskjellige ruheter. Ruheten er den motstanden som vannet møter når den strømmer i røret. Ruheten kan øke med rørets levetid som følge av avleiringer eller svanker som oppstår. Ved hjelp av rørruheten  $k$  kan friksjonskoeffisienten  $f$  i Darcy-

Weisbachs likning beregnes. Re er reynoldstallet, som beskriver strømmingen som laminær eller turbulent.

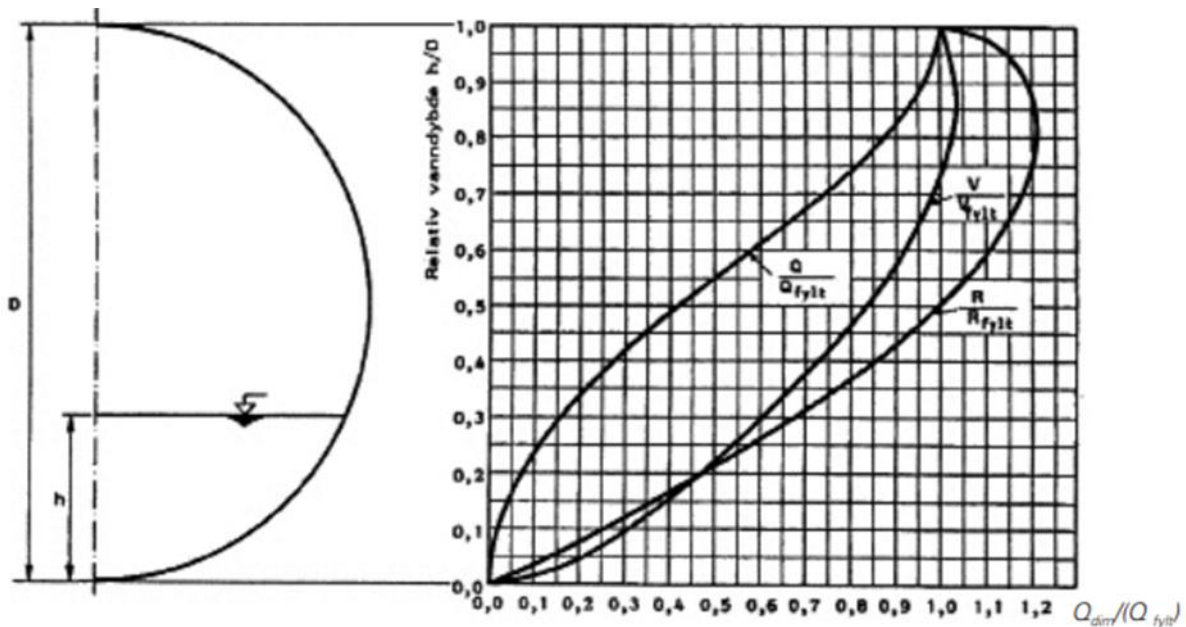
Ledningsmateriale	Teoretisk ruhet (mm)	Ofte brukte/praktiske ruheter på ledninger (mm)
Plastrør (PVC, PE, etc.)	0,002 - 0,007	0,1 - 0,4
Betongrør	0,06 - 0,3	0,3 - 1,0
Nye støpejernsrør med betongføring	0,06 - 0,15	0,3 - 0,5
Nye støpejernsrør med termoplastføring	0,002 - 0,007	0,1 - 0,4
Eldre støpejernsrør	0,6 - 1,5	1,5 - 2,5*

Tabell 3:Ruheter

## 2.1.2 Selvrens

Spillvannsledninger fører med seg stoffer som kan sedimentere og akkumuleres i avløpsledningen (Lysne, 1976). For at disse ikke skal bli værende igjen i avløpssystemet settes det krav til en minimumsvannmengde opptre i løpet av døgnet for fjerne disse stoffene. Vannføringen kalles selvrensende vannføring Q-selvrens, og skal opptre minst en gang i døgnet. Vannføringen bør være så stor at den oppnår en skjærspenning med bunnen på  $2 \text{ N/m}^2$  (Ødegaard, 2014)

For å gjennomføre beregningene trenger en rørets friksjonskoeffisient, diameter og fall. Først beregnes vannførende mengde  $Q_{\text{fylt}}$  ved hjelp av Darcy-Weisbachs likning og kontinuitetslikningen. Deretter beregnes  $Q_{\text{dim}}$  (Vmengde. Behandlet nærmere i kapittel om metode). Sammenhengen  $Q_{\text{dim}}/Q_{\text{fylt}}$  gir så delfyllingen  $h/D$  i delfyllingsdiagrammet i fi



Tabell 4: Delfyllingsdiagram

Deretter beregner en skjærspenningen  $\tau_{fylt}$  ved fylt ledning ved hjelp av formelen  $\tau_{fylt} = \gamma * R * I$ . Hvor

$\gamma$  = vannets spesifikke vekt som kan settes til  $10\,000 \text{ N/m}^3$

$R$  = hydraulisk radius (m) = vått tverrsnittsareal / den våte omkrets.

For ett fylt rør er den  $R = \frac{\pi r^2}{2 * \pi r} = \frac{r}{2} = \frac{D}{4}$

$I$  = fall på ledningen i m/m [%]

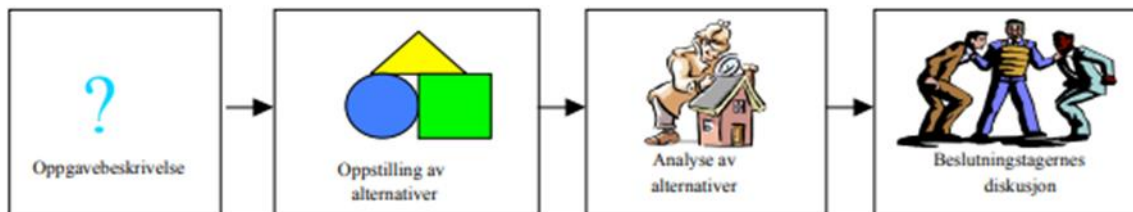
Kritiske situasjoner er som regel når tverrsnittet ikke er helt fylt, for delfylling  $h/D = 0,25$  kan følgende formel for  $\tau_{maks}$  brukes:

$$\tau_{maks} = \tau_{fylt} * 4 * \frac{h}{D} (1 - \frac{h}{D})$$

Etter man har gjennomført beregningene får man svaret på om ledningen er selvrensende ved at  $\tau_{maks}$  er større enn  $\tau_{min}$ .

## 2.2 LCC

I Loven om offentlige anskaffelser § 6 slås det fast at «det skal tas hensyn til livssyklus kostnader og miljømessige konsekvenser av anskaffelsen». Når det blir foretatt nye investeringer kan det være nyttig å se på hvilke kostnader anskaffelsen medfører.



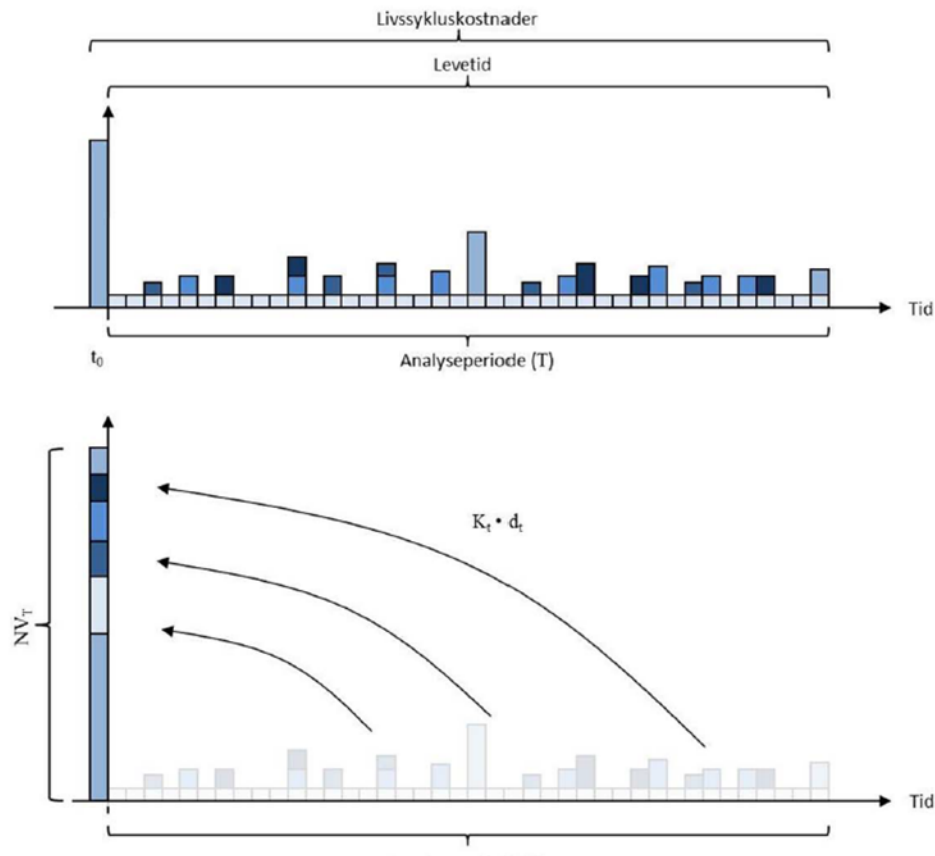
Figur 6: Beslutningsprosessen

For prosjekt med to eller flere aktuelle løsninger vil det være interessant å se hvilken kostnad de ulike prosjektene representerer for hele anleggets levetid, eller livsløpskostnad (LCC). Det gjøres ved at en diskonterer fremtidige utgifter til ett og samme år. Når lengden på analyseperioden (T) er bestemt settes kostnadene ( $K_t$ ) opp som vil påvirke prosjektet. Nåverdien beregnes så ved å multiplisere den fremtidige kostnaden ( $K_t$ ) med diskonteringsfaktoren ( $d_t$ ) (Standard Norge, 2013).

$$NV_T = \sum_{t=0}^T K_t \cdot d_t$$

Figur 7: Summen av nåverdier i analyseperioden





Figur 8: Kostnader ført tilbake til investeringstidspunktet

NS 3454 deler kostnader opp i 6 ulike poster:

- Drifts- og vedlikeholdskostnader
- Utskiftnings- og utviklingskostnader
- Forsyningskostnader
- Renholdskostnader

Ved å gjennomføre en analyse av livsløpssyklus kostnader (LCC) vil en se på problemstillingene fra ulike vinkler slik at de forskjellige alternativene blir tydeligere. Det kan være til hjelp å dele beslutningsprosessen inn i fire faser; oppgavebeskrivelse, alternativer, analyse og diskusjon.

## 2.3 Miljø

Menneskelig påvirkning på klimaendringene er klar (Kyoto Protocol, 1997) Klimagasser, i hovedsak CO<sub>2</sub>, kombinert med drivhuseffekten gjør at temperaturen på jorda stiger. Konsekvensene kan blant annet være ekstremvær eller vannmangel (FN – UNEP, 1972)

Vann blir ofte omtalt som verdens viktigste ressurs. Vannmangel kan bli en utfordring for mange verdensdeler som følge av klimaendringer. I rapporten «State of the Nation» utarbeidet av rådgivende ingeniørers forening argumenteres det for at dagens avløpssystemer ikke er dimensjonert for klimaendringene og dens konsekvenser.



Figur 9: Farer ved klimaendringer

På den ene siden er det avgjørende at vi kan slutte å forurense, og få ned utslippene av klimagasser om vi skal nå målene i Parisavtalen. Utslipp av klimagasser er problemet. Den andre siden representerer hva vi kan gjøre for å forbedre problemet. Tiltak kan for eksempel være å unngå avskoging eller stabilisering og hygenisering av slam fra avløp (IPCC, 2016).

Siden Bruntlandkomisjonen introduserte begrepet bærekraftig utvikling i 1987 gjennom rapporten «vår felles fremtid» har begrepet blitt tatt i bruk stadig oftere. FNs bærekraftsmål, som forplikter alle land som har signert Parisavtalen, skal sikre at vi kan ta vare på behovene til mennesker som lever i dag uten at det går på bekostning av fremtidige generasjoners muligheter til å dekke sine (Kyoto Protocol, summary. (1997). Bærekraftsmål 6 sier «rent vann og gode sanitærforhold til alle.»



Figur 10: FNs bærekraftsmål

Videre slår delmål 6.6 fast at vi skal «innen 2020 verne om og gjenopprette vannrelaterte økosystemer, herunder fjell, skoger, våtmarker, elver, vannførende bergarter og innsjøer» (FN). Spredt avløp oppgis å være en av hovedårsakene til at en innsjø eller en elv ikke har god miljøtilstand i dag. Dårlig økologisk tilstand reduserer antall arter og fører til ett stort tap av biomasse. Det fører igjen til tap av Co<sub>2</sub>-binding (Miljødirektoratet, 2019).

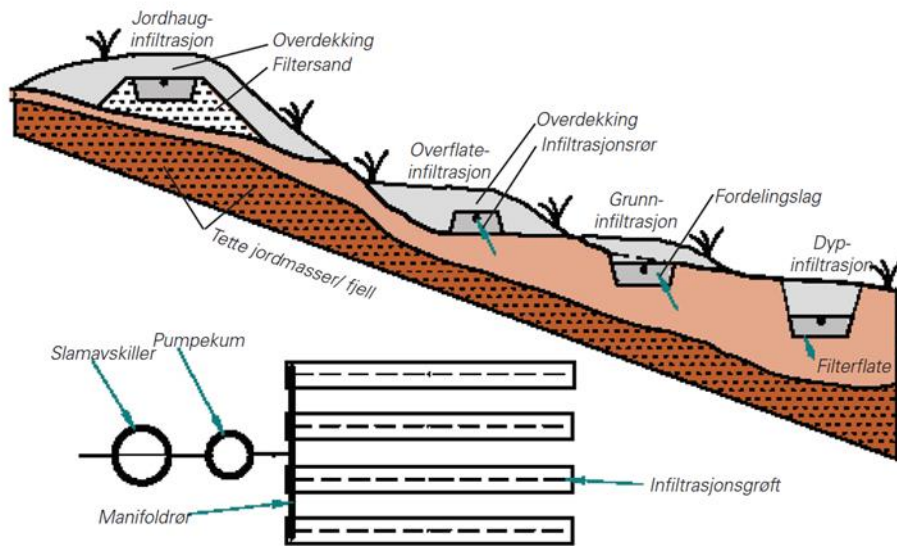
Problemet er komplekst, og vil endre økosystemer, matnæringen, infrastruktur, kyst, by og bygder, helse og hvilke jobber vi har. Det påpekes at problemet er globalt, og at også den sosiale dimensjonen er viktig (IPCC, 2016). Med andre ord må miljø stå høyt på dagsordenen, og være en prioritert parameter i alle beslutninger vi tar.

## 2.4 Infiltrasjon

Infiltrasjon er en rensemetode med lange tradisjoner i Norge. Metoden benyttes som regel i mer spredte strøk. Metoden er eksempel på desentralisert renselanlegg (<50 PE). For at en skal kunne anlegge infiltrasjonsanlegg må følgende funksjonskrav være oppnådd:

- Utslag av forurenset vann til terreng skal ikke forekomme
- Infiltrert avløpsvann skal være tilfredsstillende rensset før det når overflaten
- Drikkevannskilder og grunnvannsforkomster som utnyttes eller kan bli utnyttet, skal ikke forurennes av avløpsvann (VA/Miljøblad nr. 59/2018)

Oppbygningen av infiltrasjons anlegg består av to rensetrinn. Første rensetrinn er en slamavskiller, ofte i form av tett tank. Andre rensetrinn er selve grøften, som gjør nytte som infiltrasjonsfilteret. Et anlegg består ofte også av pumpekum og fordelingskum. Disse komponentene sørger på hver sin måte for at avløpet blir fordelt likt ut i infiltrasjonsrørene og at hele infiltrasjonsarealet blir tatt i bruk. Selve infiltrasjonsfiltrene kan utformes som dype eller grunne grøfter, bassenger eller som jordhaugsfiltre (VA/Miljøblad nr 59/2018).

