

## **Dokumentation for beslutningspraksis omkring nedsivning af tagvand, vejvand/befæstede arealer og vand fra facader/bygningsflader**

Med afsæt i Vandvision 2100 er der behov for en mere nuanceret og bæredygtig vandhåndtering i kommunens forvaltning. Det skal nærmere defineres under hvilke forhold, der kan tillades nedsivning og hvornår der ikke kan. Der er et konkret behov for at få nedsivet overfladevand i befæstede rammebelagte sårbare arealer for at sikre en tilstrækkelig grundvandsdannelse på en mere bæredygtig måde. Udenfor kommuneplanrammerne er det anbefalingen helt at undgå befæstelse i de sårbare områder af hensyn til den naturlige grundvandsdannelse. Kvaliteten af nedsivningsvandet til dannelse af grundvand skal sikres så risikoen for forurening undgås. Udover at graden af befæstelse øges vil klimaændringer betyde, at der skal håndteres mere vand, både via forsinkelse, tilbageholdelse og nedsivning.

I Aarhus Kommune tillades i dag ikke nedsivning af tag- og vejvand i sårbare områder. I OSD tillades nedsivning fra terræn, og udenfor OSD tillades nedsivning fra faskiner. Et grundlag for ændring af praksis kan være, at der under visse forhold ikke er nogen risiko for at det nedsivende vand har en vigende kvalitet (f.eks. jordbund, ringe brug af materialer eller sprøjtemidler, lav belastning), eller at nogle stoffer, som afsmitter fra materialerne, faktisk ikke udgør en risiko (coatings, fugemateriale, inddækninger).

Ved nedsivning kan der stilles forskellige vilkår, f.eks. omkring brugen af algefjerner eller brug af materialer. Udfordringen ved brug af vilkår er det efterfølgende behov for opfølgning/tilsyn. Det er derfor vigtigt, hvis man anvender tilladelser med vilkår, at kende størrelsen af truslen for at kunne vurdere hvilken risiko man står over for, i tilfælde af at vilkår ikke bliver overholdt.

Aarhus Kommune har vurderet mulighederne for nedsivning, som er nærmere beskrevet i Bilag 1. Nedenstående resumé beskriver kortfattet de vigtigste resultater.

### **Sammenfatning af muligheder for nedsivning**

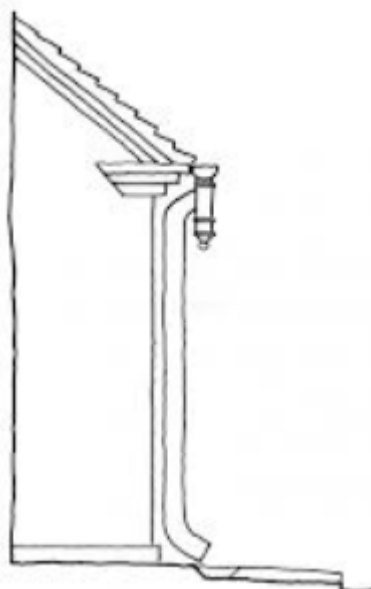
Tre forskellige typer vand er undersøgt (tagvand, vejvand og facadevand). Indholdet af stoffer i vandet er undersøgt ved gennemgang af dansk litteratur. Særligt har der været fokus på om det er muligt at finde typer, hvorfra man umiddelbart vil kunne tillade nedsivning fra terræn, eller der vil være et krav med filtermuld. Specielt for facadevand ligger der meget få undersøgelser og rensningen er primært undersøgt i forhold til bassiner. For alle tre typer gælder, at nedsivning fra faskine uden forudgående rensning som hovedregel ikke kan anbefales, idet der altid er risiko for forurening med patogener (coli), pah'er og diverse andre stoffer fra atmosfærisk deposition.

