

## NOTAT

OPPDRAAG	<b>Fredlybekken, vannkvalitet</b>	DOKUMENTKODE	10204076-RIVA-NOT-001
EMNE	Helhetlig vurdering av Fredlybekken. Åpen eller lukket løsning i øvre del og påvirkning på nedstrøms deler. Vannkvalitet.	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	<b>Trondheim kommune, Kommunalteknikk</b>	OPPDRAAGSLEDER	Oddrun Sunniva Waagø Helgeland
KONTAKTPERSON	Eli Holen	SAKSBEHANDLER	Oddrun Sunniva Waagø Helgeland
KOPI	Kjersti Tannvik, Eggen arkitekter. Randi Lile, Utbyggingsenheten, Trondheim kommune	ANSVARLIG ENHET	10234032 VA-Teknikk Midt

## SAMMENDRAG

Dette notatet omhandler kvaliteten på overvann i Fredlybekken ved separering der alternativene er å føre overvann i lukket rørledning eller åpne bekken mellom Utleirvegen og Nidelva i størst mulig grad. Overvannet består i hovedsak av avrenning fra hustak, veger og parkeringsplasser i tillegg til dreinsvann fra grønne områder. Vegavrenningen har høyt partikkelinnhold. Lukket bekk gir ingen forbedring av vannkvaliteten, mens åpen bekk gir positive effekter ved oksygenering av vannet og biologisk omsetning. Det er en forutsetning å redusere partikkelinnholdet i vannet for å unngå tilslamming og oppnå ytterligere vannkvalitetsforbedring i åpen bekk. Tekniske løsninger som såkalte supersandfang og sandfilter kan brukes til partikkelfjerning.

Bekken kan åpnes i øvre del fra Utleirvegen til Ullins veg og fra Nidarvoll skole ned til E6. Mellom Ullins veg og Klæbuvegen ligger bebyggelsen for tett på det gamle bekkedraget for åpning av bekken. En åpning eller videre lukking av øvre del vil spille inn på vannkvaliteten i nedstrøms deler.

I øvre del er det godt fall og vannet kan gis god luftinnblanding over terskler og gjennom strykende partier, og det er nok høydeforskjell til å kunne bygge sandfilter for lav til normal vannføring. Videre vil opptak av næringsstoffer ved kantvegetasjon og regnbed og en velfungerende bunndyrsfauna gi forbedret vannkvalitet.

En kan redusere partikkelinnholdet i overvannet med tekniske løsninger som etableres ved Utleirvegen og andre større påslipp til hovedstrengen både for åpen og lukket bekk, men ved lukket bekk oppnås ingen ytterligere vannkvalitetsforbedring før en eventuell åpning ved Nidarvoll skole. Ved Nidarvoll skole er det lite fall, og en får ikke oksygenert vannet på nytt ved biologisk omsetning, noe som gir høyere risiko for oksygensvikt og luktproblemer.

Det anbefales å ha åpen bekk i øvre del om bekken skal være åpen i nedre del forbi Nidarvoll skole videre nedover Sluppenområdet.

## 1 Innledning

Den eksisterende fellessystemet fra Utleirvegen ned til Nidelva skal separeres. I 2013 ble det utarbeidet et forprosjekt for åpning av Fredlybekken [1] for å kunne føre overvannet i åpen bekk der det er mulig, og ellers legge bekken i rør. Det har ikke blitt gjort vedtak om bygging. Ved politisk behandling har det blitt etterspurt ytterligere utredninger av alternative løsninger i kombinasjon med grøntstruktur og tursti.

Multiconsult har fått i oppdrag fra Trondheim kommune å utrede konsekvenser av å beholde Fredlybekken som lukket bekk mellom Utleirvegen og Ullins veg og alternativt å åpne bekken i øvre

00	01.03.2019	Utsendelse.	OSWH	LPR	OSW
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

Helhetlig vurdering av Fredlybekken åpen og lukket løsning i øvre del på nedstrøms deler. Vannkvalitet.

del fra ca 140 m nedstrøms Utleirvegen, en strekning som er ca 100 m kortere enn i forprosjektet. En ser nå på et anlegg uten gangkullvert under Utleirvegen for sammenhengende tursti fra Nidelva til Estenstadmarka.

Det er i hovedsak tre løsninger for å lede overvannet på strekningen:

1. Føre overvannet i rør hele veien fra Utleirvegen til Nidelva.
2. Føre overvannet i åpen bekk fra Utleirvegen til Ullins veg, rørledning til Nidarvoll skole og videre åpen bekk fra skolen til E6 før den går i rør under veien og til Nidelva.
3. Føre bekken i rør fra Utleirvegen til Nidarvoll skole og videre åpen bekk fra skolen til E6 før den går i rør under veien og til Nidelva.

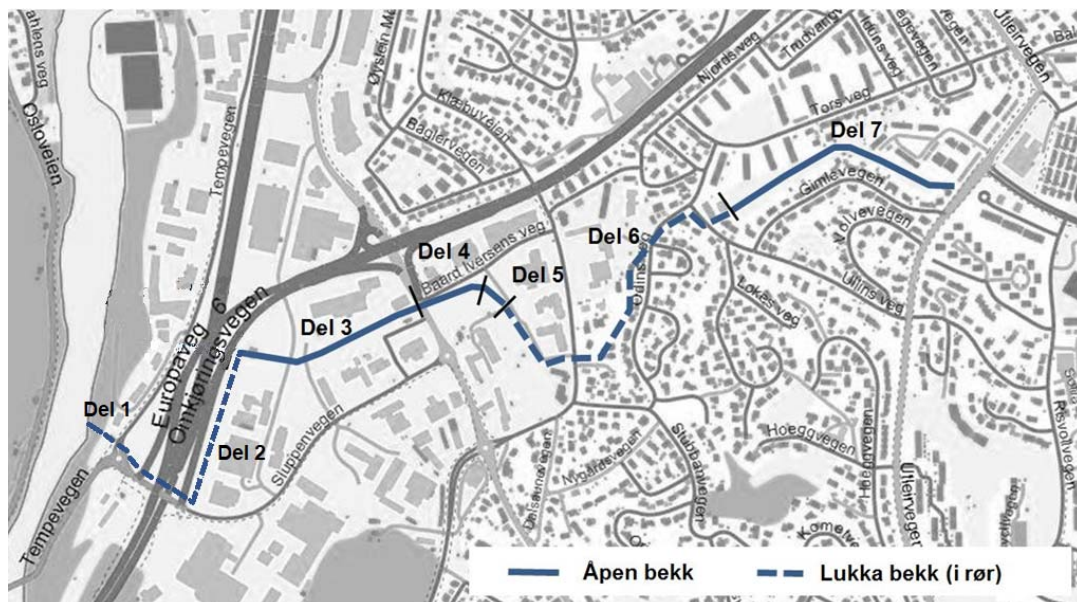
Det er ønskelig å åpne bekken i nedre del ved Nidarvoll skole fordi det gir færre arealrestriksjoner ved bygging av ny skole. Dette notatet omhandler vannkvalitet og muligheter for bekkeåpning i nedre del, spesielt del 4 og 5 (se figur 2-1), forutsatt at en av følgende to alternativer velges for del 7 fra Ullins veg til Utleirvegen:

- a) Øvre del (del 7) åpnes fra profil 1630 - 2000.
- b) Øvre del (del 7) bygges lukket, men spillvann og overvann separeres.