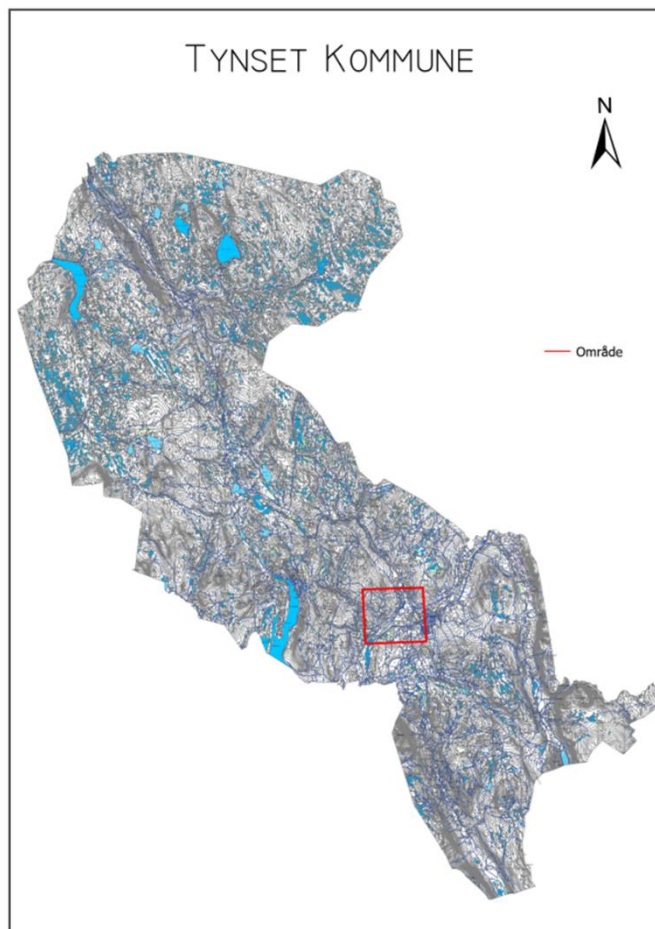


Figur 11: Tversnitt illustrasjon av infiltrasjonsgrøfter

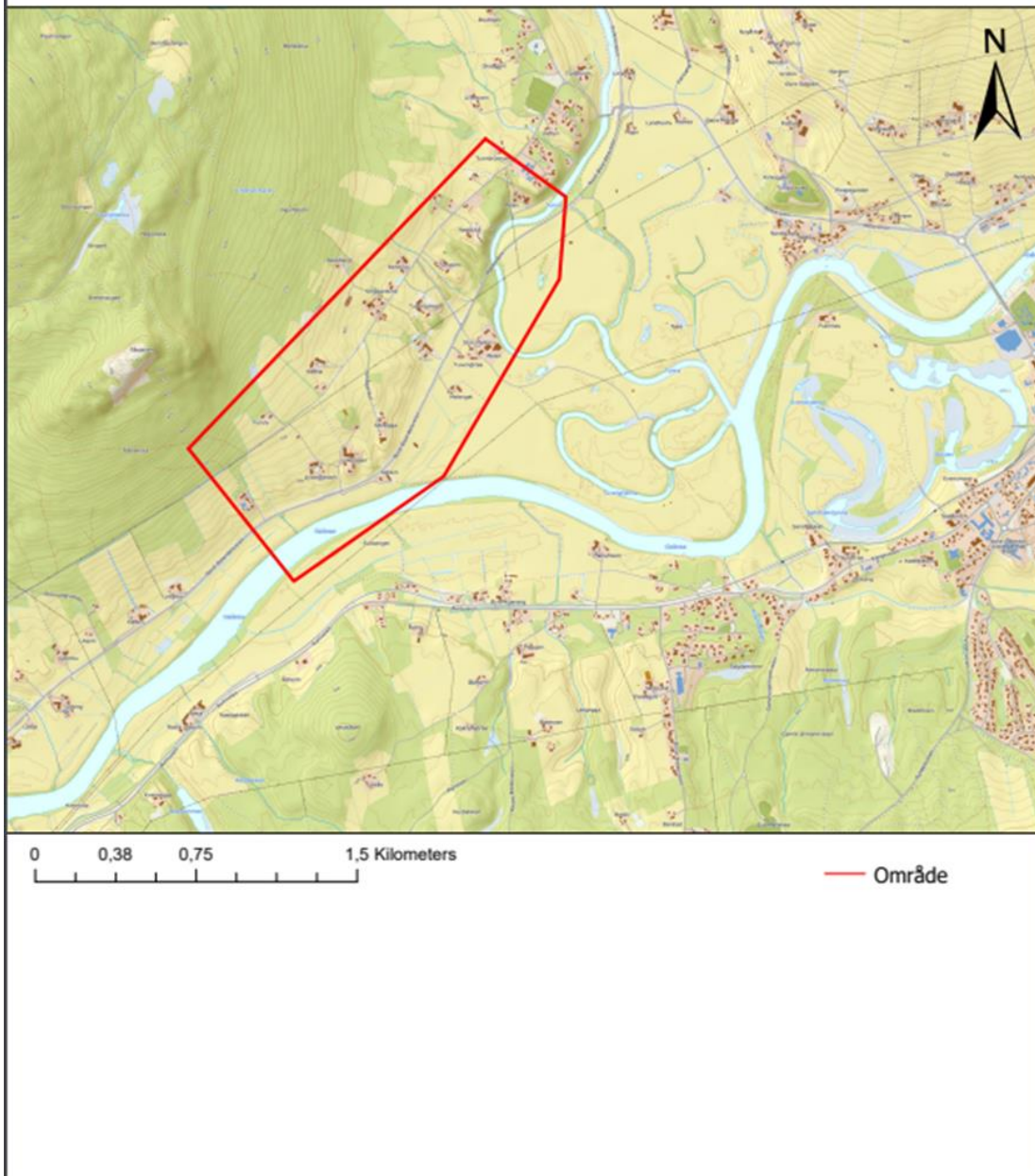
### 3 Casebeskrivelse

Inngrepsområde ligger sentralt i Tynset tettsted i Tynset kommune (figur 15 Inngrepsområde). Området består for det meste av fulldyrka jord, skog av typen lauv- og furuskog. Tilhørende til den fulldyrka jorda er det bebygd areal (figur 16 Arealtyper). Elven Glomma renner igjennom området og det er derfor flomfare flere steder langs elven (figur 20 Flomfare). Området består av tre typer løsmasser, elveavsetning, bresjø-/ innsjøavsetning og tykk morene (figur 17 Løsmassekart). Infiltrasjonsevnen til jorden i området er middels til godt egnet (figur 18 Infiltrasjonsevne). Området er relativt flatt med unntak av noen bekkedaler (figur 19 Helningskart). Tilstedeværelsen (Ngu, 2020) og kvaliteten (Ngu, 2020) på/av fjell gjør at en sannsynligvis unngår sprenging, og pigging vil uansett være et godt alternativ.

Figur 12:Tynset kommune

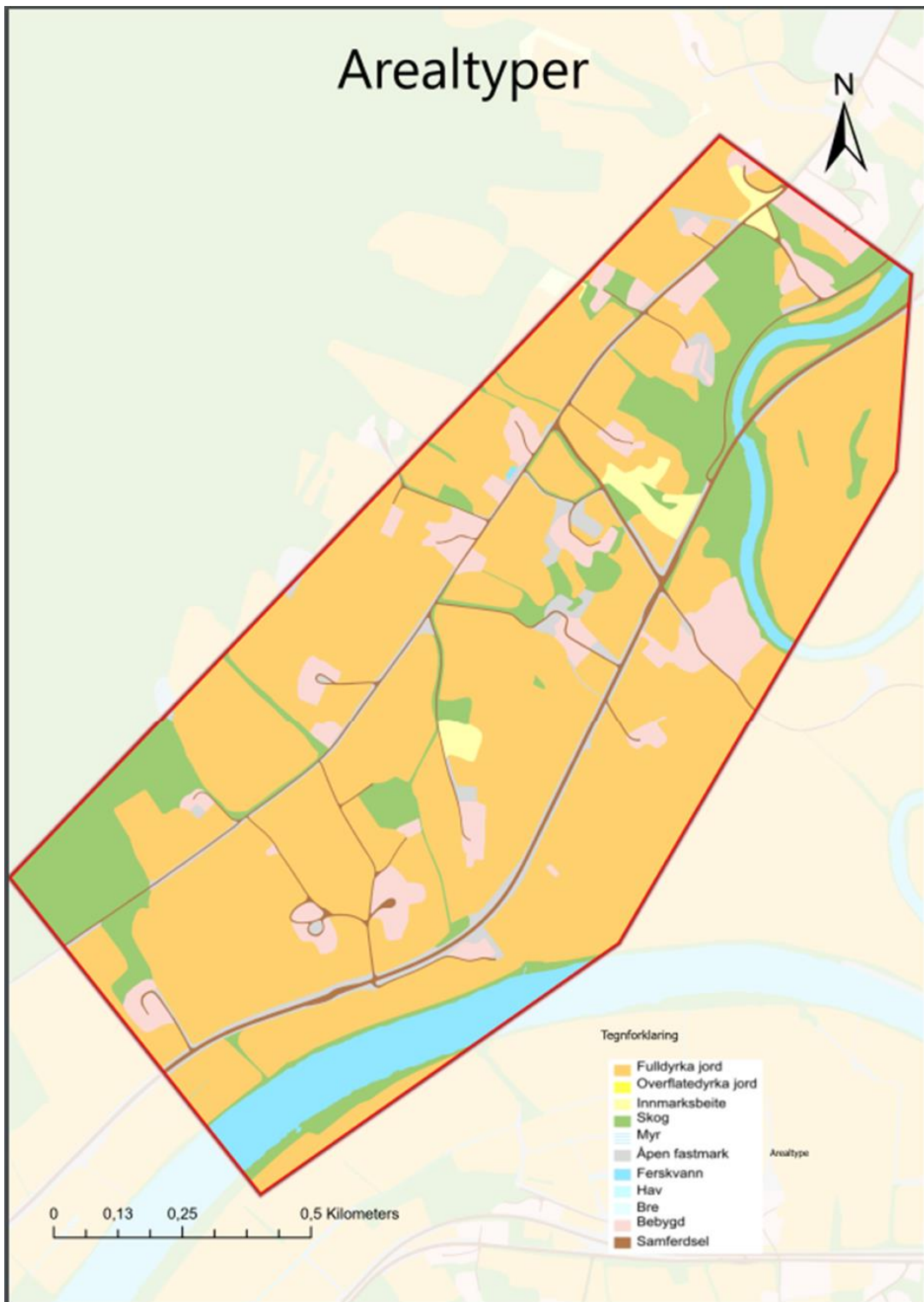


# INNGREPSOMRÅDE



Figur 13: Inngrepsområde





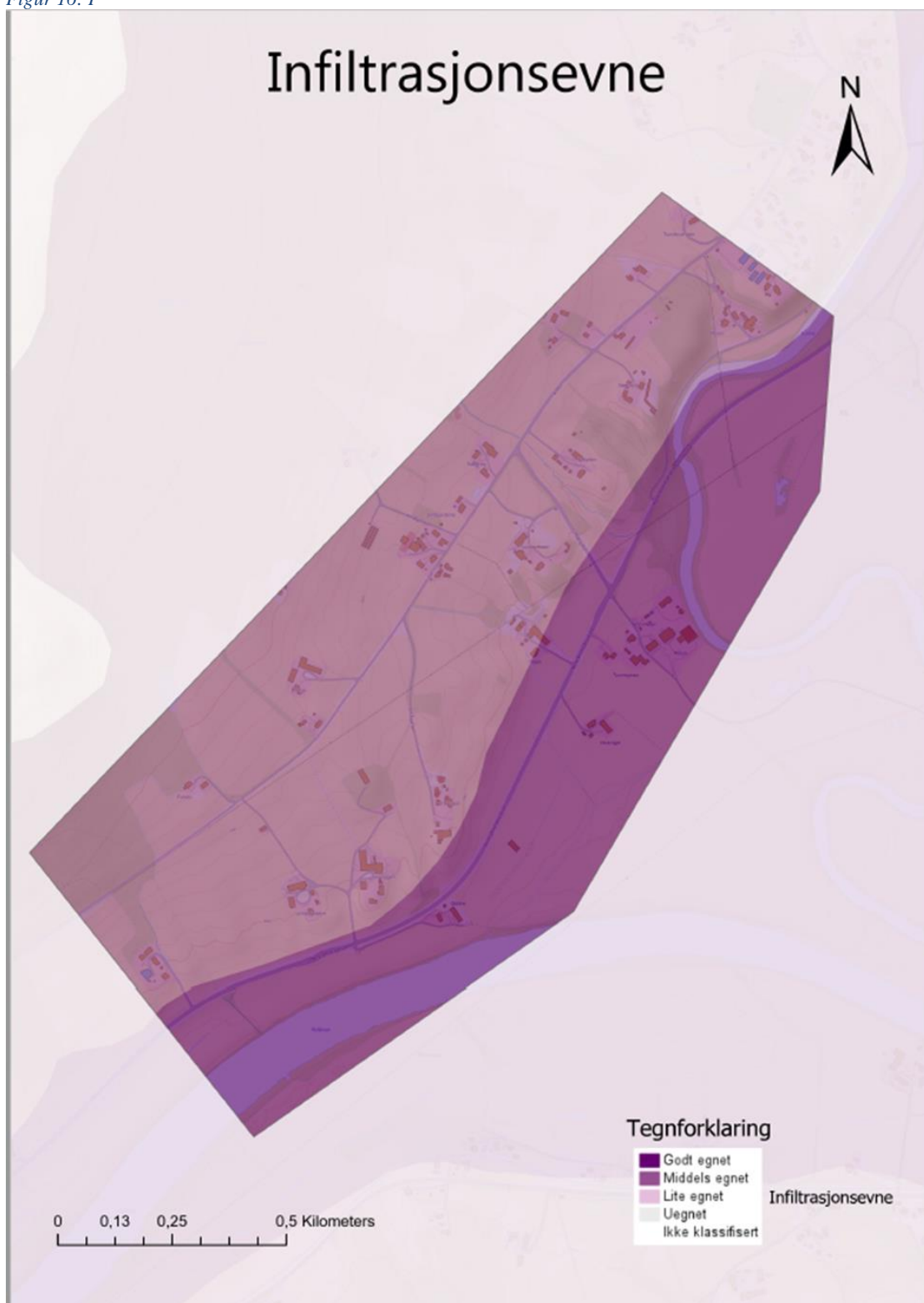
Figur 14: Arealtyper



Figur 15: Løsmassekart



Figur 16: I



*nfiltrasjonsevne*



Figur 17: Helning



Figur 18: Flomfare

# 4 Metode

I arbeidet med å finne ut hvilken renseløsning(er) som vil være best egnet for Smågarden er det blitt brukt ulike forskningsopplegg. For å danne seg bilde av hvilke forutsetninger som lå til grunn for valgene av avløpsløsning(er) ble eksisterende løsninger undersøkt ved en gjennomgang av e-mail med informasjon om renseløsningene til grunneierne. For å fastslå områdets infiltrasjonsevne ble det foretatt grunnundersøkelser i form av infiltrasjonstesting og en sikteanalyse. For å legge ledningen i terrenget ble det i tillegg til stedlige observasjoner av terrenget benyttet dataverktøy for å analysere området. Dimensjoneringen av avløpsledningen ble gjort på bakgrunn av beregninger gjort på antall personekvivalenter i området.

