



# VEJLEDNING

Testprocedure for renseløsninger til regnafstrømning

Projektnetværk Regnkvalitet der BAT'er

## **Vejledning - Testprocedure for renseløsninger til regnafstrømning**

**Udgave 17, 2021**

### **Vejledning udarbejdet under projektnetværket - Vandkvalitet der BAT'er**

#### **Projektnetværkets medlemmer:**

København Kommune

Aarhus Kommune

Gentofte Kommune

Gladsaxe Kommune

Esbjerg Kommune

Viborg Kommune

Skanderborg kommune

Brøndby kommune

Herlev Komune

Rudersdal Kommune

Lyngby-Taarbæk Kommune

Roskilde Kommune

HOFOR

DIN Forsyning

Aarhus Vand

Skanderborg Forsyning

Novafos A/S

Forsyning Helsingør A/S - Spildevand

Lyngby-Taarbæk Forsyning A/S

SAMN Forsyning

Energi Viborg

Hillerød Forsyning

Byggros

WaterCare

Wavin

Lapinus

Solum

IBF

DJ MILJØ & GEOTEKNIK P/S

WSP Danmark

Cowi

SWECO

Teknologisk Institut

Danmarks Tekniske Universitet

Københavns Universitet

Syddansk Universitet

Aalborg Universitet

VIA University College

## Forord

Denne vejledning er udarbejdet af 'Projektnetværket Regnkvalitet der BAT'er' – ledet af Teknologisk Institut. Projektnetværket har til formål at bidrage til løsning af flere problemstillinger inden for rensning af regnafstrømning. Herunder problemstillingen:

### **Mangel på national procedure for test af renseløsninger til regnafstrømning**

Projektnetværket har haft deltagelse af 12 kommuner, 14 forsyninger, 7 producenter, 3 rådgivere og 6 vidensinstitutioner fra hele landet. Derudover har Miljøstyrelsen, Spildevandskomitéen og KL fulgt projektet og deltaget i workshops og møder.

En arbejdsgruppe bestående af repræsentanter fra kommuner, forsyninger, producenter og vidensinstitutioner, har arbejdet med udformning af denne vejledning, indeholdende beskrivelse af test for renseløsninger til regnafstrømning. Arbejdet, udført af arbejdsgruppen, er undervejs blevet fremlagt til og evalueret af hele projektetnetværket

Formålet med denne vejledning er at give en testprocedure til test af renseløsninger til regnafstrømning. Testproceduren skal medføre resultater, der er sammenlignelige på tværs af forskellige renseløsninger.

Projektetnetværket håber at vejledningen fremadrettet, vil bidrage til samling af et nationalt katalog over renseteknologiers renssevne.

# Indhold

<b>1. Beskrivelse af kontekst</b> .....	6
<b>2. Formålet med vejledning</b> .....	8
<b>3. Den overordnede ramme</b> .....	9
<b>4. De forskellige niveauer af test</b> .....	10
4.1 Overordnede test beskrivelser.....	10
4.1.1 Måleparametre .....	12
4.2 Parametre liste til Laboratorietest, Pilottest og Feltmålinger .....	13
4.2.1 Laboratorietest og pilottest (regnvandscocktail).....	13
4.2.2 Feltmålinger (regnhændelse).....	14
<b>5. Udførelse af test</b> .....	15
5.1 Laboratorietest .....	15
5.1.1 Test af renseevne for opløste kemiske stoffer .....	15
5.1.2 Test af renseevne for partikler.....	16
5.2 Pilottest.....	17
5.2.1 Test af renseevne for opløste kemiske stoffer .....	17
5.2.2 Test af renseevne for partikler.....	18
5.3 Feltmålinger .....	19
5.4 Prøvetagning.....	20
<b>6. Afsluttende arbejde</b> .....	20
<b>7. Referencer</b> .....	21
<b>8. Appendiks</b> .....	23



## 1. Beskrivelse af kontekst

Baggrunden for vejledningen er, at der i forbindelse med udledning og nedsivning af regnafstrømning stilles krav om rensning af vandet inden det når recipienten, for derved at mindske miljøbelastningen fra forurenende stoffer i regnafstrømningen til recipienterne.

Hvilke krav der stilles, er afhængige af udledning, opland og recipient, dog arbejdes der ofte med begrebet Best Available Technology (BAT), som den bedst tilgængelige teknologi/teknik.

Ved behov kan myndighederne stille yderlige krav til dokumentation, fx hvis der er tale om en særlig sårbar recipient som kræver særlig rensning udover BAT-niveauet.

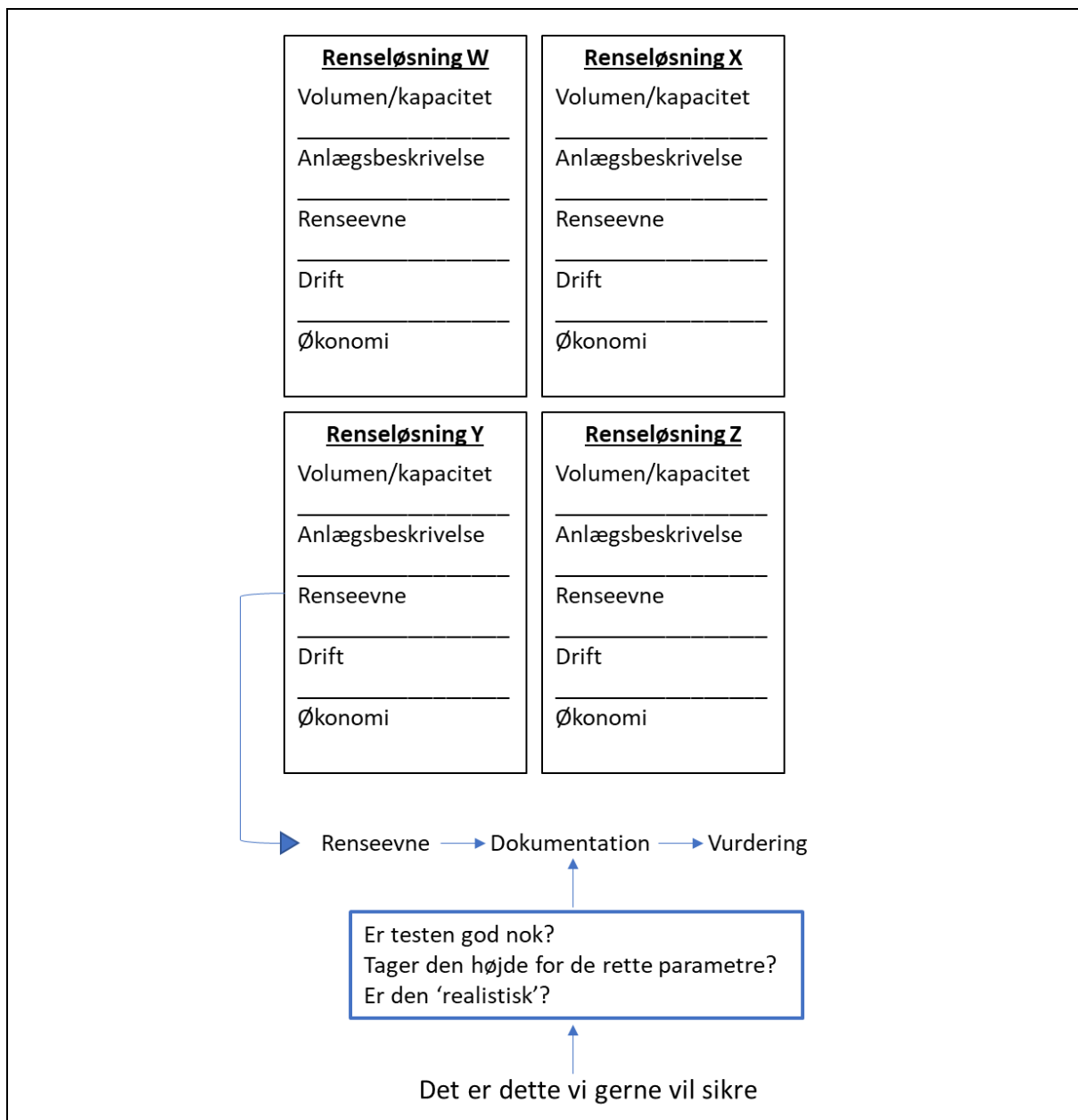
Våde regnvandsbassiner bliver ofte betegnet som BAT, på baggrund af mange års erfaring med brug, dimensionering og dokumentation, samt bl.a. kendelse NMK-10-00964/NMK-10-00834 fra Natur- og Miljøklagenævnet, om brug af våde bassiner som BAT. Dog er BAT ikke nødvendigvis én bestemt teknologi, det er en generel vurdering af det opnåelige, og en retlig standard, som omfatter både teknikker og procedurer. Derfor vil flere forskellige renseløsninger kunne være BAT, men pga. den manglende erfaring med og dokumentation af renseteknologier til regnafstrømning har de svært ved at opnå statussen og derved har nye teknologier udfordringer med at komme ind på markedet. Før nye renseløsninger kan vinde indpas på markedet, er der ofte behov for valid dokumentation af teknologiens renseseffekt.