For detaljer angående vannkvalitet og renseløsninger vises det til rapporten «Vannkvalitet» [2] fra 2013 som ble produsert som underlag for forprosjekt Fredlybekken. Dette notatet oppsummerer hovedpunktene fra rapporten. I tillegg ble det sommeren 2018 tatt vannprøver fra en kum i Ullins veg og fra Risvollan målestasjon og utarbeidet et notat som er vedlagt denne rapporten.

## 2 Bakgrunn

Planlegging av sanering av vann og avløpsnett i Fredlybekkområdet har pågått over flere år. Forprosjekt Fredlybekken tar utgangspunkt i at det skal etableres åpen bekk i til sammen 1070 meters lengde fordelt på fire delstrekninger, se Figur 2-1.



Figur 2-1: Illustrasjonen viser prosjektområdet og revidert løsning (2018) i nedre del, del 1 og 2. Bekken er vist mørk blå med oppdeling i delstrekninger fra 1 til 7 [2]

I forprosjektet var bekken tenkt ført gjennom E6 ved eksisterende pumpestasjon, rett vestover fra del 3. I ettertid har nytt vegsystem i forbindelse med ny Sluppenbru blitt planlagt, og bekkens kryssing av E6 har blitt prosjektert i forbindelse med dette. Kryssingen er i ferd med å utføres ved

Helhetlig vurdering av Fredlybekken åpen og lukket løsning i øvre del på nedstrøms deler. Vannkvalitet.

Sluppenvegens kryssing under E6. Åpen bekk i del 3 kan føres langs påkjøringsrampen (del 2) og kobles på ledningen under E6 i Sluppenvegen. Del 1 omfatter nå både kryssingen av E6 og nedføring til Nidelva.

Lengden på de ulike delene er vist i Tabell 2-1 og Tabell 2-2.

Tabell 2-1: Delstrekninger for Fredlybekken. Alternativ a: Del 7 åpnes i 370 meters lengde. Tabellen viser total sum åpen/lukket bekk for dette alternativet.

Del-strekning	Beskrivelse	Lengde åpen bekk	Lengde lukket bekk
1	Nedføring til Nidelva og kryssing E6		240 m
2	Langsføring påkjøringsrampe E6		310 m
3	Åpen bekk, Sluppen næringsområde	380 m	
4	Åpen bekk ved Nidarvoll skole	120 m	
5	Støpt kanal ved Nidarvoll skole	40 m	
6	Bekkekulvert gjennom tett boligområde		760 m
7	Åpen bekk i gammel bekkedal, redusert lengde ved Utleirvegen	370 m	
	Antall meter åpen / lukket bekk	810 m	1310 m

\*)

Tabell 2-2: Alternativ b: Delstrekning 7 beholdes lukket i sin helhet. Tabellen viser total sum åpen/lukket bekk for dette alternativet.

Del-strekning	Beskrivelse	Lengde åpen bekk	Lengde lukket bekk
1	Nedføring til Nidelva og kryssing E6		240 m
2	Langsføring påkjøringsrampe E6		310 m
3	Åpen bekk, Sluppen næringsområde	380 m	
4	Åpen bekk ved Nidarvoll skole	120 m	
5	Støpt kanal ved Nidarvoll skole	40 m	
6	Bekkekulvert gjennom tett boligområde		760 m
7	Åpen bekk i gammel bekkedal, redusert lengde ved Utleirvegen	370 m	370 m
	Antall meter åpen / lukket bekk	440 m	1680 m

## 2.1 Mål for forprosjekt Fredlybekken

Målene for forprosjektet og forslaget til reguleringsplan som ble utarbeidet i 2013 var å:

- Redusere forurensningsutslipp til Nidelva og dermed forbedre vannkvaliteten i elva.
- Forbedre bortledning av regnvann, sikre eiendommer mot oversvømmelser og skadeflommer.
- Etablere sammenhengende grønstruktur og turveger fra Nidelva mot Estenstadmarka.
- Tilstrebe oppfyllelse av vanddirektivets mål størst mulig grad av naturtilstand for vannforekomsten Fredlybekken.

Helhetlig vurdering av Fredlybekken åpen og lukket løsning i øvre del på nedstrøms deler. Vannkvalitet.

### 3 Vannkvalitet

Et av hovedmålene med åpning av bekken er å redusere forurensningsutslipp til Nidelva og forbedre vannkvaliteten i Nidelva. Naturlige prosesser i en åpen bekk vil i seg selv bidra til rensing av vannet. Overvann i et lukket rør vil ha tilnærmet samme kvalitet ved utløpet til elva som i innløpet til ledningsnett.

Mål for vannkvaliteten i Fredlybekken vil være:

- Å ha et hygienisk tilfredsstillende vann.
- At vannet ser rent og klart ut og at vannet ikke lukter.
- At alge- og soppoppblomstring ikke blir et problem.

Det er et premiss at spillvann fra husholdningene separeres på eget ledningsnett og at lekkasjer fra spillvannsnett og feilkoblinger av stikkledninger utbedres. Vannet som skal slippes på bekken er i hovedsak overvann fra tettbebyggelse, åpne områder og bilveger, og inneholder blant annet næringsalter, bakterier og partikler.

Det viktigste rensiltaket for åpen bekk er å hindre tilførsel av partikler som vaskes av fra nedbørsfeltets overflate. Ved lavt partikkelinnhold og oksygenrikt vann kan en oppnå god selvrensing i vassdraget ved hjelp av en variert bunndyrsfauna og kantvegetasjon. Der bekken skal åpnes må en ha tilstrekkelig areal for å:

- Hindre tilførsel av partikler fra nærområdene med tekniske og naturbaserte tiltak, både ved starten på åpningen, men også på alle større tilførsler til bekken.
- Erosjonssikre vannstrengen for å hindre partikkeltilførsel fra selve bekkeløpet.
- Utforme vannstrengen slik at naturlige selvrenningsprosesser kan etableres og opprettholdes.

Det bør også være tilstrekkelig med fallforhold for å legge inn variasjoner i vannstrengen. Spesielt raskere partier for tilførsel av oksygen til vannet er viktig for å unngå oksygensvikt og lukt. Oksygenfattig vann er forbundet med anaerobe forhold og algeoppblomstring.

#### 3.1 Partikler, næringsstoffer og annen forurensing i overvann

Overvannets partikkelinnhold vil avhenge av overvannets opprinnelse. Partikler i vannet i Fredlybekken kan komme fra jordsmonnet (hovedsakelig leire) som blir vasket ut ved kraftige regnskyll, forurensning fra veger og parkeringsplasser (mikroplast og gummi fra bildekk, løsevegne partikler fra asfalt og tungmetaller), salt og strøsand fra vintervedlikehold av veg. At vannet er blakket, det vil si ugjennomsiktig på grunn av løste leirpartikler vil ikke være en direkte forurensing, men kan være uheldig for tilslamming av bunnsubstratet. Forurensing fra trafikkerte veger vil derimot inneholde tungmetaller som kan akkumuleres i bekken og over tid føre til toksiditet og dårlig vannkvalitet.