## 4.1 Undersøkelse av infiltrasjonsmulighetene

### **Kartlegging av nåværende infiltrasjonsanlegg**

I forbindelse med kartleggingen av spredt avløp i Tynset kommune ble det i 2012 sendt e-mail fra kommunen til grunneiere for å kartlegge tilstanden på daværende renseløsninger. Resultatene for Smågarden er brukt i min analyse. Et eksempel på e-mailen ligger i vedlegg 10. Brevene ble gitt til undertegnede av avdelingsingeniør i Tynset kommune Bjørn Magne Brekken, som også bidro med supplerende betraktninger rundt innholdet i mailene. De 26 brevene inneholdt detaljer rundt hvilken tilstandsklasse anleggene fant seg i. Anleggene ble delt inn fra klasse 0-2, hvor kriteriene for bedømmelsen var gitt ved følgende parametere;

Klasse 0. Anlegg bygget og godkjent etter 1985 (beregnet rensegrad 90%), tømmes 2. hvert år

Klasse 1. Anlegg bygget og godkjent før 1985 (beregnet rensegrad 50%), tømmes 2. hvert år

Klasse 2. Eldre anlegg uten godkjenning og med feil/mangler ved slamavskiller og/eller infiltrasjonsanlegget (beregnet rensegrad 20%), tømmes hvert år

Brevene begrunnet hvorfor de respektive anleggene ble plassert i den klassen de gjorde ved at årsaken ble oppgitt. Videre fortalte brevene ved en ja/nei bedømmelse om infiltrasjonsanleggene var godkjente i henhold til dagens regelverk som er gjort rede for under delkapittel 1.3.4 Reguleringer. Informasjonen ble deretter tolket ved hjelp av en slags

kvantitativ metode ved at den innsamlede informasjonen ble satt i diagrammer og dermed brutt ned til analyserbart tallmateriale (Oppbyggingen av oppgave, 2018).

### **Infiltrasjonstesting**

For å bedømme infiltrasjon som rensemetode ble det gjennomført infiltrasjonstesting for å øke validiteten på resultatene ved å konstruere muligheten til å gjennomføre en slags mini-metaanalyse (Metaanalyse, 2017).

Testingen av jordmassene ble gjort ved å følge veiledning gitt i Va-miljø blad nr.59 og Norsk Vann rapport 179.

Når infiltrasjonsanlegg skal bygges er det nødvendig å gjennomføre en kornfordelingsanalyse. Det gjøres ved at man tar en jordprøve som siktes. Apparatet AS 200 control skiller massen ved hjelp av vibrasjoner slik at prøven blir separert etter kornstørrelser. Resultatet fremstilles i et diagram for kornfordeling (vedlegg 8). Diagrammet gir massens sorteringsgrad og middelkornstørrelse som settes inn i infiltrasjonsdiagram (vedlegg 11). Diagrammet plasserer jordprøven i klasse 1-4 som indikerer hvor god vannledningsevne massen har. Infiltrasjonsklassene er definert i vedlegg 12.

Det ble gjort en kornfordelingsanalyse på to områder basert på undersøkelse av infiltrasjonskartet figur 17. Kartet deler området inn i to, hvor den øvre delen betegnes som «godt egnet» og den nedre delen betegnes som «middels egnet». Dermed ble det besluttet å gjøre en analyse fra hver av de to sonene. Svakheten ved en slik fremgangsmåte er at resultatet fra de to områdene hvor prøven er tatt vil bli representativt for et stort området. Det setter resultatene fra undersøkelsen i en liten parentes, som en bør ta med seg i bedømmelsen av resultatene.

På bakgrunn av resultatene i kornfordelingsanalysen ble det nødvendig å foreta en infiltrasjonstest for å bedømme jordas vannledningsevne mer presist. Infiltrasjonstesten gjennomføres ved at det benyttes et infiltrometer. Infiltrometeret måler jordas vannledningsevne ved at en beregner seg frem til vannets synkehastighet. Det gjøres ved å dele antall cm vannstanden inne i infiltrometeret har sunket med måletiden.

Funnene som ble avdekket i kornfordelingsanalysen og infiltrasjonstesten blir presentert i resultatdelen i kapittel 5. Resultatene gjør det mulig å fastslå jordas vannledningsevne.



Resultatene i kartleggingen av nåværende infiltrasjonsanlegg og infiltrasjonstesting vil sammen utgjøre grunnlaget for vurderingen av infiltrasjon som rensemetode.

## 4.2 Dimensjonering av komponentene i avløpsnett

Det var viktig å komme frem til dimensjonene i avløpsnett for å kunne slå fast om komponentene i avløpsnett ville oppnå selvrensing i strekninger som gjorde det utfordrende å bevare fall som følge av det kupert terrenget i området.

Beregningsfremgang og relevant teori finnes i underkapittel 2.5 og 2.6 i teorikapittelet. Under følger en oppsummering av metoden og enkelte vurderinger gjort i forbindelse med beregningene.

Før det kan beregnes dimensjon for avløpsledningene må det bestemmes hvilke avløpsmengder ledningen/nettet beregnes for. Utgangspunktet for beregningene er enkel matematikk som baserer seg på faktorer for ulike variasjoner blir multiplisert med estimerte avløpsmengder. Beregningene gjort i denne oppgaven er gjort etter VA-blad nr.115 og Norsk Vann rapport 193.

Husstandenes vannforbruk blir ofte lagt til grunn når avløpsmengden beregnes. Der er de to veilederne relativt enige i sine anslag hvor VA-blad nr.115 foreslår at man bruker 150 l/p\*d om det ikke er målt andre verdier. Rapport 193 antyder 160 l/p\*d. For skjærspenningsberegningene benytter oppgaven det mest pessimistiske anslaget, 150 l/p\*d. For dimensjoneringen av avløpsledningen benyttes 160 l/p\*d. Det gjøres ved at i beregningene av Maksimalt ( $q_{maks\ dim}$ ) og minimalt ( $q_{min\ dim}$ ) spillvannstilløp;

$$q_{maks\ dim} = \frac{q_{d\ middel} \cdot p \cdot f_{d\ maks} \cdot k_{maks}}{3600 \cdot 24} + q_{ind} + \frac{q_{infiltrasjon} \cdot p}{3600 \cdot 24}$$

Figur 19:  $q_{maks}$

$$q_{min\ dim} = \frac{q_{d\ middel} \cdot p \cdot f_{d\ min} \cdot k_{min}}{3600 \cdot 24}$$

Figur 20:  $q_{min}$

Område type	$f_{maks}$	$f_{min}$	$k_{maks}$
Byer med mer enn 10 000 pe	1,3-1,8	0,5-0,9	
Tettsted med mer enn 3000 pe	1,3-2,1	0,6-0,8	1,4-2,7
Tettsted med 1000-3000 pe	1,5-2,3	0,5-0,6	1,7-3,0
Fritidsområder, campingplasser etc	2,0-4,0		2,0-4,0

Figur 21: Variasjonsfaktorer

Figur 24 viser variasjonsfaktorer hentet fra VA-blad nr.115. For å øke reliabiliteten på utregningene ble en sekundær metode brukt for anslå spillvannstilløpet: Rapport 193 oppgir tabell som ett alternativ for spillvannsberegninger for avløpssystem på mindre enn 1000 personer. VA-blad nr.115 sin tabell i figur 25 gir i oppgavens tilfelle lik avlesning.

Figur 22 figuren viser maksimalt avløp i liter per sekund i årets mest forbrukende time.



To, eller tre metoder (om man skiller på  $q_{maks}$  og  $q_{min}$ ) å regne seg frem til spillvannsforbruket på øker validiteten i utregningene og gir resultater og sammenlikne.

### Dimensjonering av avløpsledningen

«En vanlig problemstilling er at en ønsker å beregne den nødvendige diameteren på en ledning for å kunne frakte en viss mengde vann en viss lengde - og hvor en har til rådighet et gitt fall som brukes til friksjonstapet som oppstår ved denne vanntransporten. Vannføringen innstiller seg på en slik mengde som gjør at falltapet tilsvarer fallet (stillingsenergien) som er til rådighet. Ser vi på Darcy-Weisbachs likning, ser vi at i et slikt tilfelle er både diameter og hastighet ukjent. Det er da to ukjente og en likning. Vi må da kombinere to likninger slik at vi har to likninger og to ukjente.» (Ødegaard,2014).

Figur 26 viser Darcy Weisbachs og kontinuitetslikningen skrevet sammen.

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}, \text{ eller } h_f = \frac{8 \cdot f \cdot L \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot D^5 \cdot g} \text{ ved innsetting av } v = Q/A$$

Figur 23: Darcy weisbach og kontinuitetslikningen

Fra høydeprofiler fikk vi lengde (L) og falltap(h<sub>f</sub>) for ledningsstrekket vårt. Når vi også har beregnet vannføringen Q tidligere er det eneste vi mangler friksjonsfaktoren f for å beregne dimensjonen.

Den finner vi ved å bruke ett Moodys Diagram, vedlegg 1. For å finne f ved hjelp av Moodys diagram må vi anta en diameter, og velge oss en ruhet k. Da kan vi regne oss frem til relativ ruhet k/D. Ved 20 grader sier norsk vann man kan bruke viskositet 10<sup>-6</sup>. Når man kjenner farten, diameteren og viskositeten kan man regne seg frem til Reynolds tall ved sammenhengen Re=(D\*V)/viskositet. Med reynoldstallet og den relative ruheten kjent kan f leses av i Moodys diagram.

Diameteren kan også bestemmes ved avlesning av Colebrooks diagram for k=0,5 i vedlegg 31. I vårt tilfelle kjenner vi vannføringen og trykktapet i promille.

## Selvrensende avløpsledninger

Beregningene ble gjort etter veiledningen gitt i Miljø blad nr. 79. Den slår fast at:

”Ved fall mindre enn 10 ‰ skal det dokumentere selvrensing via skjærkraftberegninger. Endeledninger skal vurderes spesielt i forbindelse med selvrensing. Det er viktig å ikke få motfall og svanker ved legging av ledninger. Toleransekrav til legging er derfor viktig, og finnes i NS 3420, kapittel H.3” (VA/Miljøblad nr 79/2008).

Fremgangsmåten og teorien bak beregninger av skjærspenninger er presentert i teorikapittelet under 2.7 selvrens. Det ble gjort skjærspenningsberegninger for to strekninger.



## 4.3 Beslutningsmatrise

Summen av den innhøstede informasjonen som vil utgjøre grunnlaget for hvilken caseløsning oppgaven peker på vil være svært ulik. Oppgaven har samlet inn forskjellige typer informasjon som det ikke vil være mulig å sammenlikne ved en oppstilling av tall eller en utregning man kan sette to streker under. Derfor har det blitt besluttet å benytte seg av en beslutningsmatrise som vil gi de ulike caseløsningene en karakter basert på måloppnåelse i kategoriene Pris/LCC, miljø og teknisk kvalitet. Karakterskalaen vil være 1-3 og vil bli satt på bakgrunn av hvordan løsningen rangeres i forhold til de andre løsningene.

	PRIS/LCC	MILJØ/SAMF. PERSPEKTIV	TEKNISK KVALITET
CASELØSNING 1			
CASELØSNING 2			
CASELØSNING 3			

Tabell: 1

### Pris/LCC

Karakteren vil bli satt ut i fra hvilken løsning som blir den billigste ut i fra beregningene som er gjort på investeringskostnad og livsløpsanalyse. Den løsningen som medfører minst totale kostnader vil få den beste karakteren.

### Miljø/samfunnsperspektiv

Denne karakteren vil baseres på betraktninger gjort av forfatteren underveis i prosjektet. Arbeidet med oppgaven har inkludert lesing av rapporter, oppgaver, artikler, pensumbøker og samtaler med samarbeidspartnerne i kommunen. Dette informasjonsgrunnlaget vil være sentralt når karakteren skal fastsettes.

### Teknisk kvalitet

Under teknisk kvalitet vil kvaliteten på løsningen bli vurdert ut ifra forventingen om at en ny løsning vil skape minst mulig ulemper for grunneierene og kommunen i levetiden. Det betyr at resultatene fra undersøkelsen av infiltrasjonsmulighetene vil bli tatt med i vurderingen. Under teknisk kvalitet vil også beregningene av selvrensing bli tatt med i betraktningen.

## 4.4 Gemini Terreng

«Gemini terreng er et allsidig 3D-verktøy som dekker oppgaver innen planlegging, prosjektering og utføring.»

Programmet har vært til stor hjelp ved å bestemme høyder og bedømme terrengformasjoner i tidlig fase av prosjektet. Terrengdata ble bestilt fra kartdata.no. Det gjøres ved at en klipper ut det området man vil ha inne på kartdata og importerer dette inn i Gemini. Området plasseres deretter inne i programmet slik at det ligger med riktige x,y og z koordinater. Dermed har programmet en modell av området som kan redigeres og undersøkes i 3D.

Senere i prosjektet ble programmet brukt i utarbeidelsen av trasealternativer ved hjelp av funksjoner som gir lengder, lengdeprofiler eller lager 3D-modeller.

# 5 Resultater

## 5.1 Undersøkelse av infiltrasjonsmulighetene

I følgende underkapittel vil resultatene i undersøkelsene av eksisterende rensemetoder, kornfordelingsanalysen og infiltrasjonstesten presenteres.

### 5.1.1 Kartlegging av nåværende infiltrasjonsanlegg



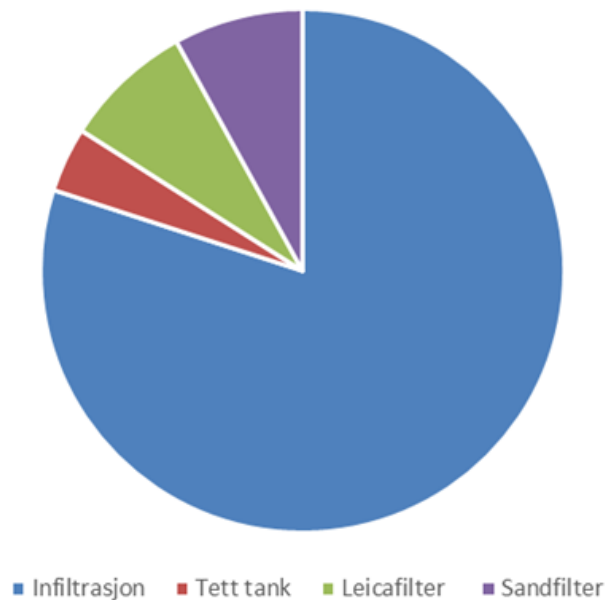
Figur 24: Tilstandsklasser på renseløsningene

Klasse 0: 4 anlegg

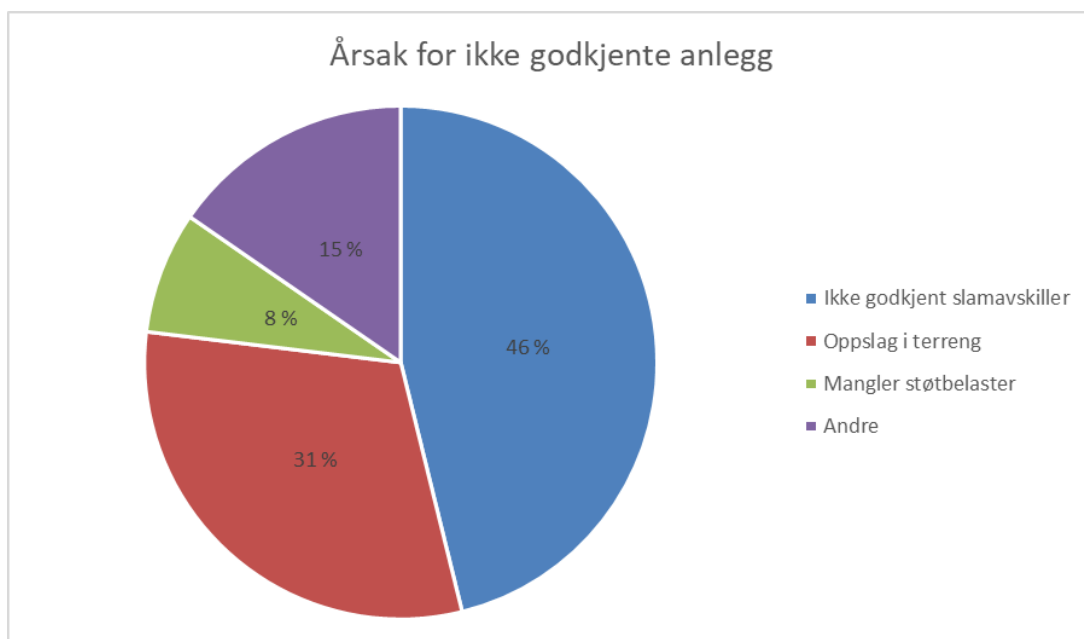
Klasse 1: 7 anlegg

Klasse 2: 15 anlegg

Ikke godkjente anlegg: 18



Figur 25: Type renseløsninger i området



Figur 26: Årsak for ikke godkjente anlegg

Årsakene til at anleggene ikke blir godkjente varierer. I enkelte tilfeller kan det være treg infiltrasjon, utløp/oppslag i terreng eller manglende støtbelaster. Der er også anlegg som mangler godkjent slamavskiller, og de er gamle med utslippstillatelser gitt på 1970-tallet. Enkelte av anleggene har også utslippstillatelser av nyere dato.