Selvom renseevnen af nuværende og nye renseløsninger kan være dokumenteret, i større eller mindre grad, er dokumentationen ofte forskellig, hvilket besværliggøre vurderingen af renseløsningens dokumentation og sammenligningsgrundlaget for forskellige renseløsninger.

Behovet for at udvikle en vejledning til testprocedurer, som fremover kan medføre et lettere og mere gennemskueligt grundlag for branchen at vælge en renseløsning ud fra, er stor.

Generelt er der et stort ønske om et katalog over renseløsninger, der tager højde for både pladskrav, økonomi, levetid, drift mm. Her vil vi henvise til 'Innovationsprojekt 10 – Regn med kvaliteten' under Vand i Byer, afsluttet i 2014, hvor der blev udviklet en skabelon for renseløsninger, med formålet at skabe overblik over produkter og gøre dem sammenlignelige med hensyn til renseevne og andre væsentlige parametre som drift, økonomi, levetid, pladskrav, kapacitet, restprodukter m.v. (<https://www.vandibyer.dk/media/1101/notat-faktablade-september-2014.pdf>).

Denne vejledning skal give inputs til skabelonen eller lignende tiltag, og vil omhandle renseevnen, skitseret i Figur 1.



FIGUR 1: OVERBLIK OVER VEJLEDNINGENS FOKUSOMRÅDE, MARKERET MED BLÅ FIRKANT

## 2. Formålet med vejledning

Hovedformålet med denne vejledning, er at komme med en vejledning på testmetoder til vurdering af renssevnen for renseløsninger til regnafstrømning.

Som vist i Figur 1, er målet at dokumentere renssevnen, der derved kan bruges til en vurdering af renseløsningen. Vigtigheden med dokumentationen er at den er dækkende til at kunne foretage den rigtige vurdering.

Dokumentationen skal simulere virkeligheden så godt som muligt, men samtidig også være praktisk mulig, og sikre at renseløsninger kan sammenlignes.

I vejledningen foreslås tre forskellige fremgangsmåder at dokumentere renseløsningens renssevne på. Alle tre fremgangsmåder bygger på videnskabelig forskning og overvejelser, samtidig med at der er taget højde for:

- Renseløsningernes forskelligartethed
- Forskellige dokumentationsstadier
- Den praktiske udførelse

Fremgangsmåderne er udviklet i dansk regi, men er inspireret af standarder for dokumentering af renseløsninger for regnafstrømning fra andre lande.

I de forskellige fremgangsmåder er de foreslået test- og målemetoderne til for at give et ensartet og gennemskueligt dokumentationsgrundlag til at vælge renseløsninger ud fra. Det skal pointeres, at vejledningen og de foreslåede test- og målemetoder er af vejledende karakter.

Det er vigtigt at påpege at indhentning af ny viden indenfor området ikke kan undgås og at vejledningen giver en anbefaling ud fra eksisterende viden. Det er planen at vejledningen opdateres løbende.

De foreslåede testprocedurer kan anvendes på tekniske renseløsninger hvor dimensionering og flowkapacitet allerede er defineret af producenten.

Testen kan udføres af producenten eller et testlaboratorie og skal vurderes af en uvildig part med den rette baggrundsviden.

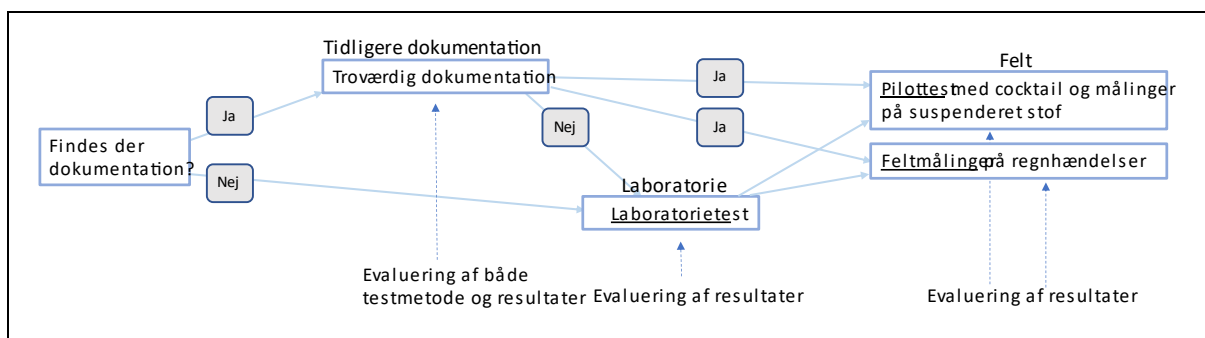


### 3. Den overordnede ramme

Mange renseløsninger til regnafstrømning, der benyttes i dag har været igennem en længere testserie, dog på forskellige måder. De renseløsninger der bruges i Danmark, kan derfor allerede være veldokumenterede i Danmark eller andre lande. Denne dokumentation bør altid indgå i en samlet evaluering af renseløsningen.

Et forslag til en systematisk gennemgang af dokumentationsgrundlaget for en renseløsnings renssevne er vist i Figur 2. Figuren er en vejledning til, hvilke test man kan lade sin renseløsning undergå alt efter hvilket stadie den allerede er dokumenteret i.

De understregede test, er test foreslået i denne vejledning. Disse test er standard test og giver brugeren mulighed for at have fokus på resultaterne og ikke selve testmetoden.



**FIGUR 2: SYSTEMATISK GENNEMGANG AF DOKUMENTATIONSGRUNDLAGET FOR EN RENSELØSNINGS RENSEEVNE (UNDERSTREGEDE TEST ER DEM DER PRÆSENTERES I AFSNIT 4.)**

## 4. De forskellige niveauer af test

Hvordan dokumenterer man en renseløsnings virkning?