Det er vannforskriften som setter rammene for hvilke tiltak for forurenset overflatevann og grunnvann som eventuelt må gjennomføres. Dersom det er sannsynlig at overvannet er forurenset må ulike rensemetoder vurderes. COWI har sammenstilt konsentrasjoner fra forurensende stoffer i en rapport [3].

Forurensingene i overvann kan deles inn i

- Næringsalter og generelt organiske stoffer
- Metaller, metallforbindelser og klorid
- Organiske miljøgifter

Helhetlig vurdering av Fredlybekken åpen og lukket løsning i øvre del på nedstrøms deler. Vannkvalitet.

Tilførsel av næringsstoffer og organisk materiale må vurderes ut fra resipientens størrelse, status og følsomhet.

For metaller er faren at de akkumuleres over tid i resipienten, og det bør derfor måles dersom det er mistanke om at det er store konsentrasjoner av tungmetaller. Klorider er vanskelige å håndtere da de ikke tilbakeholdes i bassengløsninger, kun utjevnes. Behov for veisaltning bør derfor reduseres [3].

For de organiske miljøgiftene, er det størst fare for rensebehov dersom trafikkbelastningen er høy med ÅDT over 10000, eller at det finnes punktkilder som bilverksteder, bussterminaler eller lignende [3]. Mange av disse stoffene har dessuten vært underlagt bruksbegrensninger de siste 10-15 årene og det antas derfor at nivået ligger under EUs miljøkvalitetstandard [3].

### 3.2 Bakteriell forurensing

Typisk forurensing av bynære vassdrag er forurensing fra overløp der avløpsvannet overstiger avløpsnettets kapasitet, lekkasjer fra eldre ledningsnett, feilkoblinger, direkte utslipp ved saneringsarbeider og avløp fra boliger som ikke er tilknyttet sentralt ledningsnett [4]. Disse forurensingskildene skal fjernes i arbeidet med separering og bekkeåpning.

Dyreliv i by forurenser vassdrag bakterielt, spesielt avføring fra fugler, duer, kjæledyr som hund og katt, og rotter i avløpssystemet. [4]. Bekkeløp og omgivelser bør utformes slik at de i minst mulig grad innbyr til opphold for fugler om en skal oppnå lavt innhold av tarmbakterier.

Det er lite sannsynlig at bakterier vil kunne renses effektivt i naturlige renseprosesser i Fredlybekken, i og med at oppholdstiden i bekken er så kort, i størrelsesorden 15-20 minutter i øvre del. Til sammenligning er det i en av de gjenåpnede bekkene i Oslo (en delstrøm av Hovinbekken) målt en rensegrad på opptil 92 % av e-coli i sommerhalvåret. I denne bekken har vannet en oppholdstid på 23 timer i [5], og kan delvis oppnå badevannskvalitet. Rensegraden ved oppholdstid på en time var målt til 25-40 %.

For å unngå bakteriell forurensing i Fredlybekken bør det fokuseres på å minimere tilførsel av bakterier. Feilkoblinger må rettes opp før bekken åpnes, og det bør ikke oppfordres til mating av fugler langs bekken. Det bør også settes opp avfallsbøtter for hundeposer langs turstien, og disse må tømmes jevnlig.

### 3.3 Vannkvalitetsdata fra Fredlybekken

I forbindelse med forskningsaktiviteter på NTNU er det gjort enkeltstudier på vannkvaliteten i Fredlybekkfeltet, men det foreligger ingen langtidsstudier. For delfelt Risvolla finnes det hydrologiske data fra 1988 og fram til i dag. I forbindelse med forprosjektet utarbeidet i 2013, ble det laget en egen vannkvalitetsrapport [2]. Tabell 3-1 viser variasjon i vannkvalitetsdata for forskjellige studier ved NTNU, og Tabell 3-2 viser en beregnet årlig belastning av suspendert stoff på de to øverste delstrekningene på 115 tonn med variasjon mellom 32 til 302 tonn/år. Med egenvekt på omtrent 2 tonn/m<sup>3</sup> utgjør det fra 16 til 150 m<sup>3</sup> partikler. Noe av dette tas ut i eksisterende sandfang før påslipp til overvannsledningene.

Helhetlig vurdering av Fredlybekken åpen og lukket løsning i øvre del på nedstrøms deler. Vannkvalitet.

Tabell 3-1: Sammenstilling av vannkvalitet i avrenning fra de ulike bruksarealene i nedbørsfeltet [2]

Arealbruk	Parameter	Variasjon		
		min	avg	max
Vei bolig	TSS (mg/L)	25	100	250
	P (mg/L)	0.15	0.25	0.5
	TKB (#/100 ml)	1000	1500	2000
Vei trafikert >5000	TSS (mg/L)	35	200	500
	P (mg/L)	0.15	0.25	0.5
	TKB (#/100 ml)	1000	1500	2000
bolig	TSS (mg/L)	15	70	200
	P (mg/L)	0.02	0.2	0.3
	TKB (#/100 ml)	1000	1500	2000
skog	TSS (mg/L)	10	30	80
	P (mg/L)	0.01	0.02	0.03
	TKB (#/100 ml)	350	600	700
jordbruk	TSS (mg/L)	50	100	200
	P (mg/L)	0.1	0.15	0.2
	TKB (#/100 ml)	350	600	700
Åpent område (gress)	TSS (mg/L)	20	30	50
	P (mg/L)	0.05	0.1	0.15
	TKB (#/100 ml)	350	600	700

Tabell 3-2: Beregnet belastning av suspendert stoff på de to øvre delene, del 1 og del 2, av Fredlybekken. [2]

Areal bruk	%	Avrenning (m3)	TSS (kg)			%
			min	avg	max	
DyrketMark	2,1 %	19773	989	1977	3955	1,7 %
Myr	0,1 %	412	8	12	21	0,0 %
Skog	6,2 %	49360	494	1481	3949	1,3 %
Sports plass	0,2 %	4408	66	309	882	0,3 %
Tettbebyggelse	56,8 %	1082253	16234	75758	216451	65,7 %
Bilvei	7,0 %	188155	4704	18815	47039	16,3 %
GangSykkelvei	0,4 %	8994	225	899	2249	0,8 %
Sterk forurenset bilvei	0,4 %	9690	339	1938	4845	1,7 %
ÅpentOmråde	26,9 %	470415	9408	14112	23521	12,2 %
Sum		1833460	32467	115302	302909	

For ytterligere opplysninger om forventet vannkvalitet henvises det til 415223-TVF-RAP-002 Vannkvalitet fra 2013.

### 3.4 Prøvetaking sommer 2018:

På grunn av lite data for vannkvaliteten på overvann i nedslagsfeltet til Fredlybekken ble det våren 2018 besluttet å ta vannprøver i tilknytning til bekken.

#### 3.4.1 Metode

Det ble tatt prøver i disse punktene:

1. Risvollan målestasjon (S1), 26 prøver. Døgnblandprøver.
2. Kum i Ullins veg ved lavbrekk i Utlervegen. 13 stikkprøver.

Helhetlig vurdering av Fredlybekken åpen og lukket løsning i øvre del på nedstrøms deler. Vannkvalitet.

Prøvene ble hentet en gang pr uke på hvert punkt og fraktet til laboratoriet på Institutt for Bygg og Miljøteknikk, Vann og Miljø. De fleste prøvene ble tatt på tørrvær.