## 5.1.2 Infiltrasjonstesting

### Sikteprøveresultater

	D60	D10	Sorteringsgrad(So)	Middelkornstørrelse	Infiltrasjonsklasse*
<b>Jordprøve 1</b>	0,547	0,029	18,86	0,2	1
<b>Jordprøve 2</b>	0.457	0,03	15,23	0,224	1

\*infiltrasjonsklassen finnes ved å bruke sorteringsgraden og middelkornstørrelsen i vedlegg x.

### Infiltrasjonstestresultater

Fordi begge jordprøvene fra sikteanalysene ble plassert i infiltrasjonsklasse 1 ble det gjennomført en infiltrasjonstest for å bestemme vannledningsevnen. Fordi begge prøvene ble plassert i klasse 1 og var relativt like ble det kun gjennomført 1 infiltrasjonstest.

	Synkelengde (cm)	Tid (min)	Omregningsfaktor*	Vannledningsevne (m/døgn)
<b>Test 1</b>	16	21	1,4	1,06

\*Omregningsfaktor justert for areal og enhet.

*Utregnet og gjort om til m/døgn*

*16 cm på 21 min = 0,76 cm/ min*

$$0,76 * 1,4 = 1,06 \text{ m/døgn}$$

## Dimensjonering og beregning av komponentene i avløpsnett

### 5.1.3 Dimensjonerende spillvannstilløp

Metode	Personer	Qd middel l/p*d	Fmaks	fmin	kmaks	Dimensjonerende spillvannstiløp (l/s)
Formel maks	130	160	4		2	1.92
Formel min	130	150		0,5		0,1
Diagram	130	150				6

### 5.1.4 Dimensjonering av avløpsledningen

#### Friksjonskoeffisienten $f$ med Moodys diagram

➔  $k = 0,5$

➔  $Vannføring = 6 \text{ l/s}$

➔  $\text{Bruker diameter funnet i coolebroks} = 150\text{mm}$

➔  $k/D = 3,33 * 10^{-3}$

➔  $\text{Viskositet} = 10^{-6}$

➔  $Re = 1,05 * 10^5$

Ved å lese av Moodys diagram med valgte tallverdier ender vi opp med  $f = 0,0255$

#### Diameterberegning

$$D^5 = \frac{f * L * Q^2 * 8}{g * \pi^2 * h_f}$$



$h_f = 8$  meter



$L = 934$  m



$Q^2 = 6 \text{ l/s} = 0,006 \text{ m}^3/\text{s}$



$f = 0,0255$

Ved utregning med valgte tallverdier ender vi opp med en diameter  $D = 185$  mm

### Selvrensening for kritiske ledningsstrek

	Ledningsstrek 1	Ledningsstrek 2
Lengde (m)	934	296
Fall	8,56 promille	4,8 promille
Diameter (mm)	160	160
$Q_{\text{dim maks}} \text{ (m}^3/\text{s)}$	0,006	0,006
$V \text{ (m/s)}$	1,026	0,768
$Q_{\text{fylt}} \text{ (m}^3/\text{s)}$	0,021	0,015
$\frac{h}{D}$	0,42	0,5
$T_{\text{fylt}} \text{ (N/m}^2)$	3,4	1,98

Tabell 5: Selvrensning for viktige strekk

Beregner skjærspenning langs bunnen med formel:

$$\tau_{maks} = \tau_{fylt} * 4 * \frac{h}{D} * (1 - \frac{h}{D})$$

*For «Ledningsstrekk 1» er skjærspenning langs bunnen  $\tau_{maks} = 3,3 \text{ N/m}^2$*

*For «Ledningsstrekk 2» er skjærspenning langs bunnen  $\tau_{maks} = 1,98 \text{ N/m}^2$*

## 5.1.5 LCC

### Nåverdi investeringskostnader

Nåverdi er dagens verdi av fremtidige kontantstrømmer. Ved å omregne fremtidige beløp til nåverdi (diskontere) vil kostnadene skal være sammenlignbare. Nåverdi av fast årlig kontantstrøm finner en ved brøken;

$$NV = Kn * \frac{1}{(1+r)^n}$$

Brøken er annuitetsfaktor som viser nåverdi av kr 1. Gitt forutsetning 3% p.a i 25 år gir faktor 17,4131.

Caseløsning 1 med årlig kostnad kr 55.000,- x 17,413148 = nåverdi kr 957.723,-.

Caseløsning 2 med årlig kostnad kr 30.000,- x 17,413148 = nåverdi kr 522.394,-.



# 6 Diskusjon og analyse

## 6.1 Undersøkelse av infiltrasjonsmulighetene

### 6.1.1 Kartlegging av nåværende infiltrasjonsanlegg

Området har i stor grad benyttet seg av infiltrasjon som rensemetode. Kartleggingen beviser at flere av disse er i dårlig stand, og har ett behov for oppgradering. Årsakene varier og gir dermed ulike indikasjoner på hva den bakenforliggende årsaken til problemet er. Tolv av anleggene har ikke godkjent slamavskiller. Det fremgår ikke i undersøkelsen hvilket årstall disse slamavskillerene er fra. Men en av årsakene kan være at mange av anleggene er gamle, og ikke har fornyet slamavskillerene i takt med skjerpede retningslinjer. I alle tilfeller må problemet kategoriseres med for dårlig tilsyn/vedlikehold av anlegget. Åtte anlegg er ikke godkjent som følge av oppslag i terreng. Det er en indikasjon på at rørene i infiltrasjonsgrøftene er tette. Ulike årsaker kan ligge til grunn for dette. Massene som ligger rundt rørene kan pakke seg slik at vann ikke slipper ut. Avløpet kan ha for lav hastighet slik at lite av infiltrasjonsarealet blir benyttet og den hydrauliskekapasiteten dermed ikke er tilstrekkelig. Støtbelaster være en løsning på ett slikt problem, men som undersøkelsene viser er det kun to av anleggene som har slamavskiller som årsak for ikke godkjent anlegg.

### 6.1.2 Infiltrasjonstesting

#### Sikteprøver

Prøvene ble tatt ut ifra indikasjonene på infiltrasjonskartet. Hadde oppgaven gitt mulighet til det ville det ha vært en fordel med flere sikteprøver på flere områder hvor infiltrasjon var en aktuell renseløsning.

Resultatene var uansett tydelige. De forteller at massene i området er nokså like, og at infiltrasjonskartet dermed ikke stemmer for området. I følge resultatene er begge prøvene usorterte masser (sorteringsgrad under 30). Jordartene kan beskrives som siltig grusig sand til siltig sand. Dermed domineres området av jordmasser som er finstoffrike og dårlig sorterte, og kan derfor plasseres i felt 1 i infiltrasjonsdiagrammet. Det medfører at massene defineres

som «masser med lav vannledningsevne», og at massens ifiltrasjonskapasitet må bestemmes med en infiltrasjonstest (VA/Miljøblad nr 59/2018).

### Infiltrasjonstest

Infiltrasjonstesten ble gjort på samme sted som jordprøve 1 ble tatt. Av de to jordprøvene var jordprøve 1 marginalt mer lovende enn jordprøve nummer 2. Jordprøve 2 hadde minimalt større middelkornstørrelse, mens jordprøve 2 viste en noe bedre sorteringsgrad. Relativt sett to like prøveresultater, men det ble altså besluttet å kjøre infiltrasjonstesten ved jordprøve 1.

Vannledningsevne fra infiltrasjonsprøven ble 1,06 m/døgn. I henhold til Va Miljøblad nr.59 har målinger med vannledningsevne 1-2 m/døgn en infiltrasjonskapasitet for avløpsvann på 6 liter per m<sup>2</sup>/døgn (VA/Miljøblad nr 59/2018).

Figur 26: Bildet fra infiltrasjonstesten viser at prøven ble tatt på vinterstid. Gravemaskin ble brukt for å rydde vekk de øverste lagene med snø og terrengmasse. Spade ble brukt på den siste 25\*25 cm for å være sikker på at det ikke var frost i bakken.



Figur 27: Gravemaskin ble brukt for å fjerne snø og det øverste jorlaget før infiltrasjonstesten.

Totalt sett gjør 6.1.1 Kartlegging av nåværende infiltrasjonsanlegg og 6.1.2

Infiltrasjonstesting til ett lite attraktivt alternativ. Eksisterende infiltrasjonsanlegg er av varierende kvalitet, sikteprøvene og infiltrasjonstesten ga negative resultater. «Jordmassene der infiltrasjonsfilter planlegges skal ligge i klasse 2, 3 eller 4 infiltrasjonsdiagrammet eller ha vannledningsevne på mer enn 2 meter per døgn»( Norsk Vann Rapport, nr 178/2010).

Påstanden forsterker dette inntrykket.. Va- blad. Nr 59 karakteriserer imidlertid ikke massen som lite egnet før vanledningsevnen er mindre enn 1 m/døgn. Det kan også argumenters imot testene fordi det er for få. Også undersøkelsene i 6.1.1 kunne vært gjort annerledes. Det kunne vært interessant å vite hvor anleggene som ga utslag i terrenget befant seg. Da kunne det vært

sett etter en sammenheng mellom plassering og utslag i terrenget. Det kunne gitt en pekepinn på hvor utvidet testing av infiltrasjon kunne vært gjort.

### 6.1.3 Vurdering av infiltrasjon og miljø

For anlegg mindre enn 50 PE rapporteres det ikke reelle målinger av renses effekter. Derfor er det vanskelig å fastslå med sikkerhet i hvilken grad infiltrasjon er ett problem for miljøet.

Parameter	Renseeffekt	Konsentrasjon
Fosfor (tot-P)	> 90 % <sup>1)</sup>	< 1,0 mg/l
Organisk stoff (BOF <sub>5</sub> )	> 90 %	< 20 mg/l
Nitrogen (tot-N)	30 – 50 % <sup>1)</sup>	< 50 mg/l
Bakterier (E.coli)	99,99 – 99,9999 % <sup>2)</sup>	< 100/100 ml

Tabell 6: Forventet renses effekt

Av tabell 6 ser vi at den forventede renses effekten av både fosfor og organisk stoff i «egne løsmasser, riktig dimensjonering og riktig utforming» er innenfor kravene definert i tabell 1. Enkelte kilder trekker imidlertid jordas evne til å binde fosfor over tid i tvil (Mæhlum (2017)). En undersøkelse som hadde til hensikt å kartlegge jordas fosforbindingsevne kom frem til at jordas metningspunkt for fosfor ble nådd i løpet av 15-20 år. Funnene støttes av en annen undersøkelse som undersøkte den langsiktige fosfor fjerningen i anlegg i alderen 14-22 år. Undersøkelsen fant en langsiktig renses grad på gjennomsnittlig 12% fjerning av fosfor for anleggene i undersøkelsen (Eveborn, 2012).

Mæhlum konkluderer forøvrig i sin rapport med at «I Norge er det generelt gode erfaringer med infiltrasjon som renses metode. Infiltrasjon regnes som en robust metode som tåler variasjoner i hydraulisk belastning og oppnår god rensing på mange viktige parametere. Der det er egne jordmasser, vil infiltrasjonsanlegg som er dimensjonert og utformet tilfredsstillende ha lang levetid. Undersøkelser av eldre anlegg, etablert før 1985, viser at anleggene ofte er plassert på dårlige egne masser, har for lite areal eller mangelfull utforming i forhold til dagens krav og retningslinjer.» (Mæhlum (2017)). Litteraturen er dermed ikke ensartet negativt til infiltrasjon.

Litteraturen er vag rundt hva «egne løsmasser» er. Derfor kan ikke resultatene fra infiltrasjonstesten og sikteprøven som viste at massene hadde dårlig vannledningsevne også konkludere med at den har lav renses effekt på for eksempel fosfor. Derimot kan

undersøkelsene gjort av de eksisterende renseløsningene indikere at jordforholdene ikke er optimale for infiltrasjon. Men heller ikke disse resultatene kan tillegges for stor vekt fordi undersøkelsene ikke spesifiserer årsakene til utslag i terreng. Årsaken *må* ikke være lite egnede masser.

Dermed kan ikke rapporten komme med en konkret konklusjon på om infiltrasjon er en dårlig løsning for miljøet. Forøvrig kan det kommenteres at ingen av rapportens undersøkelser satte et positivt fortegn rundt infiltrasjon som rensemetode.

## **6.2 Dimensjonering og beregning av komponentene i avløpsnett**

### **6.2.1 Spillvannstilløp**

I beregningene for spillvannstilløp ble det tre relativt forskjellige svar. Som det også nevnes i metode delen, anbefaler både norsk vann rapport 193 og va blad nr.115 og benytte seg av diagram ved beregning av spillvannsmengder for områder med mindre enn 1000 pe. Derfor ble det også den avlesningen, 6 l/s som ble brukt i videre beregninger for dimensjonering av avløpsledningen og skjærspenningsberegninger. De to siste beregningene blir ikke brukt videre i oppgaven for noen praktiske formål

### **6.2.2 Dimensjonering av avløpsledningen**

Darcy-Weisbachs ved hjelp av Moodys diagram ga 185 mm. Endrede parametere som for eksempel fall kunne gitt andre resultater. Fallet på 6 i promille er hentet fra vedlegg 6 og beregnet fra profil nr. P700 til 1550. Større fall ville gitt enda mindre dimensjoner, og i mange tilfeller på nettet ville det ha vært vel så representativt. En annen årsak til at beregningen er gjort på denne strekningen er at vannføring på 6 l/s er gjort for 130 personer, den vannføringen vil være mer representativ desto lengere ned i nettet enn kommer.

Til tross for beregningene som gir 185mm, ble det besluttet å benytte 160mm i beregningene av skjærspenninger. Det ble gjort fordi dette er kommunens foretrukne dimensjon. Den ble også benyttet i pågående prosjekt på Tynset av lignende karakter.

## 6.3 Utarbeidelse av alternative avløpsløsninger

Arbeidet med å finne en avløpsløsning har innebåret bruk av flere metoder for å komme frem til de ulike resultatene. Det er blitt undersøkt hvordan infiltrasjon er som rensemetode for området, kartlagt hvilke mengder avløpsvann området kan generere og hvilken ledningsdimensjon som er nødvendig for å håndtere denne avløpsmengden. I tillegg til dette er det blitt samlet inn økonomiske anslag for både hvor mye kommunen kan pålegge sine innbyggere å bidra med ved utbygging og hvor mye de forskjellige komponentene i avløpssystemet vil koste. Deretter er en ledning blitt plassert i terrenget med hensyn på disse økonomiske anslagene og de rent faktiske forhold i terrenget.

For komponentene i avløpssystemet er det blitt brukt erfaringsbaserte tall. Priser for per meter grøft er basert på ett pågående prosjekt på Tynset av liknede karakter og omfang. For å komme frem til prisen ble totalbeløpet på prosjektet delt på antall meter. Vegkryssinger i dette prosjektet ble trukket fra regnestykket. Prosjektet baserte seg kun på ett system bestående av selvfallsledning. Derfor ble det hentet inn supplerende priser på infiltrasjonsanlegg, pumpestasjon og vegkryssing. Arbeidet må kunne karakteriseres som noe overfladisk fordi det ikke er gjort noen stedlige undersøkelser eller beregninger for å underbygge prisoverslagene. Spesifikasjonene for pumpen kunne for eksempel ha vært beregnet slik at pris for pumpe med riktig kapasitet ble brukt i beregningene. Grøftepris kunne vært sammenliknet i forhold til dybder. Ville det blitt mer eller mindre massehåndtering? Pris for infiltrasjonsanlegget ble anslått av Øystein Bekkevold som har erfaring med prosjektering og bygging av infiltrasjonsløsninger. Bekkevold beskriver selv anslagene som beskjedne. Den beskrivelsen understøttes av estimerer funnet i rapport om «Kostnader ved ulike typer infiltrasjonsanlegg», som estimerer høyere investeringskostnad enn den lagt til grunn i denne oppgaven (Hanserud, Refsgaard, 2012)

I arbeidet med kapittelet om casebeskrivelsen ble det utarbeidet en rekke diagrammer som utredet terrenget på ett overordnet nivå. Videre ble det gjort undersøkelser i terrenget sammen med Bekkevold som kunne bidra med nyttige opplysninger i form av eventuelle tilknytningspunkter og tanker rundt hvor nettet kunne ligge. En oppsummering av befaringen og en skisse av potensiell løsning drøftet på befaringen ligger i vedlegg 13 og 3.