Når renseevnen for renseløsninger skal dokumenteres, er der mange vigtige ting at holde sig for øje og det er ikke en ligefrem procedure.

Ofte er en renseløsning en del af et større anlæg og renseevnen vil derfor afhænge af to overordnede ting:

- Renseløsningens iboende egenskaber som fx sorptionskapacitet, filtreringsevne, sedimentationsmulighed, pH, biologisk nedbrydning mm.
- Anlæggets egenskaber som fx vandflow, kontakttider, stillestående vand, vandvolumen mm.

En renseløsning skal dokumenteres i felten og for udokumenterede renseløsninger også i laboratoriet.

I felten kan der benyttes rigtige regnhændelser, regnvandscocktail, eller en kombination af disse, til at lave test.

I laboratoriet kan testen udføres med syntetisk vand, hvor relevante parametre og koncentrationer kan testes.

De forskellige parametre og test medier er forsøgt taget højde for i udviklingen af dokumentationsprocedurer for renseløsninger, og de er en kombination af målinger i felten, samt test i laboratoriet eller felten, og medfører at metoderne er sammenlignelige.

### 4.1 Overordnede test beskrivelser

De foreslåede test/målinger, kan benyttes på renseløsninger, der som minimum er klar som testpiloter. Dette betyder at testene vil foregå på mini-modeller/pilotanlæg eller på fuldskala-anlæg, hvor der forelægger dimensionering og flowkapacitet fra producenterne. Nedskalering kan være nødvendigt, idet fuldskalateste af renseløsninger kan være meget omfattende.

Denne vejledning anbefaler at der foretages laboratorietest for renseløsninger, der fortsat er i udviklingsfasen og hvor der endnu ikke foreligger dokumentation på. For renseløsninger, der forefindes som pilottest eller som etablerede anlæg anbefales det at lave pilottest eller feltmålinger.

De anbefalede test: laboratorie, pilottest og feltmålinger (understregede test fra Figur 2) er uddybet i Tabel 1, med en beskrivelse af, hvornår de foreslås brugt.

**TABEL 1: OVERBLIK OVER DE TRE TYPER FOR TEST/MÅLEPROCEDURER DER FORESLÅS**

Type af test	Testmedie	Type	Foreslået brugt
<b>Laboratorietest</b>	Regnvands-cocktail	Minimodel, pilotanlæg i laboratoriet (eller test af sorbent)	Når der ikke findes eller der er utilstrækkelig/sparsom information om renseløsningens renseevne, startes der op med laboratorietest. Følges op med test i felten. Brugen af laboratorietest giver en god forståelse for renseevnen og man har bedre kontrol over processerne og prøvetagningen er derved behæftet med færre usikkerheder end i felten.
<b>Pilottest – Pilotanlæg eller fuldskalaanlæg</b>	Regnvands-cocktail og Regnhændelser	Test af pilotanlæg ved anvendelse af regnvandscocktail samt målinger på suspenderet stof ved rigtige regnhændelser.	Når der forefindes tilstrækkelig viden fra tidligere undersøgelser enten modeller, laboratorietest eller andet steds fra. Udover den foreslåede cocktail kan særlige interessante stoffer også undersøges. Brugen af regnvandscocktail frem for brugen af regnhændelser, giver mulighed for at teste på forudbestemte koncentrationer, samt man ikke er afhængig af vind og vejr. Desuden kan man tilsætte stoffer i koncentrationer som man er sikker på, er over detektionsgrænsen, og dermed teste anlægget i et 'worst case scenario'. Test på suspenderet stof foretages på regnhændelser og frarådes foretaget sammen med regnvandscocktailen, da stofferne vil sorber til partiklerne og derved give et forkert resultat.
<b>Feltmålinger – Pilotanlæg eller fuldskalaanlæg</b>	Regnhændelser	Målinger på regnhændelser i pilot- eller fuldskalaanlæg i felten	Når renseløsningen har været igennem laboratorietest og evt. pilottest. Feltmålingerne skal bruges til at vise renseløsningens renseeffekt i hverdagsituationer. I feltmålinger, skal der som minimum måles på de samme parametre som i laboratorietest og pilottest.

For hver renseløsning, skal der foretages en individuel vurdering om hvilke testmetoder der skal benyttes. Det kan også være, at nogle myndigheder vil kræve en af de tre forskellige metoder, alt afhængigt af hvor sårbar recipienten er.

Fordele og begrænsninger ved de forskellige testmetoder er skitseret i Tabel 2 nedenfor.

**TABEL 2: FORDELE OG BEGRÆNSNINGER VED LABORATORIE OG FELTFORSØG**

	Fordele	Begrænsninger
<b>Laboratorietest</b>	Laboratorieforsøg medvirker til at give en forståelse af selve elementets iboende egenskaber, de kan give en indikation af renseevnen under varierede kontrollerede forhold. De er duplikerbare	Et modelleret system vil ikke kunne simulere virkeligheden fuldstændig. Den valgte pH-værdi, ionstyrke, kontaktid, temperatur mm. vil ikke kunne simulere det der foregår i felten 100%. Derudover vil der i felten kunne være dannet bakteriekulturer over længere tid, som også kan være en vigtig del af rensningen.
<b>Pilottest og feltmålinger</b>	Pilottest og feltmålinger giver en forståelse af renseevnen af hele anlægget, hvori renseløsningen indgår. Hvis sker som rigtige regnhændelser, hvor der tages højde for den iboende usikkerhed indbygget i regnvandets forureningsprofil.	Påvirkes af mange faktorer, hvilket gør det svært at opnå fuld forståelse af systemet Systemets egenskaber kan ændre sig over tid. Kan være dyrt og tidskrævende. Der kan være udfordringer med at sammenligne resultater for ind- og udløbsprøver hvis/når det skal tages hensyn til opholdstiden i renseløsningen.

I de følgende afsnit beskrives de enkelte test med en kort teoretisk baggrund og de overvejelser der ligger bag.

#### 4.1.1 Måleparametre

Forureningsprofilen (typer af stoffer og deres koncentration) af regnafstrømning er en variabel størrelse, som bl.a. afhænger af de overfladetyper regnen kommer i kontakt med når den falder og strømmer af. Forureningsprofilen afhænger ikke kun af overfladerne i oplandet, men også af årstid, vind- og vejrforhold, aktiviteter og trafikmængde, længde af tørvejrperioder og meget mere.

Et måleprogram til feltmålinger, der indeholder alle tænkelige stoffer, der kan findes i regnafstrømning, vil være tidskrævende og hurtigt blive meget dyrt – det anbefales derfor at tage udgangspunkt i det Minimum Dataset. Datasættet bygger på videnskabelige undersøgelser af regnafstrømningens kvalitet og teoretisk viden om stoffers kemiske og fysiske opførsel i miljøet, samt deres miljømæssige effekt. Her foreslås, som minimum, parametrene: den fine del af suspenderet stof (<63 µm), total og opløst koncentrationer af zink og kobber, total koncentrationer af phenanthren, fluoranthen og benzo(b,k)fluoranthen (del af Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH'er)), samt total koncentrationer af fosfor og nitrogen. Ved at måle på de foreslåede parametre er man dækket ind i forhold til den overordnede renssevne for andre parametre, idet fjernelse af specifikke forureningsparametre stærkt indikerer fjernelse eller fravær af andre forureninger.

Rensning af regnvand har igennem tiden haft udledning til recipienter i form af åer, vandløb og havet, dog er der i de senere år kommet en større fokus på brugen af regnvand til rekreative formål. Dette medfører at rensning af regnvand fremadrettet, ikke kun skal have fokus på de overnævnte parametre, men også på fjernelse af bakterier.