Vannprøvene ble analysert for følgende parametere:

1. pH
2. Konduktivitet
3. TSS (filter med 1.2  $\mu\text{m}$  filter, veid, tørket ved 105°C, veid.
4. VSS (veid og tørket prøve fra TSS, brent på 550°C veid.

I tillegg tok NTNU ut prøver for FFF analyse (partikkelkarakterisering).

Det ble brukt to automatiske prøvetakere (ISCO samplers). Det ble tatt ut 12 prøver per dag (en prøve hver andre time). Prøvene ble daglig blandet til en blandprøve. Analyseperioden varte 3 uker.

### 3.4.2 Resultater

Tabell 3-3 og Tabell 3-4 oppsummerer prøveresultatene fra sommeren 2018.

Tabell 3-3: Prøveresultater sommeren 2018

Parameter	Målestasjon snitt (min/maks)	Ullins veg snitt (min/maks)
pH	7,8 (7,0/8,4)	7,7 (7,2/8,1)
Suspendert stoff (TSS) > 1,2 $\mu\text{m}$ [mg/l]	20 ( 2/122)	62 (2/445)
Organisk suspendert stoff (VSS) [mg/l]	4 (1/15)	10 (1/35)
Leire < 2 $\mu\text{m}$ [mg/l]	1 (0/13)	8 (0/84)
Andel i %	7 %	16 %
Silt 2-60 $\mu\text{m}$ [mg/l]	77 (0/96)	36 (0/329)
Andel i %	67 %	75 %
Sand > 60 $\mu\text{m}$ [mg/l]	2 (0/6)	4(0/11)
Andel i %	25 %	9 %

Tabell 3-4: Partikkelstørrelser i overvannsprøver tatt sommeren 2018

Sted	d10 snitt $\pm$ standardavvik [ $\mu\text{m}$ ]	d50 snitt $\pm$ standardavvik [ $\mu\text{m}$ ]	d90 snitt $\pm$ standardavvik [ $\mu\text{m}$ ]
Målestasjon	13 $\pm$ 8	78 $\pm$ 48	215 $\pm$ 90
Kum i Ullins veg	31 $\pm$ 26	125 $\pm$ 67	401 $\pm$ 174

### 3.4.3 Diskusjon

Prøvene tatt sommer 2018 ble tatt i en periode med unormalt tørt og varmt vær i Trondheim. Det er ikke sikkert at disse prøvene er representative for partikkelstørrelsen over året, men prøvene gir en indikasjon på vannkvaliteten som kan forventes i tørrværsperioder med TSS-innhold på gjennomsnittlig henholdsvis 20 og 62 mg/l i målestasjonen og i Ullins veg. Vannprøvene inneholdt hovedsakelig uorganisk materiale (80 %), med silt, 2-60  $\mu\text{m}$ , som dominerende fraksjon. I andre overvannsprøver tatt i Trondheim over året har den dominerende partikkelstørrelsene vært mindre.

Helhetlig vurdering av Fredlybekken åpen og lukket løsning i øvre del på nedstrøms deler. Vannkvalitet.

Vannprøvene er tatt i en spesiell tørr periode og kan derfor ikke regnes som typiske for overvannsavrenningen. De indikerer imidlertid at partikkelinnholdet ikke er høyere enn verdiene fra de tidligere studiene ved NTNU oppsummert i Tabell 3-1. Det tas utgangspunkt i et partikkelinnhold på 100 mg/l ved videre vurderinger.

## 4 Rensetiltak for åpen bekk

Det er i forprosjektet anbefalt partikkelfjerning med supersandfang ved tilløp til bekken, samt et våtmarksfilter så tidlig som mulig i åpen vannstreng for ytterligere partikkelfjerning ved start av bekkeåpningen ved Utleirvegen. Her vil vi vurdere bruk av sandfilter i stedet for våtmarksfilter.

Det anbefales å etablere supersandfang og /eller regnbed ved tilførsler av overvann langs bekken. Langs vannstrengen bør det etableres kantvegetasjon for å hindre erosjon og skape skygge for å minske risikoen for eutrofiering.

Naturbaserte rensertiltak vil til sammenligning med supersandfang være arealkrevende. Arealkravet for vått overvannsbasseng vil være 2-2.5 % av nedbørsfeltets reduserte areal, mens våtmark vil være 5 % av det reduserte arealet [6]. For et nedbørsfelt som Fredlybekken, blir arealbehovet urealistisk stort.

Naturlige prosesser i åpen bekk bidrar til forbedring av vannkvaliteten for eksempel ved bunndyrenes omsetning av organisk stoff og kantvegetasjonens opptak av næringsalter. Disse prosessene krever et oksygenrikt vann og bunndyrsfaunaen reduseres i variasjon og tetthet om bekkebunnen dekkes av slam og partikler fra overvannet. Det tilstrebes å gi gode forhold ved partikkelfjerning på innløp til bekken og ved å legge inn varierende fallforhold som gir god oksygenering av vannet.

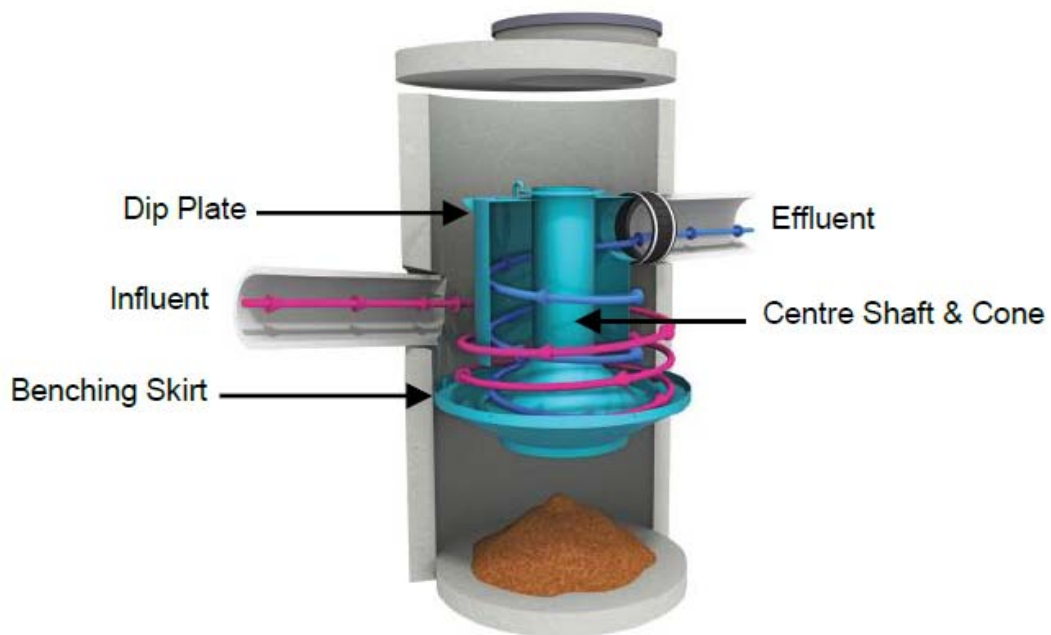
### 4.1 Supersandfang

Supersandfang er sandfang som har høyere separeringseffekt enn tradisjonelle sandfang ved at innløpet er eksentrisk og det er installert en hvirvelseseparator i kummen. Vannet ledes i en sirkelstrøm som øker avskillingskapasiteten, og det er utformet slik at sedimenterte partikler ikke blir re-suspendert ved stor vannføring. Det er flere produsenter av sandfang som bruker hvirvelstrømning for å forbedre separeringsegenskapene i USA og Tyskland. I det videre brukes eksempler og beregninger fra opplysninger gitt for Downstream Defender som produseres av Hydro International i Portland, Maine i USA [7].