Videre ble dataprogrammet Gemini brukt for å legge ledningen i terrenget. En av mulighetene programmet gir er å legge høydekoter som bakgrunn for høydefereansene. Denne funksjonen var til god hjelp når ledningen skulle plasseres. Ledningen ble lagt langs kvoter i terrenget. Underveis ble det laget lengdeprofiler for dobbeltsjekke at traseen ga fall. Verktøyet for lengdeprofiler ga også en mulighet for å legge til ekstra linjer inne i profilet. Dermed kunne hypotetiske ledninger plasseres inne i profilene. Ett nyttig verktøy for å finne ut hvilket fall en ledning må ha og se hvor mye overdekning det gir. Et eksempel på ett lengdeprofil med plassert ledning ligger i vedlegg 2.

Dette dannet grunnlaget og ga verktøyet for å tolke det for å utarbeide tre alternative caseløsninger for avløpshånderingen i Smågardan.

## Caseløsning 1

Befaringen i vedlegg 13 indikerte at det kunne være ett alternativ å følge grusvegen fra Smågardan med en selvfallsledning til gården Mælan. Det alternativet ble senere forkastet. Om man studerer lengdeprofilet i vedlegg 14 ser man at terrenget når en bunn, før det igjen stiger og fortsetter relativt høyt før det når gården Mælan. For å bevare fallet i ledningen ville grøften representert et betydelig inngrep. Dybden på en slik grøft vil være avhengig av om arbeidet kan ta i bruk tele som rassikring for å unngå vesentlige gravearbeid. Det ble derfor sett etter alternativer, en vurdering understøttet av Øystein Bekkevold.

Nærmere undersøkelser av terrenget avdekket en naturlig kløft i terrenget, se vedlegg 4 profil nr. 500-600. Muligheten befestet seg som ett alternativ når det ble klart at samtlige eiendommer nord for Nebylia også kunne tilknyttes ledningen med selvfall med denne løsningen. Eiendommer ved profilnummer 1, 300 og 500 kunne også tilknyttes på enklere måte ved denne løsningen. Gravearbeidet vil være relativt ukomplisert fra P0 til P500. Derfra og ut blir det noe mer krevende. Det må foretas hogst i kløften. Arbeidsområdet er smalt langs vegen fra P700-OPRINNELIG KUM, noe som kan gjøre massehåndteringen utfordrende.

Post	Enhetspris/m (stk)	Mengde	Sum
PE Pumpeledning	500	0	0
160 PVC	1100	1146	1260600
Felles PE 110/160 PVC	1400	0	0
Pumpestasjon	500000	0	0
Kryssing av vei	120000	0	0

Stikkledning	800	767	613600
Sum			1874200
Infiltrasjonsanlegg	130000	11	1430000
Nåverdi investeringskost			957723
Sum ink.infiltr anl og nåverdi inv.kost			4261923
Husstander			17
Sum pr husstand			250701

Tabell 7: LCC Caseløsning 1

## Case-løsning 2

På ett tidlig tidspunkt i prosjekteringen ble det klart at om eiendommer lengst sør og på utsiden av RV3 skulle kobles på ett fellessystem ville det bli behov for en pumpestasjon. Eksisterende pumpestasjon ved Mælan ligger for høyt i forhold til at disse eiendommene kunne blitt koblet til med selvføll. Det ble undersøkt mulighetene for å flytte nåværende pumpestasjon ved P0 vedlegg 5 lenger sørover for å unngå ervervelse av ny. Antageligvis ville fordelene ved en slik manøver blitt for få i forhold til ulempene. Arbeidet med demontering og flytting av både pumpe og pumpehus ville vært krevende og dyrt. Avløp fra denne kummen måtte også ha blitt lagt etter i selvføll ett lengere stykke fra P0-P720 i terreng som heller motsatt vedlegg 5

Plasseringen av kum rundt P720 var ett naturlig valg når man skulle sette kum på denne siden av RV3. Plasseringen gir mening på bakgrunn av høyde og plassering i terrenget. Stikkledningen fra Nebylia kan nå kummen, noe som medfører at gravearbeidet fra P460 til P0 blir lettere som følge av mindre massehåndtering langs den smale vegen. Den lave plasseringen i terrenget åpner også opp for muligheten for påkobling av eiendommer så langt sør som Lilleggrøen vedlegg 3. Utfordringen for stikkledningen fra samleikum til Lilleggrøen er at en slik ledning må ligge forholdsvis høyt i terrenget ved Lilleggrøen for å nå hele vegen til samleikum med fall. Terrenget rundt gårdene ved Lilleggrøen gjør dette til en utfordring fordi det er kupert. Gravingen av stikkledninger blir derfor knotete rundt gårdene om en skal bevare høyden som trengs for selvføllsledningen til samleikum. Høydeprofiler viser også at det kan være muligheter for å koble på eiendommer ved Stor-Mælan. Dybden på kum og påkoblingskrysset mellom 2 og 3 ,vedlegg 5, vil være avgjørende for en slik mulighet, men det skal være mulig.

Post	Enhetspris/m(stk)	Mengde	Sum
PE Pumpeledning 110	500	469	234500
160 PVC	1100	505	555500
Felles PE110/160PVC	1400	261	365400
Pumpestasjon	500000	1	500000
Kryssing av vei	120000	1	120000
Stikkledning	800	1559	1247200
Sum			3022600
Infiltrasjonsanlegg	130000	6	780000
Nåverdi investeringskost			522394
Sum ink inf.anlegg og nåverdi inv.kost			4324994
Husstander			20
Sum pr husstand			216250

Tabell 8: LCC Caseløsning 2

### Case-løsning 3

Arbeidet med å prosjektere ett avløpssystem som kan serve hele området har vært kontinuerlig og premissene har hele tiden vært under endring. Renseanlegget på Fåset er ett premiss som etter hvert preget hvordan man kunne tenke. Det viser seg at Renseanlegget er moden for utskifting. Renseanlegg som skal serve hele Fåset vil ligge i størrelsen rundt 250 PE noe som vil medføre at en her må tenke et renseanlegg med hygieniske barrierer og komponenter som vil kreve en vesentlig mengde tilsyn. I all hovedsak en kostbar investering samt et anlegg som vil komme med en årlig kostnad for kommunen. Behovet for offentlig vann vil på sikt også være tilstede.

Alternativ 3 kommer som en konsekvens av behovet for nytt renseanlegg og kommunalt vann på Fåset. Oversikten over dagens va nett (vedlegg 7) viser at kommunalt vann krysser vegen ca ved P1000, vedlegg 6. Tanken er derfor at pumpeledningen som går fra Mælan til avmerket NY PUMPESTASJON (vedlegg 6) vil bli første byggetrinn i en pumpeledning som vil strekke seg helt til Fåset slik at en med det kan unngå et nytt renseanlegg. Lengden på pumpeledningen vil være om lag 1,6 km av en ledning som totalt vil være omtrent 5 km.

For området Smågarden er dette også en god løsning, det er derfor den blir med som et alternativ. Bjørn Magne Brekken nevnte muligheten for å slippe avløp ned i terrenget via



samleledninger som en mulighet innledningsvis i prosjektet. Hvor samlekummen da skulle stå var mer uklart. Caseløsning 3 plasserer kummen på ett sted i terrenget som gjør at den kan nåes med selvfallsledninger fra hele området. Gårdene rundt Lilleggrøen får kort påkoblingsvei. Stikkledning 4, vedlegg 6, gir enkel graving for påkobling av eiendommer Furuly og Oddlia ned langs jordet figur 15.

<b>POST</b>	<b>Enhetspris /m (stk)</b>	<b>Mengde</b>
PE Pumpeledning 110	500	469
160 PVC	1100	
Felles PE 110/160 PVC	1400	1114
Pumpestasjon	500000	1
Kryssing av veg	120000	3
Infiltrasjonsanlegg	130000	
Stikkledning	800	1700
<b>Sum</b>		<b>4014100</b>
sum inkl infiltr.anlegg		
Husstander		26
<b>Sum per husstand</b>		<b>154388</b>

Tabell 9: Kostnader Caseløsning 3

## 6.4 Skjærspenningsberegninger

Fra begynnelsen i prosjektet har en av hovedutfordringene i arbeidet med å plassere ledningen i terrenget vært å finne en vei ned til kummen hos Mælan gård. Som det ble poengtert tidligere i kapitlet er terrenget kupert ned mot gården og alternativet ble derfor forkastet. Den nye løsningen P670-P1135 i vedlegg 4 ble alternativet. Utfordringen her var at om ledningen skulle komme inn i en slik høyde at pumpesummen ikke måtte senkes måtte

ledningen lavest komme inn 2,3m under terreng nivå (vedlegg2). Hvis løsningen skulle ha overdekning 1,5m i det lave terrenget ved P921 medførte det ett fall på 4,8 ‰.

*Det gir en skjærspenning langs bunnen for «Ledningsstrek 2» på  $\tau_{maks}=1,98 \text{ N/m}^2$  som ikke oppfyller minimumskravet på  $2 \text{ N/m}^2$ .*

Marginen er liten. Små endringer kunne gitt oss ett resultat like over kravet. Svaret forteller oss uansett at om pumpekummen ikke senkes eller det isoleres mot tele kan det bli ett problem å oppnå en selvrensende selvfalls ledning.

Oppgavens 2. skjærspenningsberegning ble gjort av strekning P700-sluttprofil i vedlegg 6. Strekket har fall på 8,56 ‰. Kummen kunne vært plassert lavere og gitt enda mer fall. Strekket er imidlertid langt så høyden er fornuftig ut ifra ett massehånderings-synspunkt.

*Skjærspenningen langs bunnen for «Ledningsstrek 1» blir  $\tau_{maks}=3,3 \text{ N/m}^2$  som tilfredsstiller minimumskravet på  $2 \text{ N/m}^2$ .*

Utfordringen for «Ledning 1» er at det ikke finnes en annen trase` eller andre muligheter for å oppnå fall. Hvis ledningen skal ned kløften må ledningen gå langs inntegnet trase i vedlegg 4. Behovet for overdekning forsterkes også av at strekningen kommer til å ligge under bilveg. Vegen brøytes av Ole Anders Mælan ved Mælan gård noe som forsterker behovet for overdekning om en skal unngå isolering.

## **6.5 Karakterfordeling**

Analyse av karakterfordelingen i de ulike kategoriene.

## **6.6 Miljø/samfunsperspektiv**

Caseløsning 3 får den beste karakteren i denne vurderingskategorien. Løsningen representerer den mest helhetlige oppryddingen ved at alle eiendommer faller under kommunalt nett som blir tilstrekkelig vedlikeholdt. Dårligst ut kommer Caseløsning 3. Løsningen har flest infiltrasjonsanlegg. Infiltrasjonsanlegg fikk stor vekt i denne kategorien, men med oppgavens omfang kunne det ikke vært løst annerledes.

## 6.7 Pris/LCC

Etter livsløpskostnadene ble beregnet inn i prisoverslaget av Caseløsning 1 og 2, ble caseløsning 3 det mest prisgunstige alternativet. Kostandsoverslagene kunne vært gjort annerledes både for infiltrasjon og ledningsnett. For infiltrasjon kunne investeringskostnaden vært satt enda høyere. Både Øystein Bekkevold og rapporten fra vannforeningen indikerte dette. Kr 120 000,- er på ingen måte misvisende, og står i fin stil med hva en grunneier må betale i/for anleggsbidrag, påkoblingsavgift og stikkledning inn til huset. I beregningene for LCC ble det brukt 25 år i beregningene. Det tilsvarer positive anslag for anleggenes levetid. I LCC beregninger av ledningstrase` kunne kommunalt gebyr for vann og avløp vært brukt i beregningene, men det ble ikke gjort for å begrense oppgaven.

## 6.8 Teknisk løsning

Av skjørspenningsberegningen så vi at Caseløsning 1 vil ha en utfordring med å oppnå selvrensing for ledningsstrek P650-1150. I kombinasjon med at løsningen er den som mest sannsynlig vil skape ubeleiligheter for bruker og kommune over tid, fikk den dårligst karakter. Caseløsning 2 blir ranger dårligere enn Caseløsning 3 fordi den har infiltrasjonsanlegg. Den har også enkelte utfordringer knyttet til utførelsen av prosjektet. Gravearbeider er komplisert rundt Lilleggrøen og P665, vedlegg 5.

## 7 Konklusjon

	PRIS/LCC	MILJØ/SAMMFUNS PERSPEKTIV	TEKNISK LØSNING	SUM	NR
CASELØSNING 1	3	3	2	8	3
CASELØSNING 2	2	2	3	7	2
CASELØSNING 3	1	1	1	4	1

➔ Beslutningsmatrisen indikerer at Caseløsning 3 er den mest egnede renseløsningen med hensyn på de parametrene oppgaven har satt. Løsningen representerer den med minst infiltrasjon. Slik det også ble argumentert med underveis i oppgaven finnes det ikke direkte indiksjoner for at infiltrasjon trenger å være en dårlig løsning for miljøet. Men sammenliknet med ett selvfallssystem med en pumpe vil det etter min mening kunne rettferdiggjøres å rangere de to opp mot hverandre. Det kan rettferdiggjøres fordi selvfallssystem med en pumpestasjon er et system som produserer veldig lite utslipp, og har lang levetid. Alternativet er også det mest prisgunstige medregnet livsløpskostnader. Et poeng i den økonomiske vurderingen burde også være mulighetene for at prosjektet kan samarbeide med kommunens ønske om å legge vann til Fåset og sende avløp tilbake. Hele strekningen fra P0-P1600 i Caseløsning 3 vil kunne bli et samarbeidsprosjekt. Det bidrar også til at løsningen får toppkarakteren i kriteriet miljø/samfunnsperspektiv. Nettopp fordi den ser fremover og tar høyde for realitetene som vil komme senere. Når løsningen scorer best også i kategorien teknisk løsning er det totalt sett det beste alternativet. Casestudien i spredt avløp kommer dermed frem til at et fokus på miljø og gode tekniske løsninger også kan gi den beste prisen sett over hele prosjektets levetid.