Derfor anbefales det i denne vejledning at der analyseres for parametrene opstillet i Tabel 3.

**TABEL 3: PARAMETRE DER SKAL ANALYSERES FOR I DEN MINIMALE ANALYSEPAKKE, AKKREDITERET LABORATORIE**

Kemiske	Partikler	Fysiske	Bakterier
<b>Metaller (opløst og total)</b> - Kobber (Cu) - Zink (Zn) - Bly (Pb)	<b>Suspenderet stof (Partikelstørrelsesfordeling)</b>	<b>pH Konduktivitet</b>	<b>E. Coli Enterokokker</b>
<b>PAH-forbindelser* (total)</b> - lille analyse pakke			
<b>Næringsstoffer (total)</b> - Fosfor (P) - Fosfat (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) - Nitrogen (N) - Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )			

\* oftest har analysefirmaerne en pakke med 9 eller 16 PAH-forbindelser.

#### Kemiske parametre

De udvalgte kemiske parametre der findes på listen (Tabel 3 **Error! Reference source not found.**), er udvalgt ud fra Minimum datasættet og indeholder de stoffer der primært bliver testet for i regnvandsafstrømning. For metaller ønskes der viden om både total og opløst koncentration, mens for PAH'er er den totale koncentration tilstrækkelig. Grunden til dette skal findes i metallers evne til at binde til suspenderet stof. Kemiske stoffer som Bisphenol A og DEHP kan også tilføjes listen.

## **Partikler**

Suspenderet stof (partikler) er en meget vigtig parameter når det kommer til rensning. Udover at partiklerne er en forurening i sig selv, sorbere mange andre forureningsstoffer sig også til dem. Fjernelsen af partiklerne vil derfor medføre fjernelse af en stor del af andre forureninger, især de typer der ikke er særligt vandopløselige. En del partikler i regnafstrømning består af mikroplast og størrelsen er ofte defineret som plastpartikler mellem 1 µm - 5 mm, så selvom de ikke indgår direkte i de foreslåede måleprogrammer, vil fjernelse af suspenderet stof også medføre fjernelsen af mikroplast.

Suspenderet stof bestemmes ved filtrering igennem bor-silikat-filtre og benytter analyseforskriften DS/EN 872. Ved bestemmelse af suspenderet stof, er det vigtigt at dokumentere porestørrelsen på filteret, da der ikke forefindes noget krav til porestørrelsen og er en vurderingssag. f.eks. er både 0,7 µm, 1,2 og 1,6 µm set anvendt.

Dokumentationen af suspenderet stof, kan følges op med bestemmelse af partikelstørrelsesfordelingen og turbiditet, for at give et bedre sammenligningsgrundlag. Ved at benytte alle tre partikleanalyser, gives der mulighed for sammenligning af forskellige renseteknologier, trods der er benyttet forskellige porestørrelser til test for suspenderet stof. Det anbefales klart at ved feltmålinger at der opsættes sensorer til monitoring af turbiditet og EC i ind- og udløbet. Herved opnås viden om partikelflowet ind og ud af filteret under dele eller hele prøvetagningsperioden.

## **Bakterier**

Ved brug af afstrømmet regnvand til rekreative formål, vil koncentrationen af bakterier tilstede i vandet være af betydning. Derfor anbefales det at renseløsningens evne for fjernelse af bakterier testes. Udover test for fjernelse af bakterier, anbefales det at det noteres hvordan renseløsningen kan kobles sammen med teknologier til at fjernelse af renseløsninger.

## 4.2 Parametre liste til Laboratorietest, Pilottest og Feltmålinger

I Tabel 1 findes oversigt over hvornår hvilket testmedie skal bruges.

### 4.2.1 Laboratorietest og pilottest (regnvandscocktail)

Til test i laboratoriet og indledende pilottest, kan der med fordel benyttes regnvandscocktail. Cocktailen skal repræsentere de parametre, der findes i regnafstrømning, men samtidigt være mulige at arbejde med. Det er dog ikke muligt at medtage præcis samme parametre, pga. de laboratorietekniske forhold. Bly er svær at tilsætte, da den udfælder med andre stoffer. De nævnte PAH-forbindelser er ikke så vandopløselige som metallerne, og der kan derfor være udfordringer ved deres tilsættelse.

Det er ikke gavnligt at blande både partikler og opløst stof sammen og derfor indeholder cocktailen kun opløste stoffer og partikel forsøg skal foretages separat. Den anbefalede regnvandscocktail bør indeholde de parametre der er vist i

Tabel 4 på opløst form.

Ved at sammenligne resultaterne for renseteknologiens renseevne overfor regnvandscocktailen med resultater fra partikeltilbageholdelsestest, vil man også få en indikation af, om mindre vandopløselige stoffer, hvoraf en stor del vil være sorberet til partiklerne tilbageholdes i renseløsningen.

Det er en udfordring at vælge repræsentative stoffekonzentrationer i cocktailen. Da disse, ligesom typen af stoffer kan variere meget, både mellem oplande, men også indenfor samme opland. Koncentrationsniveauerne nævnt i Tabel 4 bygger på anbefalinger fra litteraturen, her beskrives også tests der indeholder tre PAH-forbindelser Acenaphthen, Naphthalen og Phenanthren, samt pesticiderne Glyphosat og Mecoprop.

**TABEL 4: ANBEFALEDE KONCENTRATIONER I COCKTAILEN. DET ER VIGTIGT UDOVER DISSE STOFFER AT BRUGE ET TRACER STOF**

Stof der tilsættes	Niveau/konzentration	Analyseparametre
	7	pH
Zn [ $\mu\text{g/L}$ ]	200*	Total Zn, Opløst Zn
Cu [ $\mu\text{g/L}$ ]	50*	Total Cu, Opløst Cu
$\text{PO}_4^{3-}$ [ $\mu\text{g/L}$ ]	400	Total P, $\text{PO}_4^{3-}$
Nitrogen $\text{NO}_3^-$ [ $\mu\text{g/L}$ ]	400	Total N, $\text{NO}_3^-$

\*Hvis man ønsker at bruge en løsning i et opland med mange Zn- eller Cu-tage, kan der skrues op for koncentrationerne af disse

Idet de suspenderede stoffer der findes i vejvand forekommer i en varierende størrelse, skal et referencemateriale kunne repræsentere dette. Produktet Millisil<sup>®</sup>, der består af kvartskorn (sand, Siliciumdioxid,  $\text{SiO}_2$ ) med en massefylde på  $2650 \text{ kg/m}^3$  fås i 7 forskellige finheder, defineret ud fra middeldiameteren  $d(0,5)$ , der ligger fra 16 til  $92 \mu\text{m}$ . Forsøg har vist, at de simulerer suspenderet stof fra vejvand godt og anvendes bl.a. som testmateriale til renseløsninger i Tyskland og Holland i varianten Millisil<sup>®</sup> W4.

Anbefalingen herfra, er at anvende produktet Millisil<sup>®</sup> W4, i koncentrationen  $100 \text{ mg/L}$ .

De  $100 \text{ mg/L}$  er valgt på baggrund af observerede værdier og anbefalinger i forskellige studier der viser gennemsnitskoncentrationer mellem  $50\text{-}200 \text{ mg/L}$ .