Figur 4-1 viser et eksempel på supersandfang fra Hydro International. Supersandfanget må tømmes når slamlageret er fullt, og dette gjøres via sjakten i midten.

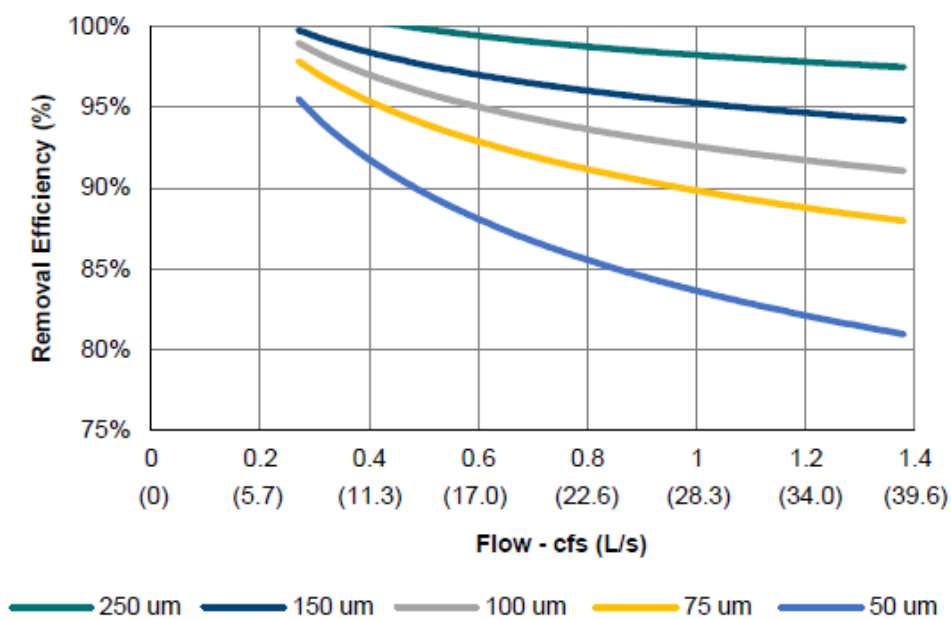


Helhetlig vurdering av Fredlybekken åpen og lukket løsning i øvre del på nedstrøms deler. Vannkvalitet.



Figur 4-1: Downstream Defender er et eksempel på supersandfang ([www.hydro-int.com](http://www.hydro-int.com)).

Hydro International har gjort laboratorieforsøk med suspendert stoff med forskjellige kornstørrelser av silica ( $\text{SiO}_2$ , 99,8 %). Figur 4-2 viser vannføring gjennom supersandfanget ved 80 % utskilling for prøver med fraksjoner med minimum kornstørrelse fra 50 til 250  $\mu\text{m}$ .



Figur 4-2: Sammenheng mellom vannføring og partikkelfjerning ned til minimum partikkelstørrelse testet for et 1200 mm supersandfang [4].

Helhetlig vurdering av Fredlybekken åpen og lukket løsning i øvre del på nedstrøms deler. Vannkvalitet.

Figur 4-2 viser resultater for partikkelfjerning i et testforsøk for et 1200 mm supersandfang. For partikler ned til

- 250  $\mu\text{m}$  fjernes 95 %
- 150  $\mu\text{m}$  fjernes 94 %
- 100  $\mu\text{m}$  fjernes 90 %
- 75  $\mu\text{m}$  fjernes 85 %
- 50  $\mu\text{m}$  fjernes 81%

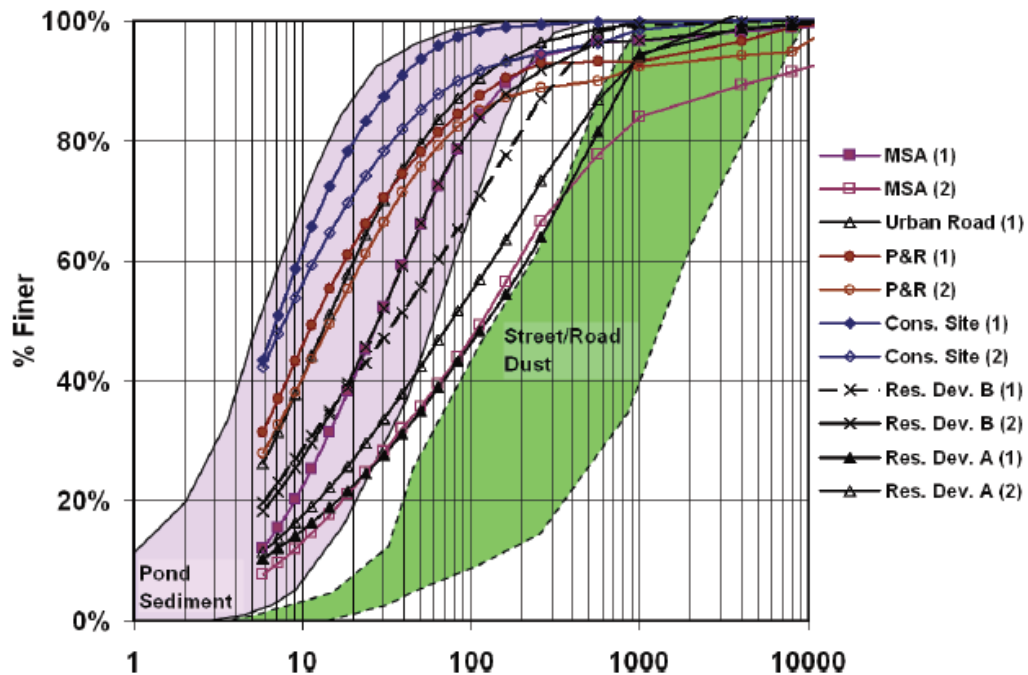
Hydro International oppgir maksimal vannføring for 80 % partikkelavskilling for ulike fraksjoner for forskjellige størrelser av supersandfang som vist i Tabell 4-1.