# Litteraturliste

Berge G, Sæther MA, (2019). *Kommunale avløp 2018*. SSB. Tilgjengelig fra: [https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/\\_attachment/407302?\\_ts=16f0e9121b0](https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/_attachment/407302?_ts=16f0e9121b0) kilde tabell

Berggren C, (2017). *Infiltrasjon av avløpsvann – konkurransedyktig, utdatert eller en løsning moden for revisjon*. Tilgjengelig fra: <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/bitstream/handle/11250/2464421/Infiltrasjon%20av%20avl%c3%b8psvann%20e2%80%93%20konkurransedyktig%2c%20utdatert%20eller%20en%201%c3%b8sning%20moden%20for%20revisjon.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (infiltrasjon)

Byggteknisk forskrift (TEK17). (2008) *Utvendige vannforsynings- og avløpsanlegg*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/15/iii/15-8/>

Eggen G, Bloen E, (2011) Hva er levetiden til infiltrasjonsanlegg for avløpsvann, og hvordan evaluere dette? *Vann 04/2011*. Tilgjengelig fra: [https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/2011\\_840768.pdf](https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/2011_840768.pdf) (levetid infiltrasjon)

EPD-Norge  
<https://www.epd-norge.no/om-oss/>

Eveborn D, Kong D, Gustafsson P. (2012) Wastewater treatment by soil infiltration: Long-term phosphorus removal. *Science Direct*. Tilgjengelig fra: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169772212001064?via%3Dihub>

Eveborn D, Kong D, Gustafsson P. (2012) Wastewater treatment by soil infiltration: Long-term phosphorus removal. *Science Direct*. Tilgjengelig fra: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169772212001064?via%3Dihub>

FN – UNEP. (1972) *Bærekraftig utvikling i FN - miljøkonferanse*. Tilgjengelig fra: [https://snl.no/b%C3%A6rekraftig\\_utvikling\\_milj%C3%B8](https://snl.no/b%C3%A6rekraftig_utvikling_milj%C3%B8)

FN Sambandet (2020). FNs bærekraftsmål. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/om-fn/FNs-baerekraftsmaal>

Forskrift om rammer for vannforvaltningen. (2006) Tilgjengelig fra:

[https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2006-12-15-1446#KAPITTEL\\_1](https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2006-12-15-1446#KAPITTEL_1)

Forskrift om utslipp av sanitært avløpsvann fra mindre avløpsanlegg. (2012) Tilgjengelig fra:  
<https://lovdata.no/dokument/LTII/forskrift/2012-05-24-657>

Forurensingsforskriften. (2005) Tilgjengelig fra:  
[https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931/KAPITTEL\\_4#KAPITTEL\\_4](https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931/KAPITTEL_4#KAPITTEL_4)

Grimenes A A, Jerstad P, Sletbak B, *Fluidmekanikk*. Tillegg til forkurs Rom Stoff Tid, Fysikk i væsker og gasser. Tilgjengelig fra:  
<https://www.uio.no/studier/emner/matnat/fys/nedlagte-emner/FYS1000/v11/Fluidmekanikk.pdf>

Hanserud O S, Refsgaard K, (2012). Kostnader ved ulike typer mindre avløpsanlegg. *Vann 04/2012*. Tilgjengelig fra:  
[https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/2012\\_869375.pdf](https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/2012_869375.pdf)

Hensel G R, Køhler JC, Yri A W, (2008). *Infiltrasjonsanlegg som renseløsning - mindre avløpsrensianlegg (<50 pe)*. Tilgjengelig fra:  
<https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2465782/Bioforsk-TEMA-2007-02-25.pdf?sequence=1&isAllowed=y> infiltra

Hub P,(2017). *How to Read a Moody Chart (Moody Diagram)*. Tilgjengelig fra:  
<https://owlcation.com/stem/How-To-Read-a-Moody-Chart>

IPCC (2016). Expert Meeting on the Future of the Task Group on Data and Scenario Support for Impacts and Climate Analysis. Tilgjengelig fra:  
[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/EMR\\_TGICA\\_Future.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/EMR_TGICA_Future.pdf)

Kyoto Protocol, summary. (1997) Tilgjengelig fra:  
<https://unfccc.int/resource/bigpicture/#content-the-paris-agreemen>

Linholt, O. (2007). Dimensjonering av avløpsledninger. *Selvrensing VA/Miljøblad nr 79/2007*. Tilgjengelig fra: <http://www.fig.ol.no/~atso0701/NS%20tabeller/VA-forum%20-%20Dimensjonering%20av%20avl%20F8psledninger%20-%20Selvrensing.pdf>

Lysne D.K. (1976) *Selvrensing i avløpsrør*. Tilgjengelig fra:  
[https://www.nb.no/items/URN:NBN:no-nb\\_digibok\\_2013062506086?page=15](https://www.nb.no/items/URN:NBN:no-nb_digibok_2013062506086?page=15)

Mathisen R. (2018) *Strømning i rør*. Artikkel tilgjengelig fra:  
V\*A : <https://ndla.no/subjects/subject:28/topic:1:194200/topic:1:121943/resource:1:122074>

Metaanalyse (2017), Store Norske Leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/metaanalyse>

Miljødirektoratet (2019). *Miljøstatus elver og innsjøer*. Tilgjengelig fra:  
<https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/ferskvann/elver-og-innsjoer/>

Mæhlum T, Hensel G R. (2017) Har infiltrasjonsanlegg i egnede masser lang levetid? *Vann* 02/2017. Tilgjengelig fra:  
<https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2017/10/M%C3%A6hlum.pdf>

Naturmangfoldloven. (2009) Tilgjengelig fra:  
[https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2009-06-19-100/KAPITTEL\\_2#%C2%A78](https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2009-06-19-100/KAPITTEL_2#%C2%A78)

Nibio: *Rensekrav – kart over områdeinndeling følsomme områder*. Tilgjengelig fra:  
[https://www.nibio.no/tema/miljo/mindre-avlop/valg-av-renselosning/rensekrav/\\_/attachment/inline/e84ce303-23a8-4625-86f3-02339262235d:1cf9880aede5b4a0a459400d9e2ee39deb6bae4c/Kart%20over%20omr%C3%BDdeinndeling\\_forskrift%20kap%2011.pdf](https://www.nibio.no/tema/miljo/mindre-avlop/valg-av-renselosning/rensekrav/_/attachment/inline/e84ce303-23a8-4625-86f3-02339262235d:1cf9880aede5b4a0a459400d9e2ee39deb6bae4c/Kart%20over%20omr%C3%BDdeinndeling_forskrift%20kap%2011.pdf)

NGU (2020), Løsmassekart, Tilgjengelig fra: <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>

Nordal V, (2015) *Analyse av det avskjærende pumpesystemet i Midtbyen i Trondheim*. Tilgjengelig fra: [https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2350500/13262\\_FULLTEXT.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2350500/13262_FULLTEXT.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Norsk klimaservicesenter (NKSS). Klima i Norge 2100. *NCCS report nr 2/2015*. Tilgjengelig fra: [https://cms.met.no/site/2/klimaservicesenteret/rapporter-og-publikasjoner/\\_attachment/6616?ts=14ff3d4eeb8](https://cms.met.no/site/2/klimaservicesenteret/rapporter-og-publikasjoner/_attachment/6616?ts=14ff3d4eeb8)

Norsk Standard, NS 3454 (2013). *Livssyklus kostnader for byggverk - Prinsipper og klassifisering*. Tilgjengelig fra:  
<https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=626300>

Norsk Vann Rapport, nr 178/2010. *Grunnundersøkelser for infiltrasjon – mindre avløpsanlegg*. Tilgjengelig fra:  
[https://www.nibio.no/tema/miljo/mindre-avlop/rapporter/\\_/attachment/inline/0baeca67-6e3a-4565-a1e7-74c39ccf4aa5:4766a682cf7f29199ab752f22a7c70d773b7a765/Norsk%20Vann-rapport%20178-2010%20Grunners%C3%BDkelsler%20for%20infiltrasjon.pdf](https://www.nibio.no/tema/miljo/mindre-avlop/rapporter/_/attachment/inline/0baeca67-6e3a-4565-a1e7-74c39ccf4aa5:4766a682cf7f29199ab752f22a7c70d773b7a765/Norsk%20Vann-rapport%20178-2010%20Grunners%C3%BDkelsler%20for%20infiltrasjon.pdf) (infiltrasjon og sikteprøve, kilde)

Norsk vann. *Introduksjon Elementær matematikk*. Formler tilgjengelig fra:  
[https://norskvann.no/images/gjertrude/pdf/Vedlegg\\_03\\_-\\_Bernoulli\\_eksempler.pdf](https://norskvann.no/images/gjertrude/pdf/Vedlegg_03_-_Bernoulli_eksempler.pdf)

Persson J, Fridell K, Gustafsson E-L, Englund J-E. (2014) *Att räkna på vatten*.

PipeLife Norge AS, (2007) *Rørruhet, colebrooksdiagram mm*  
*Rørruhet, colebrooksdiagram mm*, teknisk håndbok. Tilgjengelig fra: [http://www.initio.no/filer/pipelife/Dokumenter/3\\_1.pdf](http://www.initio.no/filer/pipelife/Dokumenter/3_1.pdf)

PipeLife Norge AS, *Trykkrørsystemer*, teknisk håndbok s 16.. Tilgjengelig fra:  
[http://www.initio.no/filer/pipelife/Dokumenter/3\\_1.pdf](http://www.initio.no/filer/pipelife/Dokumenter/3_1.pdf) ruhet (beregning dimensjon).

*Pipelife Norge AS. 2007. Trykkløse rørsystemer.*, teknisk håndbok s 55. Tilgjengelig fra:  
[http://www.initio.no/filer/pipelife/Dokumenter/6\\_1.pdf](http://www.initio.no/filer/pipelife/Dokumenter/6_1.pdf)



Plan og Bygningsloven. (2008) Tilgjengelig fra:  
<https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71>

RIF. 2015. *Norges tilstand*.  
[https://www.rif.no/wp-content/uploads/2018/05/rif\\_stateofthenation\\_2015\\_lavopploeselig.pdf](https://www.rif.no/wp-content/uploads/2018/05/rif_stateofthenation_2015_lavopploeselig.pdf)

Sekse, T. (2012). Klimatilpasningstiltak innen vann og avløp i kommunale planer. *Norsk Vann*. Tilgjengelig fra: <https://norskvann.no/index.php/component/hikashop/produkt/412-r190-klimatilpasningstiltak-innen-vann-og-avlop-i-kommunale-planer>

Science Direct, Moody Diagram punkt 8.7

Statkraft Grøner AS.2001/2013. Slamavskiller . *VA/Miljøblad nr 48/2013*.  
<http://www.va-blad.no/wp-content/uploads/2014/10/Blad-48-14.08.14.pdf> (infiltr)

Survey Monkey. *Forskjellen mellom kvantitative og kvalitative undersøkelser*. Tilgjengelig fra:  
[https://no.surveymonkey.com/mp/quantitative-vs-qualitative-research/?program=7013A000000mweBQAQ&utm\\_bu=CR&utm\\_campaign=71700000064157497&utm\\_adgroup=58700005704023164&utm\\_content=39700052004881731&utm\\_medium=cpc&utm\\_source=adwords&utm\\_term=p52004881731&utm\\_kxconfid=s4bvpi0ju&gclid=CjwKCAjwkun1BRAIEiwA2mJRWF5YgUgN0hM\\_yLgoCx9CKRoSmJ-mdauEEXKC3T69GAHRB78k3g43QRoC5oYQAvD\\_BwE](https://no.surveymonkey.com/mp/quantitative-vs-qualitative-research/?program=7013A000000mweBQAQ&utm_bu=CR&utm_campaign=71700000064157497&utm_adgroup=58700005704023164&utm_content=39700052004881731&utm_medium=cpc&utm_source=adwords&utm_term=p52004881731&utm_kxconfid=s4bvpi0ju&gclid=CjwKCAjwkun1BRAIEiwA2mJRWF5YgUgN0hM_yLgoCx9CKRoSmJ-mdauEEXKC3T69GAHRB78k3g43QRoC5oYQAvD_BwE) (kvantitative og kvalitative)

Tynset kommune. (2018) *Opprydding i spredt avløp*. Tilgjengelig fra:  
[https://www.tynset.kommune.no/\\_f/p1/i5f2d62a0-a800-4f36-be0c-f9919203952e/opprydding-i-spredt-avlop.pdf](https://www.tynset.kommune.no/_f/p1/i5f2d62a0-a800-4f36-be0c-f9919203952e/opprydding-i-spredt-avlop.pdf)

UiB (2018). Søk og skriv – oppbygging av oppgave. Tilgjengelig fra:  
<https://sokogskriv.no/category/skriving/oppgavens-struktur/metode/>

Vanndirektivet. (2000) *EUs rammeavtale for vann*. Tilgjengelig fra:  
<https://www.vannportalen.no/regelverk/vanndirektivet/>

VA/Miljøblad nr 48/2013. *Slamavskiller*. Tilgjengelig fra:  
<http://www.va-blad.no/wp-content/uploads/2014/10/Blad-48-14.08.14.pdf>

VA/Miljøblad nr 59/2018. Jordforsk 2003/2018. *Lukkede infiltrasjonsanlegg for sanitært avløpsvann*. Tilgjengelig fra:  
<https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2017/10/M%C3%A6hlum.pdf>

VA/Miljøblad nr 115. *Beregning av dimensjonerende avløpsmengder*. Tilgjengelig fra:  
<http://www.va-blad.no/beregning-av-dimensjonerende-avlopsmengder/>

Vegdirektoratet. 2014. *Statens vegvesen, håndbok N200*. Tilgjengelig fra:  
[https://www.vegvesen.no/attachment/188382/binary/980128?fast\\_title=Tidligere+utgave%3A+A+H%C3%A5ndbok+N200+Vegbygging+2014+%2821+MB%29.pdf](https://www.vegvesen.no/attachment/188382/binary/980128?fast_title=Tidligere+utgave%3A+A+H%C3%A5ndbok+N200+Vegbygging+2014+%2821+MB%29.pdf)

Ødegaaard H.,(2014). *Vann og avløpsteknikk*. 2.utg. Norsk Vann.

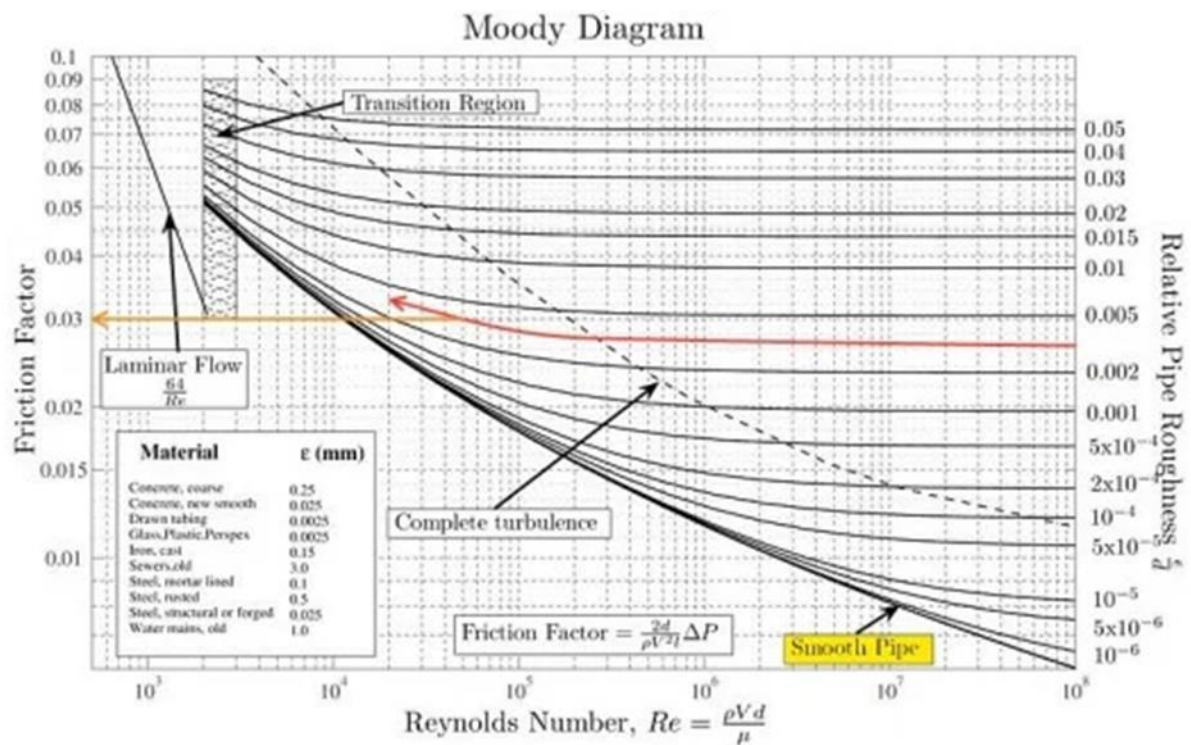
<http://www.fig.ol.no/~atso0701/NS%20tabeller/VA-forum%20-%20Dimensjonering%20av%20avl%F8psledninger%20-%20Selvrensing.pdf>