#### 4.2.2 Feltmålinger (regnhændelse)

Tabel 3 opstiller den minimale liste af parametre denne vejledning anbefaler at der måles for ved feltmålinger, for at vurdere renseseffekten af renseteknologien. Listen er lavet på baggrund af ovenstående og nedstående og refererer til parametre, der findes i litteraturen og udenlandske vejledninger, hvilket giver et større sammenligningsgrundlag. Listen skal ses som en anbefaling til et minimums sæt der skal undersøges for, hvilket betyder at tilsætning af andre parametre og kemiske stoffer, kun kan tilrådes.

## 5. Udførelse af test

### 5.1 Laboratorietest

Denne type test foreslås brugt, hvis der ingen/utilstrækkelig/sparsom information er om renseløsningens renssevne. Det er vigtigt at overveje skaleringsgraden, altså hvor lille kan man gøre testmodellen og stadig opnå rimelige resultater, dette vil være afhængigt af den enkelte renseløsning. Som nævnt i afsnit 4.2.1 så skal opløste stoffer (regnvandscocktailen) og partikler/suspenderet stof testes hver for sig.

Ved at udføre de foreslåede laboratorietest med både opløste stoffer, samt partikler og afrapportere dem som anbefalet vil man få en indikation af fjernelsesprocenten, som kan bruges til at sammenligne med andre renseløsninger. Derudover også en indikation af udløbskoncentrationer fra renseløsningen, som kan bruges til at vurdere hvilke recipienter vandet kan udledes til.

Partikelstørrelsesfordeling af partikler i ind- og udløbsvand bruges til evaluering af hvilken størrelse partikler der fjernes i renseløsningen

#### 5.1.1 Test af renssevne for opløste kemiske stoffer

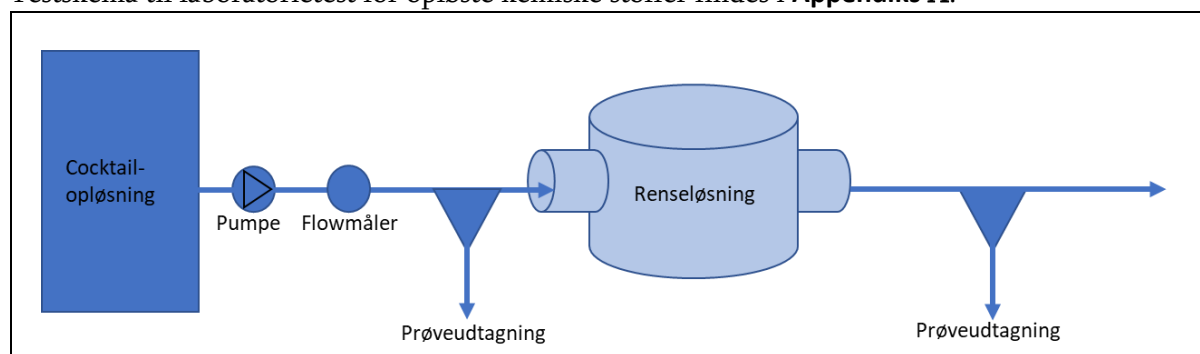
Testopstillingen for test for tilbageholdelse af opløste stoffer er vist i Figur 3. Det er ikke sikkert at det er nødvendigt med flowmåler på både ind- og udløb, så længe vandbalancen er dokumenteret på anden vis. Fremgangsmåden for testen er som følgende:

1. En cocktailopløsning, beskrevet i
2. Tabel 4 tilføres renseløsningen
3. Tilføjelsen af cocktailopløsningen skal ske over minimum 3 gange ved renseløsningens maksimale flowhastighed
4. Der udtages stikprøver ved indløbet (minimum 3 gange per gennemkørsel) jævnt fordelt over gennemkørselens varighed
5. Der udtages stikprøver ved udløbet (minimum 3 gange per gennemkørsel), jævnt fordelt over gennemkørselens varighed.

Prøver opsamles i korrekte beholdere og sendes til analyse ved et akkrediteret laboratorie for parametrene nævnt i

Tabel 4. Ved gennemkørsel menes at al vandet i renseløsningen bliver skiftet ud.

Testskema til laboratorietest for opløste kemiske stoffer findes i **Appendiks A**.



**FIGUR 3: TESTOPSTILLING – OPLØSTE STOFFER**

### 5.1.2 Test af renssevne for partikler

Testopstillingen for test for renssevnen af partikler er vist i Figur 4. Det er ikke sikkert at det er nødvendigt med flowmåler på både ind- og udløb, så længe vandbalancen er dokumenteret på anden vis. Fremgangsmåden for testen er som følgende.

Beskrivelse af en gennemkørsel:

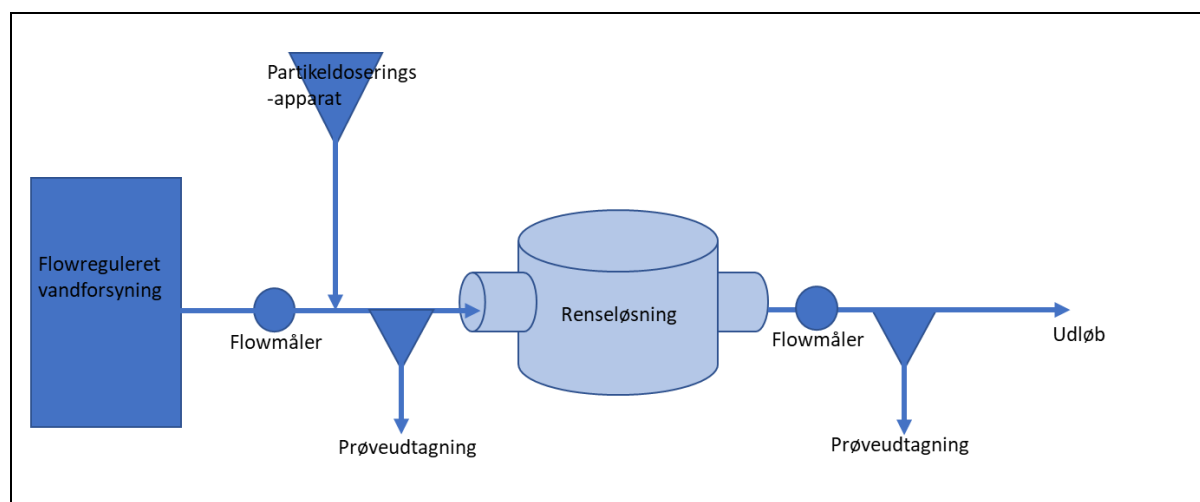
1. En W4 Millisil®-blanding på 100 mg/L tilføres anlægget ved konstant flow i løbet af testene.
2. Der udtages prøver i både indløb og udløb. Der udtages minimum 3 prøve for indløb og 3 for udløb fordelt over testens varighed.

Prøver opsamles i beholdere anbefalet af laboratoriet (fremsendte) og sendes til analyse ved et akkrediteret laboratorie.

Suspenderet stof analyseres ved DS/EN 872:2005 og partikelstørrelsesfordeling findes fx ved brug af Malvern Mastersizer 2000.

Anbefalede testprocedure findes i Tabel 5

Testskema til laboratorietest for partikler findes i **Appendiks B**.



FIGUR 4: TESTOPSTILLING – PARTIKELTILBAGEHOLDELSE

TABEL 5: ANBEFALEDE TESTS FOR DOKUMENTATION AF RENSEEVNE FOR PARTIKLER

	Flowhastighed (l/s)	Minimum antal gennemkørsler af anlæg	Kommentar
1	0,5 * anlæggets kapacitet	3	Kan udelades, hvis anlægget er designet til at køre med en konstant flowhastighed.
2	1,0 * anlæggets kapacitet	3	Nødvendig
3	1,5 * anlæggets kapacitet	3	Kan udelades, hvis anlægget fungerer med bypass når flowhastigheden overstiger anlæggets kapacitet.