*Tabell 4-1: Sammenheng mellom vannføring og partikkelfjerning ned til minimum partikkelstørrelse beregnet med lineær regresjon i forhold til overflatebelastning [4].*

Down To Particle Size ( $\mu\text{m}$ ) – Treatment Flow Rate										
Model	50 $\mu\text{m}$		75 $\mu\text{m}^{(1)}$		100 $\mu\text{m}^{(1)}$		150 $\mu\text{m}^{(1)}$		250 $\mu\text{m}^{(1)}$	
ft. (m)	(cfs)	(L/s)	(cfs)	(L/s)	(cfs)	(L/s)	(cfs)	(L/s)	(cfs)	(L/s)
4 (1.2)	1.38	39.1	2.20	62.4	2.85	80.7	3.00	85.0	3.00	85.0
6 (1.8)	3.11	88.0	4.96	140.3	6.41	181.6	8.00	226.5	8.00	226.5
8 (2.4)	5.52	156.2	8.82	249.6	11.40	322.9	15.00	424.8	15.00	424.8
10 (3.0)	8.62	244.1	13.73	388.8	17.73	502.1	25.00	707.9	25.00	707.9
12 (3.6)	12.42	351.7	19.98	565.8	25.79	730.3	38.00	1076.0	38.00	1076.0

Testene og beregningene for egenskapene er basert på kontrollerte laboratorieforsøk. Hydro International har også analysert sedimenter fra supersandfang som er i bruk på ulike steder og har funnet partikkelstørrelser ned til under 10  $\mu\text{m}$  [8]. Dette viser at supersandfangene kan holde tilbake store deler av siltfraksjonen [4].

Helhetlig vurdering av Fredlybekken åpen og lukket løsning i øvre del på nedstrøms deler. Vannkvalitet.



Figur 4-3: Analyse av partikkelfordeling i sedimenter fra installerte supersandfang [5a].

Det planlegges 4 supersandfang før kryssingen av Utleirvegen for å fjerne partikler fra vannet før det slippes ut i bekken. Det er valgt å dimensjonere supersandfangene for 2-års regn. Supersandfangene har relativt høy kostnad, og øker i kostnad med størrelse. Det vil derfor være hensiktsmessig å velge så de mest kostnadseffektive størrelsene med tanke på partikkelavskilling. Ved avrenning som er så store at kapasiteten overskrides, vil de overskytende vannmassene gå i overløp forbi supersandfanget for å unngå overbelastning. Det antas at det forurensingene ved større regnskyll er mer fortynnet enn ved små regnhendelser, samt at vannhastigheten i bekken er så store at sedimentering av suspendert stoff og partikler i bekken vil bli av lite omfang.

- 1 supersandfang (d=1800mm) renser vegvann fra Utleirvegen på strekningen fra Volvevegen til Otilienborgvegen.
- 1 supersandfang (d= 1800mm) renser vann fra Steindalsvegen og Nardocenteret (takvann og parkeringsareal).
- 1 supersandfang (d=3000mm) renser ny PE1000 langs Steindalsvegen
- 1 supersandfang (d=3000mm) renser ny PE1000 fra Otilienborgvegen.

I Tabell 4-3 er det vist en sammenstilling av mulig dimensjonering av supersandfangene ved Utleirvegen basert på en grov avrenningsberegning og følgende:

- gjennomsnittlig TSS-innhold på 100 mg/l
- 80 % partikkelavskilling i supersandfang
- tørrstoffinnhold i sedimentlageret har en konsentrasjon 800 g/l

Helhetlig vurdering av Fredlybekken åpen og lukket løsning i øvre del på nedstrøms deler. Vannkvalitet.

Tabell 4-2: Supersandfang ved Utleirvegen.

	Utleirvegen vegvann	Othilienborg	Steindalsvegen	Steindal/ Blakli
Ca. areal [ha]	1	60	40	60
Avrenning ved 2-års regn [l/s]	85	876	1100	876
Valgt størrelse, diameter [mm]	1200	3000	3000	3000
Valgt antall supersandfang	1	1	1	1
Lagringsvolum for sedimenter [m <sup>3</sup> ]	0.53	6.59	6.59	6.59
Oppsamlingsmengde TSS før tømming [kg] (ved 800 kgTSS/m <sup>3</sup> )	424	5 272	5 272	5 272
Største vannføring med god avskilling (80 %) [l/s]	39	244	244	244
Kapasitet gjennomstrømning [l/s]	85	708	708	708
Vannmengde før lagringskapasitet er nådd [m <sup>3</sup> ] (ved 80 mg TSS/l)	5 300	65 900	65 900	65 900
Avrenning gjennomsnittsårlig [m <sup>3</sup> ]	7 850	162 000	108 000	162 000
Antall tømminger per år	1.5	2.5	1.6	2.5

For observerte partikkelstørrelser i kum Ullins veg med gjennomsnittlig partikkelstørrelse 125  $\mu\text{m}$  viser laboratorieforsøk at en vil få en reduksjon på ca 90 % ved vanngjennomstrømning (39 l/s).

## 4.2 Terskler, fossefall og variasjoner i vannstrengen

Øvre ende av åpen bekk starter med delstrekning 7, ved profil 2000 på kote 62,98. Videre fall på bekken er 3,77 %, og i dette partiet bør det skapes variasjon i og langs vannstrengen, med rislepartier (små fossefall), terskler, små dammer, og med kurvatur i vannstrengen. Bekken bør utformes med varierte strømnings- og dybdeforhold og tilrettelegges for god innblanding av oksygen i vannet. Dette vil være en fordel for biologisk mangfold, bunndyrgrupper og andre organismer som vi ønsker å ha i bekken. Bunndyr er svært viktige for vannkvaliteten og for mye av det dyrelivet vi vil finne både i og ved vassdraget. Bunndyr kan være ulike insektslarver, vannmidd og snegler. Et intakt bunndyrsamfunn er viktig for å opprettholde vassdragets naturlige selvrensingsevne. I del 7 har bekken godt fall med mulighet for god innblanding av oksygen i vannet, noe som fremmer den biologiske omsetningen vi ønsker, og reduserer risikoen for algeoppblomstring og oksygensvikt.

## 4.3 Filter

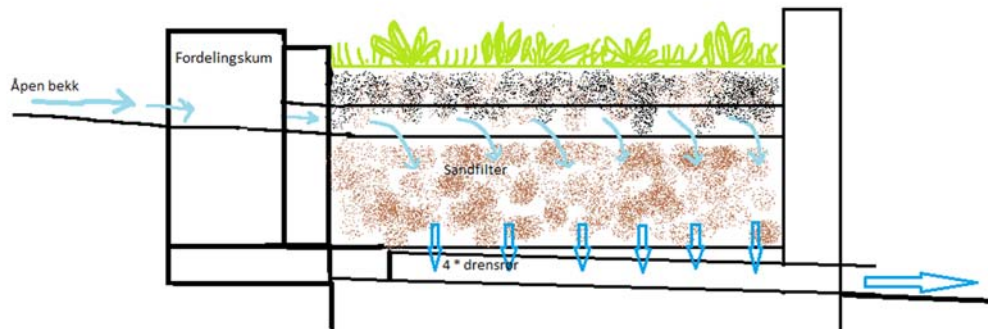
I vannkvalitetsrapporten til forprosjektet er det anbefalt våtmarksfilter for ytterligere partikkelfjerning og planteopptak av næringssalter og andre løste forbindelser. Våtmarksfiltere kan konstrueres både med og uten fritt vannspeil. Her bør det ikke være fritt vannspeil med stående vann for å unngå eventuell myggproblematikk. I forprosjektet er det lagt opp til at et våtmarksfilter skal ha kapasitet på 50 l/s [1]. Vannkvalitetsdataene gjengitt i vannkvalitetsrapporten til forprosjektet angir at det kan være behov for fosforfjerning [2]. Vanligvis krever et våtmarksfilter mer enn 5 % av det bidragende nedslagsfeltets areal. I Statens Vegvesens rapport Vannbeskyttelse i vegplanlegging og vegbygging [5] er det angitt at et våtmarksfilter ikke bør belastes med mer enn 5 g P/m<sup>2</sup> år. I Tabell 3-1 er det oppsummert eldre vannkvalitetsdata fra Fredlybekken. Dimensjoneringskriteriene i forhold til areal og fosforbelastning gir areal på flere daa, langt større enn det er plass til.