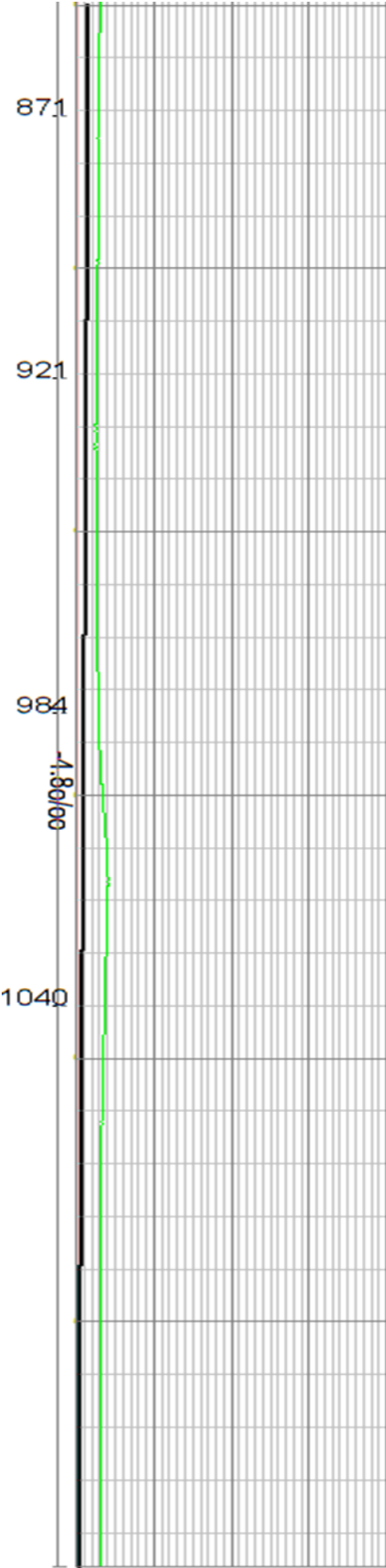
Kommunens tiltaksplan, NS3420

# Vedlegg

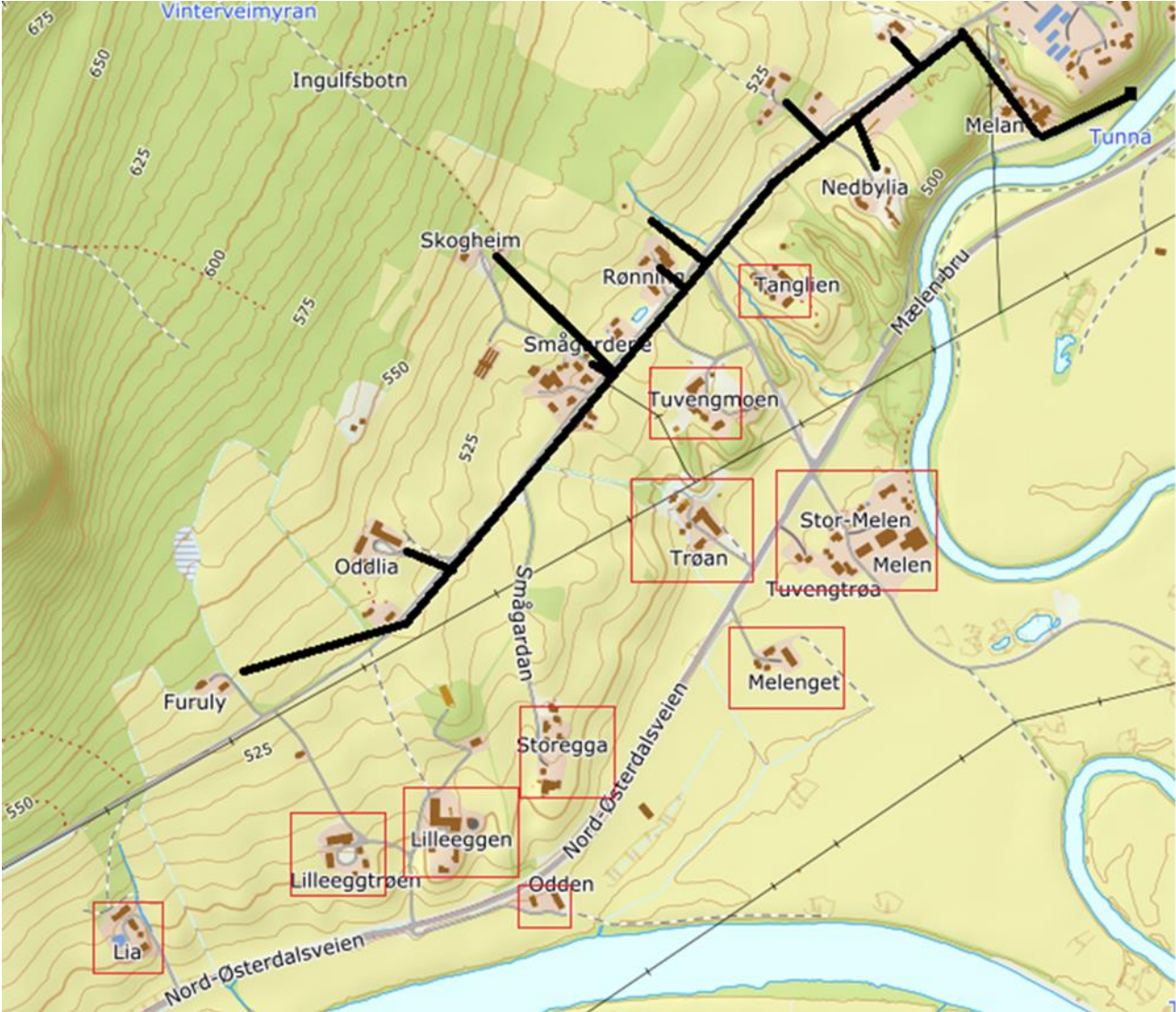
Vedlegg: 1: Moody Diagram.....	53
Vedlegg: 2: Lengdeprofil .....	54
Vedlegg: 3: Kart over området.....	55
Vedlegg: 4: Caseløsning 1.....	56
Vedlegg: 5: Caseløsning 2.....	57
Vedlegg: 6: Caseløsning 3.....	58
Vedlegg: 7: Kart over eksisterende vannledning .....	59
Vedlegg: 8: Kornfordelingsdiagram.....	59
Vedlegg: 9: Beregning av vannbehov, Fåset.....	60
Vedlegg: 10: Opplysninger om avløpsanlegg .....	61
Vedlegg: 11 .....	61
Vedlegg: 12:infiltrasjonsklasser .....	62
Vedlegg: 13:Befaring .....	62
Vedlegg: 14:Kløfta rett før gården Mælan .....	63