## 5.2 Pilottest

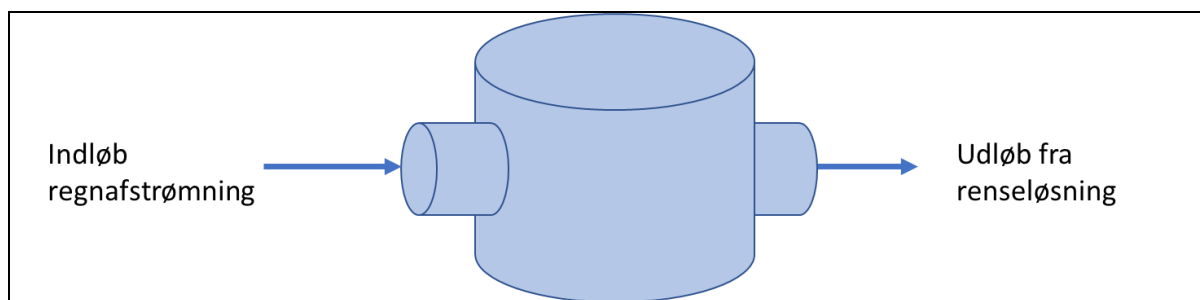
Renseløsningen kan dokumenteres i pilottest som en kombination af analyse på de kemiske stoffer i regnvandscocktailen og analyse af partikler i form af suspenderet stof og partikelstørrelsesfordeling ved regnhændelser. Testen udføres minimum 3 gange med 2 ugers mellemrum. Testen udføres ved renseløsningens max flowhastighed.

I mangel på regnvand kan der benyttes Millisil® partikler til pilottesten. Ved benyttelse af regnvandscocktail og MilliSil® partikler til pilottest, er det vigtigt at søge om tilladelse til udledning af disse.

Efter udførelsen af testene afrapporteres gennemsnit af tilbageholdelse af de kemiske stoffer, både afrapporteret som indløb/udløbskoncentrationer samt %tilbageholdt

Ligeledes afrapporteres for partikler gennemsnit af indløb/udløbskoncentrationer samt % tilbageholdt.

Testopstillingen for test for renssevnen er vist i Figur 5.



FIGUR 5: SKITSE AF RENSELØSNING I FELTEN, MED IND- OG UDLØB

### 5.2.1 Test af renssevne for opløste kemiske stoffer

Beskrivelse af en gennemkørsel:

1. Præ-test, med traceren bromid, før selve testen (dette gøres for at bestemme opholdstiden i renseløsningen og derved vide hvornår udløbsprøven skal tages i forhold til indløbsprøven)
2. Koncentrerede opløsninger af stofferne til cocktailen fremstilles i laboratoriet. Samtidig iblandes et ikke-reaktivt sporstof, f.eks. bromid.
3. På lokaliteten fortyndes stofopløsningerne til de ønskede koncentrationer ved at blande op med lokalt vand, f.eks. fra en brandhane. Derefter tilsættes blandingen til indløbsvandet.
4. Der udtages 3 stikprøver af indløbsvandet i hele tilførselsperioden som sendes til analyse for de samme parametre som udløbsvandet (dette gøres for at sikre at den tilsatte cocktail har den forventede forureningsprofil).
5. Når sporstoffet er brudt igennem renseløsningen og når udløbet med en stabil koncentration, tages der prøver af udløbsvandet.

Prøver opsamles i korrekte beholdere og sendes til analyse ved akkrediteret laboratorie for parametrene nævnt i Tabel 4.

Testskema til felttest for kemiske stoffer findes i **Appendiks**[Error! Reference source not found.](#) C.

### 5.2.2 Test af renssevne for partikler

Ved felttest af renseløsningen for dens renssevne overfor partikler, benyttes der som udgangspunkt regnhændelser. Anbefalingerne til kravene for regnhændelser og prøvetagning, der benyttes er opstillet i Tabel 6. Beskrivelsen af selve testens udførelse er beskrevet i afsnittet 5.3.

For at få de bedste målinger af renssevnen overfor partikler, anbefales det at der benyttes sensor til måling af turbiditet/TSS, ved indløb og udløb.

Det er vigtigt notere at nedbørsdybde, varighed af regnhændelse og tørvejrperiode, er anbefalinger. Det vigtigste er at disse noteres ved hver prøvetagning, så der forefindes et sammenlignelighedsgrundlag.

Testskema til felttest for kemiske stoffer findes i **Appendiks C**.

**TABEL 6: ANBEFALINGER TIL REGNHÆNDELSE OG PRØVETAGNING FOR TEST AF RENSELØSNING VED FELTTEST FOR PARTIKLER.**

Parameter til pilottest	Krav	Kommentar
Minimum prøvetagne hændelser	5	For at få nok at sammenligne, gerne flere end 5.
Minimum prøvetagningssteder	Indløb Udløb	Indløbshændelser (5 hændelser) Udløbshændelser (5 hændelser)
Minimum nedbørsdybde	3 mm	For at få nok vand at prøvetage
Minimum varighed af regnhændelse	5 minutter	For at få nok vand at prøvetage
Minimum forudgående tørvejrperiode	24 timer	For at sikre at der er noget at måle på. Det er dog ikke sikkert at det altid kan lade sig gøre i praksis.
Flowmålinger	Ved hver prøvetaget hændelse	For at vide noget om kontakttid i renseløsningen.
Prøvetagningsmetode	Manuelle og/eller automatisk prøvetager	Flowproportionale prøver er at foretrække, men ikke altid muligt
Nedbørsmålinger for oplandet	Med 0,2 mm interval	
<b>Analyseparametre (akkrediteret laboratorie)</b>		
SS	Analyseres eller konserveres korrekt inden 24 timer	Akkrediteret analyse, husk at angive porestørrelse på filteret.

### 5.3 Feltmålinger

Brugen af regnvandscocktail-metoden kan være udfordrende at benytte ved pilottest, da mængden af cocktail, der skal tilsættes ikke vil være tilstrækkelig, til at give et ordentligt billede af renssevnen. I disse tilfælde vil det være bedre med test på regnhændelser. Forureningsprofilen i det afstrømmede regnvand, vil som tidligere nævnt afhænge af mange faktorer og ikke to regn vil være ens.

Ved feltmålinger er det vigtigt med oplandsbeskrivelser, samt beskrivelser af forudsætninger og forhold, man udtager prøver under. Det er vigtigt at vide hvor stort et volumen af regnvand og ved hvilket flow det løber igennem anlægget.

Med det ovenstående in mente, er anbefalingerne til målinger på regnhændelser opstillet i Tabel 7. Hvilke stoffer der skal testes for findes i Tabel 3.

Man kan med fordel overveje at opsætte sensorer ved ind- og udløb, til måling af partiklerne (suspenderet stof eller turbiditet). Fordelen ved at benytte sensorer til monitorering af partiklerne, er at det giver et større indblik i partiklerne i regnhændelsen.

Ved at udføre de foreslåede felttest med både opløste stoffer og sammenholde dem med SS-målinger på regnhændelser og afrapportere dem som anbefalet, vil man få en indikation af både fjernelsesprocenten, som kan bruges til at sammenligne med andre renseløsninger, samt udløbskoncentrationen fra løsningen.