Det aller meste av fosforet er knyttet til partikler og mye vil fjernes i supersandfangene. Et filter kan gi ytterligere partikkelreduksjon og dermed også redusert fosforinnhold. Filteret kan plasseres i området fra profil 1880 – 1915 der det er halvannen meter høydeforskjell. Det foreslås at filteret i hovedsak bygges som et sandfilter men med innblanding av noe jord, slik at det kan beplantes for

Helhetlig vurdering av Fredlybekken åpen og lukket løsning i øvre del på nedstrøms deler. Vannkvalitet.

mulig opptak av det lettest biologisk tilgjengelige fosforet, og for at plantene skal bidra til å holde overflata permeabel. Det er mulig lede vann ut på overflata slik at det synker ned i filteret eller å bruke infiltrasjonsrør i filtermassen. I vannkvalitetsrapporten fra 2013 er det angitt mulige planter [2].

Filteret bør bygges i en betongkonstruksjon for lettere utskifting av filtermassen. Oppstrøms vil bekken begrenses av en demning med fordelingskum med vannføringsregulator, som slipper mindre vannføringer inn på filteret. Vannet perkolerer gjennom sanda og fanges opp av drensledninger i bunn, som går ut gjennom nedstrøms vegg. Større vannføringer vil føres forbi filteret i rør til utslipp i bekken.



Figur 4-4: Illustrasjon av sandfilter med fordelingskum på innløpet.

En må påregne årlig utskifting av hele eller øvre deler av massene i filteret i tillegg til å følge opp planter på toppen slik at filteret ikke gror igjen og at ønsket vegetasjon opprettholdes. Med infiltrasjonsrør under overflata unngås fritt vannspeil på toppen og det kan forbedre funksjonen vinterstid.

Tykkelsen på filterlaget angir vanligvis til 0,5-0,9 m [3], mens de underliggende drensørene legges med fundament og omfyllingsmasse av pukk. Det må benyttes en relativt grov sand for å oppnå kapasitet på 50 l/s. Filteret må ta 0,4 l/s·m<sup>2</sup> om det bygges med areal på 125 m<sup>2</sup>. Renseeffekten i et slikt filter vil være lavere enn verdiene oppgitt i [3], 70-90 % for suspendert stoff og 50-70 % for total fosfor.

Filteret var plassert oppe ved Utleirvegen i forprosjektet fra 2013 [1]. Da ble det planlagt adkomst til filteret gjennom gangkulverten som skulle forbinde turvegen oppover mot Estenstadmarka. Plasseringen ga mulighet for at kun vann fra supersandfangene gikk inn på filteret via eget rør. Med ny plassering ved profil 1900 vil adkomsten måtte skje langs bekken fra Ullins veg. Adkomsten må være 2,5-3 m bred og fundamentert godt nok til å komme fram med ei lita gravemaskin og liten lastebil eller traktor med tilhenger for massetransport til og fra filteret. Adkomsten vil også få funksjon som driftsveg for åpen bekk og ledningene nedover dalen.

Bekken åpnes en strekning oppstrøms filteret, og ved vannføringer over kapasiteten til supersandfangene vil filteret belastes med blanding av behandlet og ubehandlet vann. Men med supersandfangene dimensjonert for toårsregn, vil det ikke skje særlig ofte.

Det er usikkert hvor stor renseseffekt filteret vil få, og det vil kreve en del drift og vedlikehold. I hovedsak vil filteret fjerne partikler og oppholdstiden blir for kort til å få stor effekt på næringsalter. Et alternativ er å heller bygge flere supersandfang på lettere tilgjengelig lokalitet. Figur 4-2 viser hvordan utskillingseffekten i supersandfangene reduseres med økende vannføring, og det kan gi en bedre effekt på den totale partikkelfjerningen å heller bruke flere supersandfang for å redusere vannføringen gjennom dem, enn ved å bygge filter.

Helhetlig vurdering av Fredlybekken åpen og lukket løsning i øvre del på nedstrøms deler. Vannkvalitet.

#### 4.4 Dammer

Nedenfor filteret kan det vurderes å anlegge en dam der restpartikler kan sedimentere før vannet renner videre i bekken. Dammer kan gi klarere vann, biologisk variasjon og bedre opplevelse av vassdraget i tillegg til å bidra med fordrøyning. Samtidig kan dammer gro igjen og være utsatt for algeoppblomstring dersom tilførselen av næringsstoffer er for stor. For ytterligere fosforfjerning kan det plantes vannplanter i dammen.

#### 4.5 Kantvegetasjon

Rundt dammer og langs bekken bør det anlegges egnet kantvegetasjon for å skape skygge. Sollys på steder med stillestående vann øker faren for eutrofiering. I tillegg bør velges planter som vokser under vann og som er egnet til å ta opp mye fosfor i kanten av dammer.

#### 4.6 Regnbed

Videre nedover bekken tilføres det overvann fra boligene i området. Dette bør føres i drenggrøft/pukkstreng og via supersandfang og/eller regnbed før det slippes i bekken. Regnbed er en ca. 20 cm forsenking i terrenget som beplantes. I denne forsenkingen kan vannet stå i opptil 12-24 timer etter siste regnhendelse før det dreneres. Regnbedet har i tillegg til å fordrøye overvannet en god renseseffekt på mange av stoffene vi ikke ønsker å ha i overvannet. Forventet renseseffekt vil være avhengig av vannets sammensetning, men tabell 5-1 gir en indikasjon på forventet renseseffekt.

Tabell 4-3: Typisk forventede renseseffekter gjennom regnbed ([1]; Davies m. fl. 1998, Muthanna m. fl. 2007)

	Forventet renseseffekt
Total fosfor	70-83 %
Metaller (Cu, Zn, Pb)	93-98 %
TKN	68-80 %
Suspendert stoff	90 %
Organiske stoffer	90 %
Bakterier (TBK)	90 %

### 5 Rensetiltak ved lukket bekk i øvre del

Generelt er det en fordel å rense vannet så langt oppe i nedbørsfeltet som mulig, slik at forurensinger ikke dras med nedover vannstrengen. I prinsippet kan de samme tiltakene som for åpen bekk brukes for lukket bekk. Det er effektene av den åpne bekken i seg selv med vegetasjon i kantene og dammer, bunndyrsfauna og lufting i varierende strømforhold som ikke vil forekomme med lukket løsning i øvre del

#### 5.1 Supersandfang

Supersandfang etableres på samme måte og samme sted uavhengig av om bekken beholdes lukket eller åpnet i del 7, og vil bidra til partikkelfjerning uavhengig av nedstrøms løsninger. Dette vil føre til færre partikler i vannet nedstrøms og i utslippet til Nidelva.

#### 5.2 Filter

Det er mulig å etablere et filter på delstrekning 7 etter samme prinsipp som for åpen bekk. Dette vil kunne forbedre vannkvaliteten for de nedre delene, der det ikke er samme muligheter for å etablere filter på grunn av arealbruk og fallforhold.