Vedlegg: 1 Moody Diagram

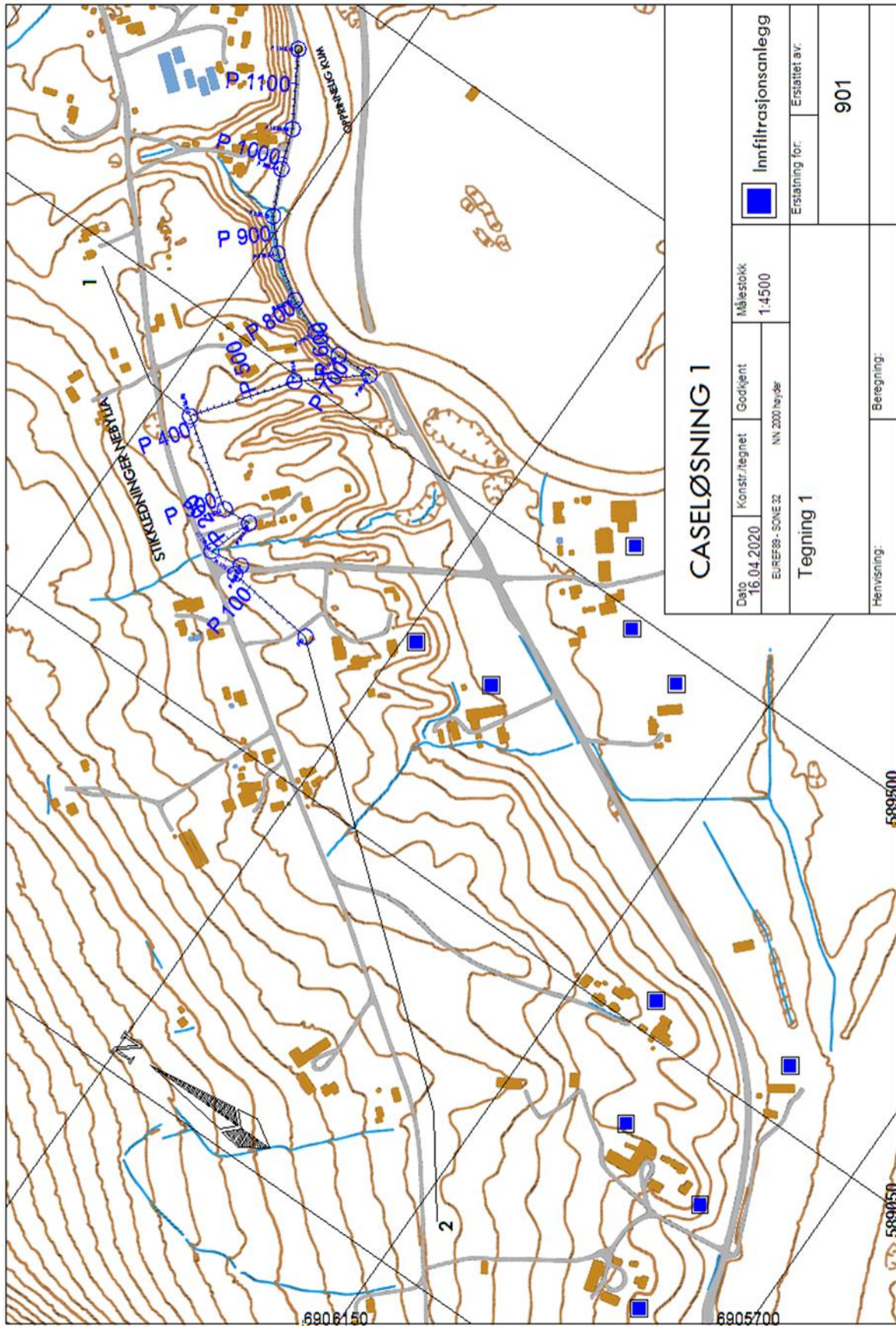


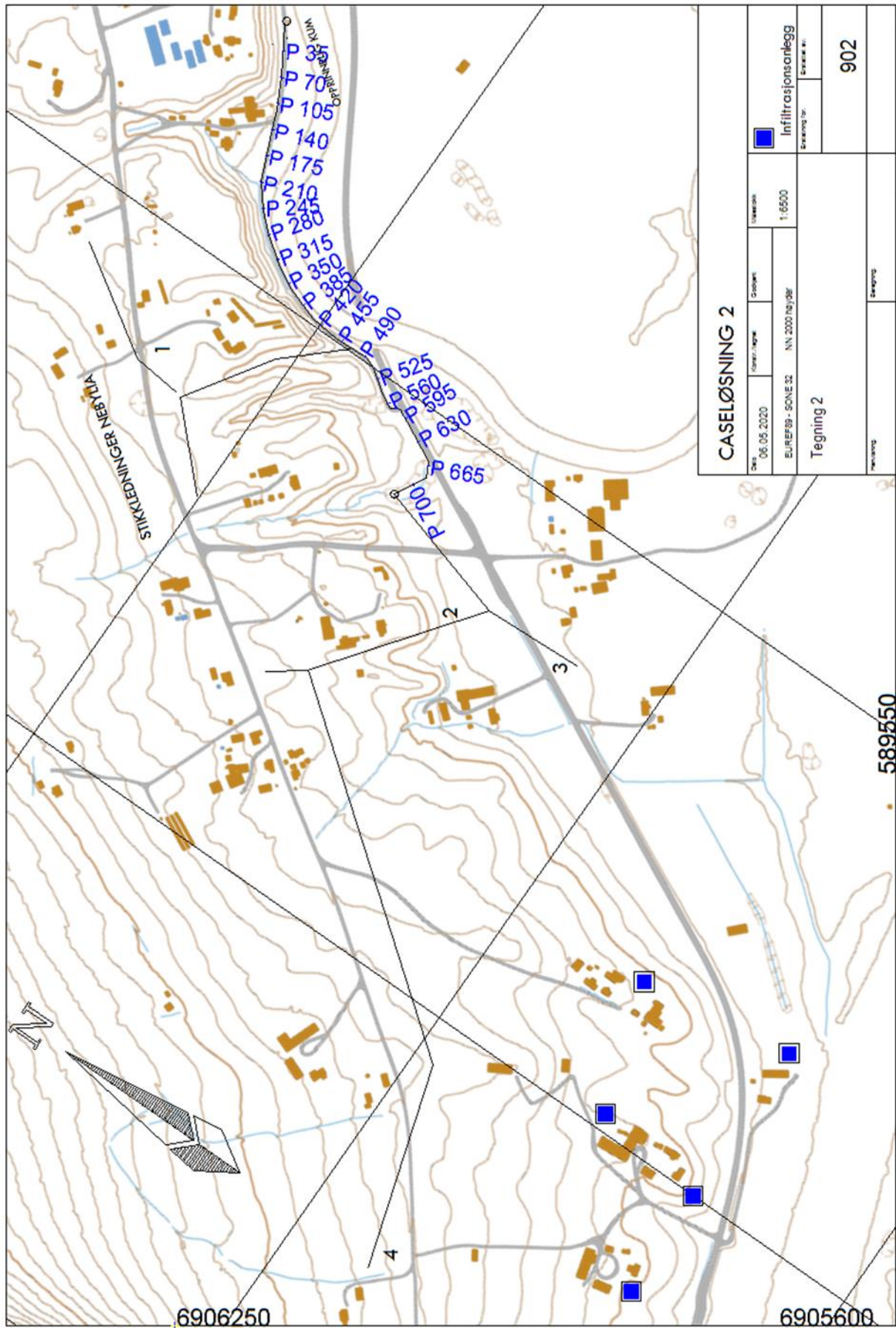


Vedlegg: 3 Kart over området

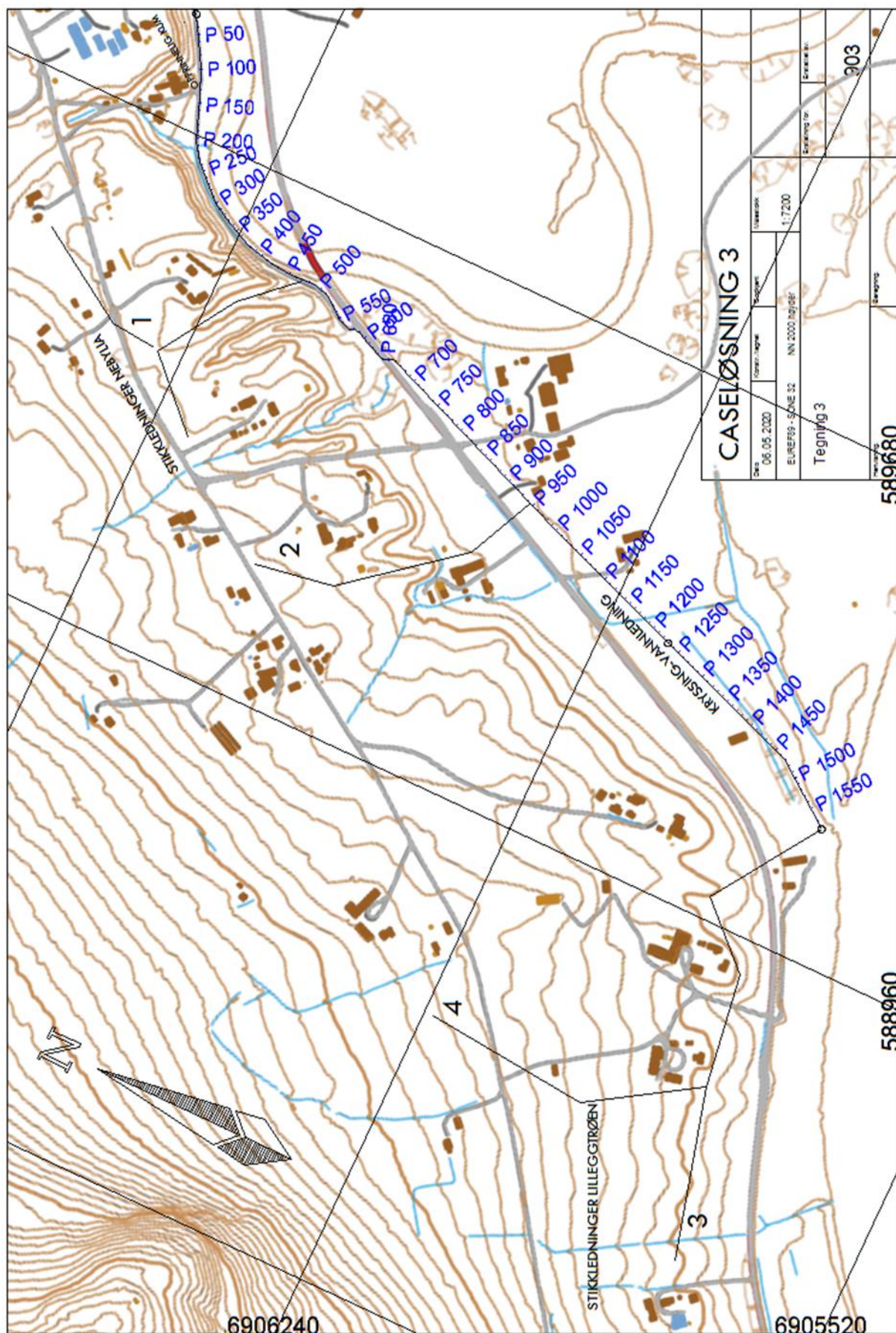






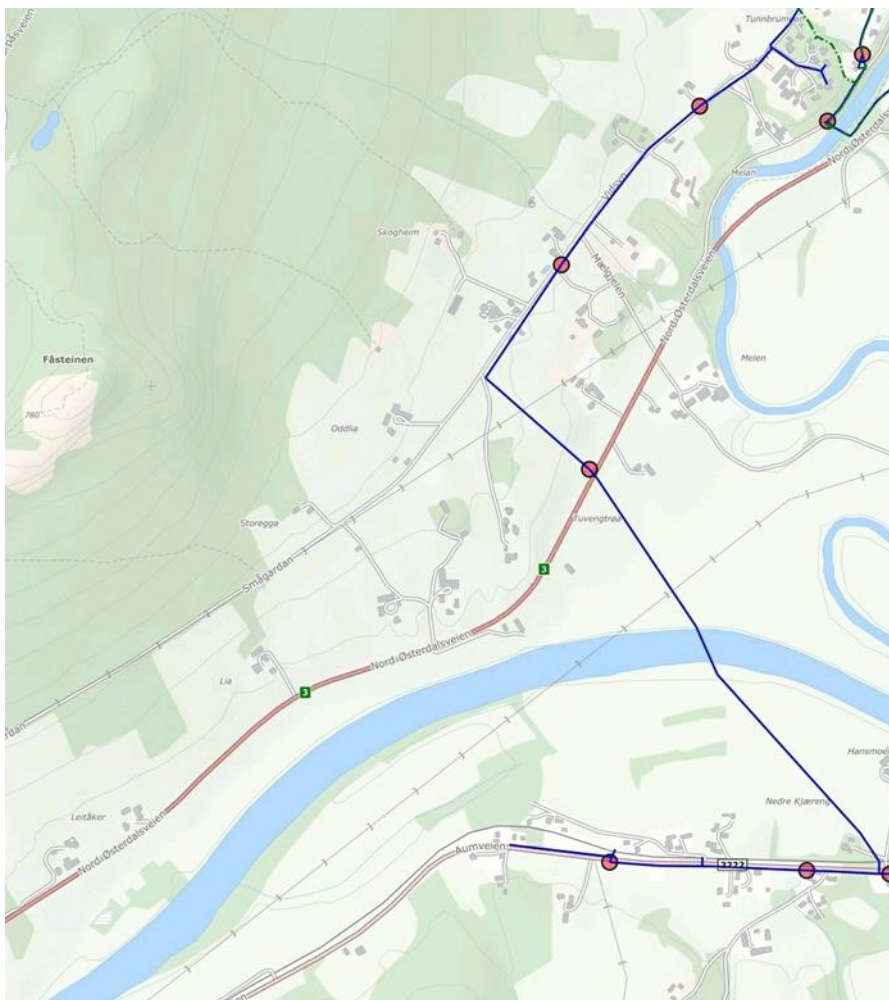




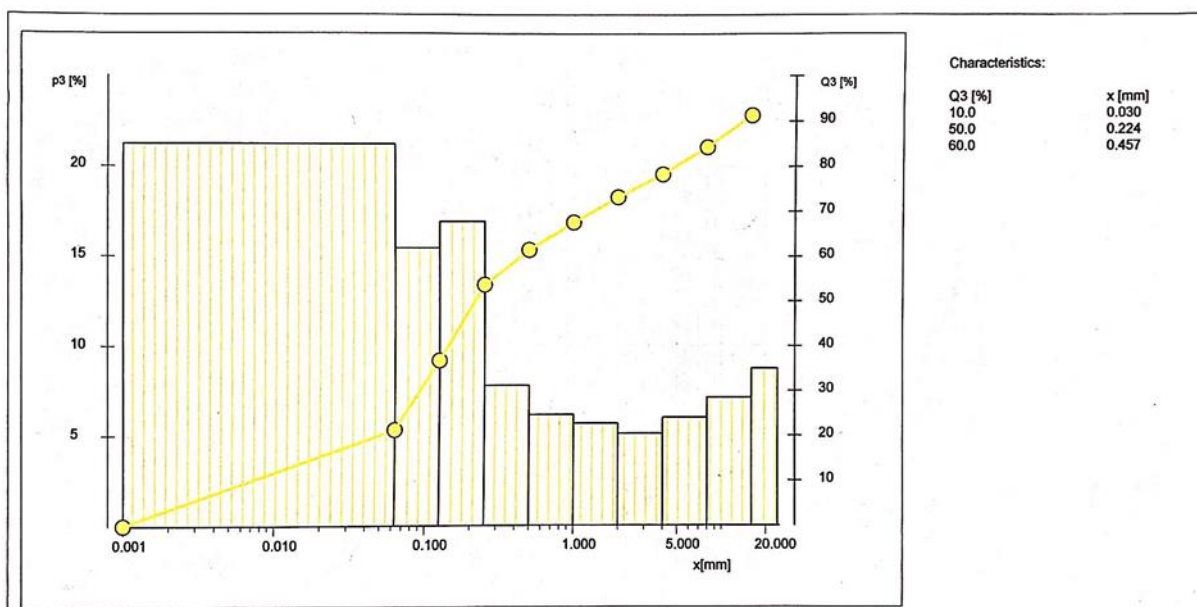




Vedlegg: 7 Kart over eksisterende vannledning



Vedlegg: 8 Kornfordelingsdiagram



Vedlegg: 9 Beregning av vannbehov, Fåset

Beregning av vannbehov, Fåset			
Forbruk pr person, $Q_h$	160	l/ person døgn	
Maks døgnfaktor, $f_{maks}$	1,60		
Min døgnfaktor, $f_{min}$	0,6		
Maks timefaktor, $k_{maks}$	2,80		
Min timefaktor, $k_{min}$	0,4		
Innlekking	150	l/person døgn	
		$Q_{maks} = \frac{P \cdot Q_h \cdot f_{maks} \cdot k_{maks} + P \cdot Q_a + P \cdot Q_{lekk}}{24 \cdot 60 \cdot 60}$	
Forbruk	Antall enheter	Forbruk (l/døgn) pr enhet	Forbruk (l/døgn)
Husholdning	590	160	94400
Barneskole/Barnehage	78	80	6240
Industri	2	150	300
Samfunnshus	0	400	0
Arbeidsplasser	55	40	2200
Små butikker og kontorer	3	40	120
Hytter	25	150	3750
Div	30	150	4500
SUM	783		111510
Antall personekvivalenter totalt	696,9375		
Lekkasjeandel	48.38709677		
Maks forbruk i årets mest forbrukende time, $Q_{maks}$	6,117		
Min forbruk i årets minst forbrukende time, $Q_{min}$	1,287		
Midlere døgnforbruk, $Q_{mid}$	1,291		
<b>Dimensjonerende vannbehov</b>			
Alternativ 1:	6,117		
Alternativ 2 (inkl brannvann, iht plan- og bygningst.):	21,291		



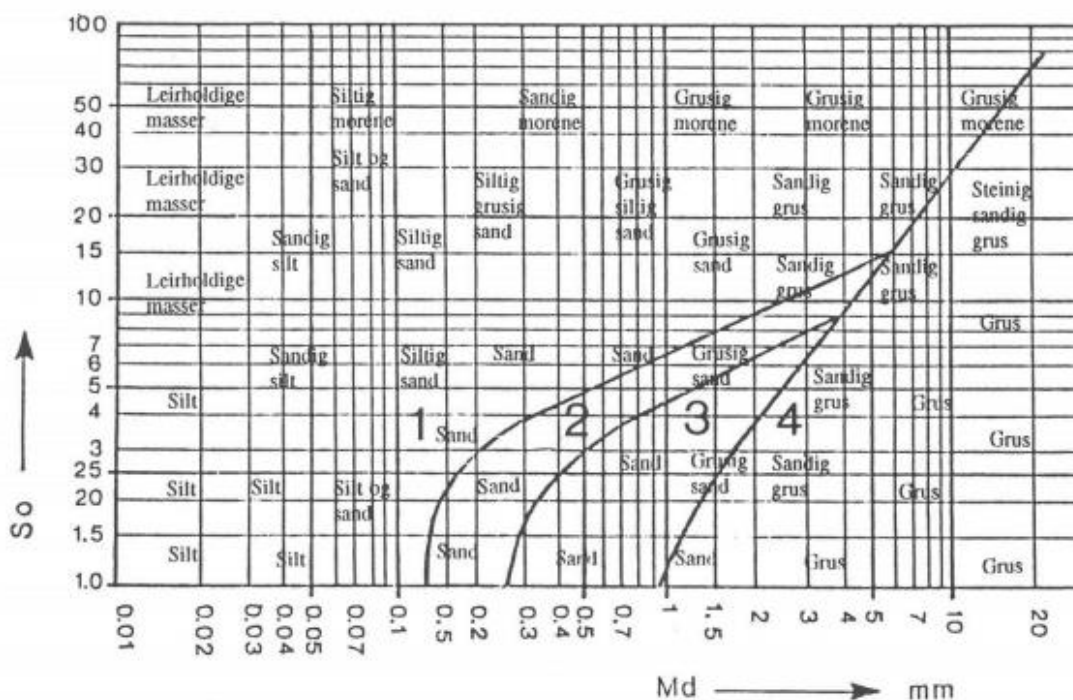
### Opplysninger om ditt avløpsanlegg på eiendom ~~XXXXXX~~

Som et ledd i prosjektet søppelrydding i spredt avløps sender vi ut opplysningene som er vist i tabellen nedenfor. Disse har fremkommet gjennom tilsyn, informasjon fra septik- / slamtømnere og opplysninger fra byggesaksarkivet. Alle eiere med private avløpsanlegg i Tynset kommune blir nå bedt om og kvalitetssikre [opplysninger om avløpsanlegget](#) på sin eiendom.

**Dersom du er uenig i registrerte opplysninger, eller har tilleggsplysninger om avløpsanlegget, ber vi om skriftlig tilbakemelding innen 18.04.13**

### Registrerte opplysninger på eiendom ~~XXXXXX~~

Innlagt vann:	Ja		
Antall boenheter tilknyttet anlegget:	1		
Årstall for etablering			
Tidligere utslippstillatelse:			
Anlegget er plassert i klasse	K1.2		
Registrert anleggstype:	Infiltrasjon		
Registrert størrelse på slamavskiller (m <sup>3</sup> ):	2 m <sup>3</sup>		
Registeret antall kammer:	1		
Volum per kammer, 1. 2. og 3.	2		
Fordeling av avløpsvann	Selvfall		
Registrert mangel:	Ikke godkjent slamavskiller		
Ekstranummer			
Tekniske mangler			
Synlig forurensning			
Er anlegget godkjent i <del>blt</del> Dagens lovverk	Nei		



**Målt vannledningsevne: Infiltrasjonskapasitet for avløpsvann:**

> 5 meter per døgn	– 25 liter per m <sup>2</sup> per døgn
4 - 5 meter per døgn	– 20 liter per m <sup>2</sup> per døgn
3 - 4 meter per døgn	– 15 liter per m <sup>2</sup> per døgn
2 - 3 meter per døgn	– 10 liter per m <sup>2</sup> per døgn
1 - 2 meter per døgn	– 6 liter per m <sup>2</sup> per døgn
< 1 meter per døgn	– Meget liten – infiltrasjon anbefales ikke

**Klasse 2 (sand)**

Generelt god vannledningsevne (> 5 meter per døgn). Masser med infiltrasjonskapasitet til å motta 25 liter slamavskilt avløpsvann per m<sup>2</sup> og døgn.

**Klasse 3 (grusig sand)**

God vannledningsevne. Masser med infiltrasjonskapasitet til å motta 50 liter slamavskilt avløpsvann per m<sup>2</sup> og døgn.

**Klasse 4 (sandig grus og grus)**

Høy vannledningsevne. Det må legges inn et sjikt med klasse 2 sand (25 liter per m<sup>2</sup> per døgn) mellom stedlige jordmasser og fordelingslaget. *Støpe- eller pussesand kan benyttes.* Sanden skal komprimeres slik at det ikke blir setninger i anlegget. Figur 11 viser prinsippskisse av infiltrasjonsfilter med ilagt sandlag.

*Vedlegg: 12 infiltrasjonsklasser*

Befaringen ble gjennomført av undertegnede og Øystein Bekkevold fra tynset kommune.

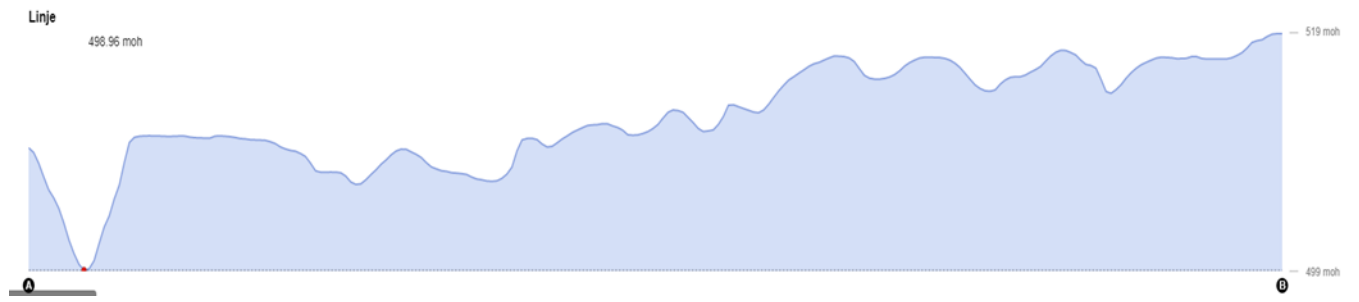
Hensikten med befaringen var å skaffe seg en oversikt over området og danne seg ett bilde av utgangspunktet. Øystein bidro med tanker han allerede har gjort seg rundt ulike problemstillinger. Disse tankene dannet utgangspunktet for videre undersøkelser. Under følger ett referat av befaringen.

Mellom gården Melan og elva Tunna ligger en kum med pumpestasjon(se illustrasjon). Pumpestasjonen er mottakspunktet for avløpet i området som allerede er koplet på det kommunale nettet. Påkoblede eiendommer inkluderer Melan og videre nordover. Dagens befaring drøftet mulighetene for ett selvfallssystem til kum ved Melan, gjennom gården Melan og videre sørover langs vegen forbi Rønning videre mot Oddlia. Terrenget ga uttrykk for å ha fall fra Oddlia til Melan.

Terrenget langs denne traseen byr imidlertid på enkelte utfordringer. Som høydekurvene på kartutsnittet indikerer, heller terrenget ned mot elva. Det gjør det krevende og få med for eksempel Tuvengmoen og Tanglien, på grunn av motfall mot ledningstrase. Langs hele trasen er terrenget kuppert, med store høydeforskjeller fordelt på få meter.

Under befaringen var det også tema hva man gjør med eiendommer sør for Oddlia. Løsningen med ledning langs vei fra Melan gård vil antagelig gjøre det vanskelig med tanke på fall få med disse. For enkelte av de berørte eiendommene kan lokalt tilknyttede renseløsninger være aktuelt. Eventuelt ett samarbeid mellom flere husstander.

*Vedlegg: 13: Befaring*



Vedlegg: 14: Kløfta rett før gården Mælan



*Vedlegg: 15*