Som nævnt under pilottest nedbørsdybde, varighed af regnhændelse og tørvejrperiode vigtige, dog er de kun anbefalinger. Det vigtigste er at disse noteres ved hver prøvetagning, så der forefindes et sammenlignelighedsgrundlag.

Testskema til felttest findes i **Appendiks D**.

**TABEL 7: KRAV TIL PRØVETAGNING OG ANALYSER FOR DEN RETTE FELTDOKUMENTATION**

Parameter til feltmålinger	Kriterie	Kommentar
Minimum regnhændelser	10	Det anbefales at gå efter både små og store regnhændelser, samt variation i forudgående tørvejrperiodes længde og årstider
Prøvetagningssteder	Indløb Udløb	
Minimum nedbørsdybde	3 mm	For at få nok vand at prøvetage
Minimum varighed af regnhændelse	5 minutter	For at få nok vand at prøvetage
Minimum forudgående tørvejrperiode	Helst 24 timer	For at sikre at der er noget at måle på. Det er dog ikke sikkert at det altid kan lade sig gøre i praksis.
Hydrograf opsamlet	Anbefaling 60%	Opfang så meget som muligt, men som minimum de første 60% af hydrografen. Det kan dog være svært, altid at nå at opfange den første del.
Flowmålinger	Ved hver regnhændelse	For at vide noget om kontaktid i renseløsningen
Prøvetagningsmetode	Manuelle og/eller automatisk prøvetager	Flowproportionale prøver er at foretrække, men ikke altid muligt
Nedbørsmålinger	Med 0,2 mm interval	Bør foretages i oplandet, ikke ved prøvestedet.

## 5.4 Prøvetagning

Hvis muligt anvendes flowproportional prøvetagning med autosamlere, der udtager prøver.

Kan der ikke benyttes automatiske prøvetager, kan der benyttes manual prøvetagning. Her udtages der 1 L pr min i 20 min, dette giver et samlet volumen på 20 L, der pooler i en beholder. Herfra udtages der 10 L prøve, der fordeles til analyse.

Prøvetagningen, skal som udgangspunkt startes ved flow igennem renseløsningen. Husk at prøvetagningen i udløbet først skal startes, når der har været et fuldt volumen igennem renseløsningen.

Ved den optimale prøvetagning, udtages der prøver ved start, midt og til slut i regnhændelse, så der forekommer tre prøver, der sendes til analyse.

## 6. Afsluttende arbejde

Formålet med de tre ovenstående dokumentationsforslag er at kunne sammenligne renseløsninger til regnafstrømning på et mere ensartet grundlag, og selvfølgelig på et grundlag der giver tilstrækkelig dokumentation. Det er håbet, at en mere ensartet måde at både teste, og afrapportere på, kan indgå i det katalog over renseløsninger, der nævnes i indledningen af vejledningen.

Når testene er afsluttet og data indhentet kan de indberettes Rørcenteret, Teknologisk Institut og vil fremgår af hjemmesiden. Her vil alle test blive samlet og på sigt, vil der opstå et samlet nationalt katalog over renseløsningers renssevne.

## 7. Referencer

- Boogard, F.C., van de Ven, F., Langeveld, J.G., Kluck, J. and van de Giesen, N. (2015) Removal efficiency of storm water treatment techniques: standardized full-scale laboratory testing. *Urban Water Journal*.
- British Water (2017): Code of Practice - Assessment of manufactured treatment devices designed to treat surface water runoff
- Byer i Vandbalance (2015): Notat 5 - Vurdering af regnafstrømningens kvalitet før og efter rensning.
- Cederkvist et al. (2017): Method for assessment of stormwater treatment facilities - Synthetic road runoff addition including micro-pollutants and tracer. *J. Env. Management*.
- Dierkes, C. & Dierschke, M. (2015): Approval of technical SUDS in Germany. *Conference paper 36<sup>th</sup> IAHR World Congress, The Netherlands*.
- Dierkes, C., Lucke, T. & Helmreich, B. (2015): General Technical Approvals for Decentralised Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) – The Current Situation in Germany. *Sustainability*.
- Eckart, K., McPhee, Z. & Bolisetti, T. (2017): Performance and implementation of low impact development – A review. *Science of the Total Environment*.
- Gelhardt, L., Huber, M. & Welker, A. (2017): Development of a Laboratory Method for the Comparison of Settling Processes of Road-Deposited Sediments with Artificial Test Material. *Water Air Soil Pollution*.
- Göbel, P., Dierkes, C. and Coldewey, W.G. (2007): Storm water runoff concentration matrix for urban areas. *Journal of Contaminant Hydrology*.
- Huber et al. (2016): Evaluation of Factors Influencing Lab-Scale Studies to Determine Heavy Metal Removal by Six Sorbents for Stormwater Treatment. *Water*.
- Huber et al. (2016): A novel test method to determine the filter material service life of decentralized systems treating runoff from traffic areas. *Journal of Environmental Management*.
- Ingvartsen et al. (2011): A Minimum Data Set of Water Quality Parameters to Assess and Compare Treatment Efficiency of Stormwater Facilities. *Journal of Env. Quality*
- Klikovand (2017) Vilkår til udledning af overfladevand fra klimatilpasningsprojekter til natur - Samling af vilkår fra 14 udledningstilladelser. Materiale indsamlet af Orbicon for KLIKOVAND
- Langeveld, J.G., Liefting, H.J. and F.C. Boogaard (2012) Uncertainties of stormwater characteristics and removal rates of stormwater treatment facilities: Implications for stormwater handling. *Water Research*.

Lucke et al. (2017): Pathways for the Evaluation of Stormwater Quality Improvement Devices – the Experience of Six Countries. *CLEAN soil air water*.

Maharjan, B., Pachel, K. & Loigu, Enn (2016): Towards effective monitoring of urban stormwater for better design and management. *Estonian Journal of Earth Sciences*.

Monrabal-Martinez, C., Ilyas, A. and Muthanna, T.M. (2017) Pilot Scale Testing of Adsorbent Amended Filters under High Hydraulic Loads for Highway Runoff in Cold Climates. *Water*.

Naturstyrelsen (2011) Partikeludskiller til regnafstrømning – udvikling af udskiller samt testmetode.

Payne, et al. (2019) Biotreatment technologies for stormwater harvesting: critical perspectives  
Sample et al. (2012) Assessing performance of manufactured treatment devices for the removal of phosphorus from urban stormwater *Journal of Environmental Management*

Stormwater Australia (2018) Stormwater Quality Improvement Device Evaluation Protocol. Version 1.3 December 2018.

US EPA Environmental Technology Verification Program (2002) ETV Verification Protocol Stormwater Source Area Treatment Technologies, Draft 4.1, March 2002. US EPA National Risk Management Research Laboratory Edison, NJ.

Vollertsen, J., Hvitved-Jacobsen, T., Nielsen A.H., Gabriel, S (2012). Våde bassiner til rensning af separat regn-vand. Baggrundsrapport., Aalborg Universitet, Danmarks Tekniske Universitet, Teknologisk Institut og Orbicon A/S.