Helhetlig vurdering av Fredlybekken åpen og lukket løsning i øvre del på nedstrøms deler. Vannkvalitet.

### 5.3 Regnbed

Regnbed kan etableres på delstrekningene for rensing av overvann fra tilliggende eiendommer før vannet føres videre i rør. Regnbed er også tiltak som kan brukes i oppstrøms deler av feltet for generell bedring av vannkvaliteten.

## 6 Påvirkning av løsning i del 7 på nedstrøms delstrekninger

Figur 2-1 viser løsningen med kombinasjon av åpne og lukkede delstrekninger fra Nidelva opp til Utleirvegen. Del 6 mellom Ullins veg og Klæbuvegen er planlagt lukket, da det er for trangt mellom dagens bebyggelse til å få plassert en åpen bekk med kapasitet til å ta høye vannføringer. Det kan være mulig å ha en liten bekk på strekningen for å ta en liten vannføring i tørrvær, mens vannføring forårsaket av regnavrenning og snøsmelting må føres i rørledning. En liten bekk på overflata er ikke tidligere vurdert og er heller ikke tatt med videre i vurderingene her. Alternativene med åpen bekk eller overvannet i rør i del 7 har ikke noen konsekvens for del 6.

Det er den senere tiden arbeidet med flere alternativer for å lede bekken i rør gjennom Nidarvoll skole som alternativ til åpen bekk på delstrekning 4 og 5 forbi skolen. Videre er det utarbeidet alternativ plan for å føre bekken i rør langs Sluppenvegen fra Nidarvoll skole i stedet for åpen bekk i del 3. Vinteren 2019 skal det bygges rørgjennomføring under E6 parallelt med Sluppenvegens kulvert og ned til Nidelva. Forprosjektets løsninger for del 1 og 2 vil derfor ikke være aktuelle og eventuell åpen bekk i del 3 må føres langs påkjøringsrampa til omkjøringsvegen til rørgjennomføringen ned til Nidelva.

Del 5 er i forprosjektet planlagt som en 40 m lang støpt kanal for å plassere bekken på nødvendig høyde uten å ta for mye areal fra skoletomta. Kanalen kan fundamenteres på fast grunn i utkanten av avfallsdeponiet. På dette partiet er det lite areal tilgjengelig for renseløsninger. Variasjoner som kan oppnås er varierende bredde, bølgeformet bunn med faststøpte steiner eller små terskler der vann blir holdt igjen for å unngå at bunnen tørker helt ut. Alternativt kan det brukes rør på delstrekningen.

Del 4 går over eksisterende avfallsdeponi med et fall på 0,26 %. Ved utløpet fra del 5 planlegges en dam for å minke vannhastigheten i overgangen fra den støpte kanalen. Rundt dammen og videre nedstrøms plantes kantvegetasjon for å skape skyggepartier. Etter dammen bør det etableres små terskler. Her planlegges det svinger, terskler og små/middels store dammer.

Del 3 går over eksisterende avfallsdeponi, med våtmarksfilter for å rense lokal tilrenning fra Bratsbergvegen og Bård Iversens veg. I nedre del ble det i forprosjektet fra 2013 valgt løsninger med et mer parkmessig og urbant preg med mindre innslag av vegetasjon.

Åpen bekk i del 4 og 5 får lite fall og liten mulighet for å tilrettelegge for oksygeninnblanding og har dermed mindre potensiale for selvrensing enn del 7. Åpen bekk i del 7 med filtrering, god oksygeninnblanding og omsetning av lett tilgjengelig fosfor og organisk stoff, vil redusere risikoen for algeoppblomstring i del 4 og 5 ved skolen.

Ved lukket bekk i del 7, vil vannet ha lavere oksygeninnhold og høyere innhold av næringsalter og organisk stoff forbi Nidarvoll skole. En vil da få høyere biologisk aktivitet i del 4 og 5 og høyere risiko for algeoppblomstring og oksygensvikt.

Del 3 har noe større fall enn del 4 og 5 og dermed større muligheter for oksygeninnblanding og ytterligere forbedring av vannkvaliteten før utslippet i Nidelva.

Det anbefales at bekken åpnes i del 7 om den skal være åpen i nedre del forbi Nidarvoll skole.

Helhetlig vurdering av Fredlybekken åpen og lukket løsning i øvre del på nedstrøms deler. Vannkvalitet.

## 7 Konklusjon

Det er nødvendig med god partikkelavskilling på de større påslippene til bekken. Dette kan oppnås ved bruk av supersandfang, eventuelt i kombinasjon med filter og regnbed. Det er ikke plass nok til å bygge våtmarksfilter eller sandfilter i henhold til vanlige dimensjoneringskriterier, og renseseffekten av slike filtre i Fredlybekken vil være lavere enn oppgitt i litteraturen.

Del 7 har godt fall og det er mulig å bygge en åpen bekk med varierende strømningsforhold for god oksygeninnblanding med terskler, fossefall, variasjon i vannstrengen, dammer, kantvegetasjon og regnbed. Det gir godt grunnlag for selvrensing i bekken ved biologisk omsetning ved hjelp av bunndyrsfauna og kantvegetasjon. Da vil det være mindre lett tilgjengelige stoffer for biologisk vekst og mulig oksygenvikt i åpen bekk ved Nidarvoll skole.

Det anbefales at bekken åpnes i så stor lengde/utstrekning som mulig i øvre del dersom den skal åpnes ved skolen og videre nedover mot E6.

## 8 Referanser

[1]: Multiconsult rapport 415223-TVF-RAP-001-rev01: Forprosjekt Fredlybekken. Beskrivelse av forprosjekt. Dato 10.05.2013

[2]: Multiconsult rapport 415223-TVF-RAP-002: Forprosjekt Fredlybekken. Vannkvalitet i Fredlybekken. Dato: 14.03.2013.

[3]: Klima- og forurensingsdepartementet: Beregning av forurensing fra overvann. Rapport 2012- Tilgjengelig fra <http://www.miljokommune.no/Documents/Vannforvaltning/Overvann/Beregning%20av%20forurensning%20fra%20overvann%20COWI%202012.pdf>

[4]: Mæhlum, 2017: *Utfordringer med vannkvalitet med hensyn til hygiene i restaurerte urbane vassdrag som benyttes til bading, rekreasjon og parkmiljø*. VANN 4/2017.

[5]: Krystad, R., A.M. Paruch, L. Paruch og T. Mæhlum, 2017: *Gjenåpning av byvassdrag: Forekomst, kilder og rensing av E.Coli i Tegilverksdammen i Hovingbekken, Oslo*. VANN, 4/2017.

[6]: Statens vegvesen: Vannbeskyttelse i vegplanlegging og vegbygging, rapport nr 295, 2014.

[7]: Hydro International: Technical Abstract Downstream Defender® - Sizing For Different Sediment Distributions

[8]: Faram M.G., Iwugo K.O. og Andoh R.Y.G.: A field study of sediments captured by flow-through stormwater interceptors, NOVATECH 2007: 6th International Conference on Sustainable Techniques and Strategies in Urban Water Management, Lyon, France, 25-28 June, pp 641-648