Water Environment Federation (2014) Investigation into the Feasibility of a National Testing and Evaluation Program for Stormwater Products and Practices. *A White Paper by the National Stormwater Testing and Evaluation of Products and Practices (STEPP) Workgroup Steering Committee*

## 8. Appendiks

Denne appendiks samling indeholder følgende appendiks

- A. Testskema for **laboratorietest** for kemiske stoffer
- B. Testskema for **laboratorietest** for partikler
- C. Testskema for **pilottest** for kemiske stoffer
- D. Testskema for **feltmålinger**

## A. Testskema for laboratorietest for kemiske stoffer

DATO \_\_\_\_\_ Laboratorietest af renseløsning \_\_\_\_\_ udført af \_\_\_\_\_

Stof der tilsættes	Niveau/koncentration i cocktail	Analyseparametre
	7	pH
Zn [ $\mu\text{g/L}$ ]	200*	Total Zn, Opløst Zn
Cu [ $\mu\text{g/L}$ ]	50*	Total Cu, Opløst Cu
$\text{PO}_4^{3-}$ [ $\mu\text{g/L}$ ]	400	Total P, $\text{PO}_4^{3-}$
Nitrogen $\text{NO}_3^-$ [ $\mu\text{g/L}$ ]	400	Total N, $\text{NO}_3^-$

Test nr.	Flowhastighed (L/s)	Volumen tilsat af regnvandscocktail (L)	Prøve navn	Prøve udtaget ved tid (min efter start)	Indløb (sæt x)	Volumen udtaget	Udløb (sæt x)	Volumen udtaget
1								
2								
3								
4								
5								

Kommentar \_\_\_\_\_



## Resultat laboratorietest for kemiske stoffer

Test nr.	Prøve navn	Analyse resultater						
		Total Zn	Opløst Zn	Total Zn	Opløst Zn	Total P	Total N	pH
1								
2								
3								
4								
5								

Kommentar \_\_\_\_\_

## B. Testskema for laboratorietest for partikler

DATO \_\_\_\_\_ Laboratorietest af renseløsning \_\_\_\_\_ udført af \_\_\_\_\_

Testen skal gennemføres ved 0,5; 1; eller 1,5 flowhastighed (L/s)

Test nr.	Flowhastighed (L/s)	Volumen partikelopløsning (L) tilsat	Koncentration af partikelopløsning (mg/L) tilsat	Prøve navn	Prøve udtaget ved tid (min efter start)	Indløb (sæt x)	Volumen udtaget	Udløb (sæt x)	Volumen udtaget
1									
2									
3									
4									
5									

Kommentar \_\_\_\_\_

## Resultat

Test nr.	Prøve navn	Analyse resultater	
		Koncentration (mg/L)	Partikelstørrelsesfordeling
1			
2			
3			
4			
5			

Kommentar \_\_\_\_\_

## C. Testskema for pilottest

Dato \_\_\_\_\_ Lokalitet \_\_\_\_\_ Opland \_\_\_\_\_

Renseløsning \_\_\_\_\_ Navn på prøve \_\_\_\_\_

### Prøveudtagning:

Det anbefales at der benyttes flowproportionale prøvetagning. I tilfælde af dette ikke kan lade sig gøre, benyttes manuelprøvetagning.

Flowproportional: \_\_\_\_\_ manuel prøvetagning \_\_\_\_\_

En samlet prøve for hele prøveperioden: \_\_\_\_\_ Prøve opdelt i start, midt, slut: \_\_\_\_\_

Sensor opsat: Ja \_\_\_\_\_ Nej \_\_\_\_\_ parametre sensor måler for \_\_\_\_\_

Nedbørsdybde (mm): \_\_\_\_\_ Varighed på nedbør (t): \_\_\_\_\_ tørvejsperiode (t): \_\_\_\_\_

prøveudtagning start indløb kl \_\_\_\_\_ prøveudtagning slut indløb kl \_\_\_\_\_

prøveudtagning start udløb kl \_\_\_\_\_ prøveudtagning slut udløb kl \_\_\_\_\_

### Indtastning af data

Flowhastighed	
Volumen tilsat af cocktail	
Koncentration af cocktail	
Opholdstid i renseløsning	

Prøven er sendt til analyse hos	Virksomhed	Dato for indsendelse
Kemiske		
Partikler		
Fysiske		

Kommentar \_\_\_\_\_

## Resultater fra analyse for Felttest

Dato \_\_\_\_\_ Lokalitet \_\_\_\_\_ Opland \_\_\_\_\_

Renseløsning \_\_\_\_\_ Navn på prøve \_\_\_\_\_

Indløbsprøve (sæt kryds) \_\_\_\_\_ Udløbsprøve (sæt kryds) \_\_\_\_\_

Kemiske (µg/L)		Fysiske		Partikler	
Total Cu		pH		Suspenderet stof (mg/L)	
Opløst Cu		EC (µS/cm)		Partikelstørrelsesfordeling	
Total Zn					
Opløst Zn					
Total Pb					
Opløst Pb					
Phenanthren					
Fluoranthren					
Benzo(b,j,k)fluoranthene					
Total P					
Total N					

Porestørrelse på filter til suspenderet stof (µm): \_\_\_\_\_

Kommentar \_\_\_\_\_

## D. Testskema for feltmålinger

Dato \_\_\_\_\_ Lokalitet \_\_\_\_\_ Opland \_\_\_\_\_

Renseløsning \_\_\_\_\_ Navn på prøve \_\_\_\_\_

### Prøveudtagning:

Det anbefales at der benyttes flowproportionale prøvetagning. I tilfælde af dette ikke kan lade sig gøre, benyttes manuelprøvetagning.

Flowproportional: \_\_\_\_\_ manuel prøvetagning \_\_\_\_\_

En samlet prøve for hele prøveperioden: \_\_\_\_\_ Prøve opdelt i start, midt, slut: \_\_\_\_\_

Sensor opsat: Ja \_\_\_\_\_ Nej \_\_\_\_\_ parametre sensor måler for \_\_\_\_\_

Nedbørsdybde (mm): \_\_\_\_\_ Varighed på nedbør (t): \_\_\_\_\_ tørvejrperiode (t): \_\_\_\_\_

prøveudtagning start indløb kl \_\_\_\_\_ prøveudtagning slut indløb kl \_\_\_\_\_

prøveudtagning start udløb kl \_\_\_\_\_ prøveudtagning slut udløb kl \_\_\_\_\_

### Indtastning af data

Flowhastighed	
Volumen tilsat af cocktail	
Koncentration af cocktail	
Opholdstid i renseløsning	

Prøven er sendt til analyse hos	Virksomhed	Dato for indsendelse
Kemiske		
Partikler		
Fysiske		

Kommentar \_\_\_\_\_

## Resultater fra analyse for Feltnmålinger

Dato \_\_\_\_\_ Lokalitet \_\_\_\_\_ Opland \_\_\_\_\_

Renseløsning \_\_\_\_\_ Navn på prøve \_\_\_\_\_

Indløbsprøve (sæt kryds) \_\_\_\_\_ Udløbsprøve (sæt kryds) \_\_\_\_\_

En samlet prøve for hele prøveperioden: \_\_\_\_\_ Prøve opdelt i start \_\_\_\_\_ midt \_\_\_\_\_ slut \_\_\_\_\_

Kemiske (µg/L)		Fysiske		Partikler	
Total Cu		pH		Suspenderet stof (mg/L)	
Opløst Cu		EC (µS/cm)		Partikelstørrelsesfordeling	
Total Zn					
Opløst Zn					
Total Pb					
Opløst Pb					
Total P					
Total N					
PAH'er total*					

\*Se næste skema for enkelte PAH'er

Porestørrelse på filter til suspenderet stof (µm): \_\_\_\_\_

Kommentar \_\_\_\_\_

## Resultater fra analyse for Feltn målinger PAH'er

PAH	( $\mu$ g/L)