Ved de tre typer er der derudover forskellige forhold, som peger i en positiv og en negativ retning illustreret ved nedenstående figurer. Plus betyder således, at nedsivning fra typen kan tillades fra terræn (filtermuld, a-horisont), hvis der ikke indgår emner fra minus-siden:

## Tagvand:

+ (plus)

Ikke-metaltage, dvs. eternit, fibercement, tegl (uden overfladebehandling) og strå samt grønne tage



- (minus)

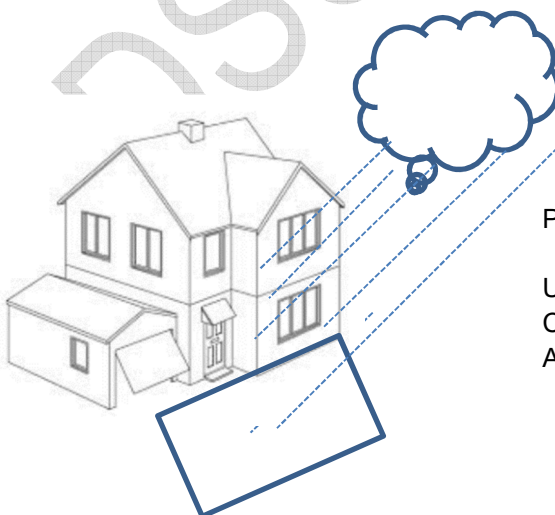
Metaltage, metaltagreder og -nedløbsrør

Uafklaret:  
tagpap  
Algemidler  
Coatings

## Facadevand og belægning:

+ (plus)

mursten og belægningstegl  
beton, sten



- (minus)

Pudsede og malede flader

Uafklaret:  
Coatede flader,  
Algemidler

## Vejvand

+ (plus)



- (minus)

Afsmitning fra køretøjer (totale kulbrinter, Dibutylphtalat (DBP), Diethylphtalat (DEP), Tetrachlorethylen(PCE))

Anvendelse af tømidler: Chlorid

Vand fra tage, facader og belægnings fra "plus"-siden vil kunne nedsives fra terræn, men fladerne behandles ofte med algedmidler. En korrekt anvendelse af algedmidler med opsamling af overskydende væske vil ikke udgøre et problem. Men, midlerne kan købes uden krav om instruktion i brugen, og brugsanvisningen kan være svær at følge. Der er derfor en risiko for at algedmidler ender i nedsivningsvandet.

Undersøgelser af stofomsætning i bassiner fra boligområder og veje viser, at f.eks. biocider bliver nedbrudt i åbne bassiner. For at undgå forurening fra nedsivning fra tage og andre flader behandlet med algedmidler bør det undersøges, om der kan stilles krav til forbassin, og hvilke krav der kan stilles (f.eks. angående størrelse pr tagflade).

## Formål med projektet

Særligt ønskes mere nedsivning i sårbare områder som kompensation for den manglende grundvandsdannelse i bebyggede områder, og det skal derfor belyses, om der vil være situationer, hvor vi kan tillade mere nedsivning fra de arealer, som vi i dag ved, er mindst forurenende (tage, mindre veje, flisearealer, og bygningsflader) og hvor der kan skabes sikkerhed for, at risikoen for en ikke-tilfredsstillende vandkvalitet er minimal.

I bilag 1 er det nærmere vurderet:

- hvilke stoffer, der kan udgøre en risiko overfor grundvand i nedsivningsvandet fra de forskellige materialer/arealer/reensemidler og deposition,
- I hvilke tilfælde nedsivning ikke vil udgøre en risiko på grund af jordbundsforhold eller afstand til grundvandsspejl, ved nedsivning fra 1) terræn, 2) faskine efter rensning igennem regnbed/filtermuld, eller 3) fra faskine uden forudgående rensning.

Punkter, som kunne være ønskeligt at vurdere, men ikke er vurderet endnu er:

- hvor stor belastningen må være, altså f.eks. hvor mange m<sup>2</sup> tag, bygningsflader eller vej der må være på et afgrænset areal.
- Kan vi i lokalplaner stille forbud mod anvendelse af bestemte materialer.
- Kan vi stille vilkår i tilladelse til ingen brug af algedmidler og at filtermuld/overjord skal skiftes efter et antal år?

# Bilag 1. Vurdering af risiko ved nedsivning af tagvand, let belastet vejvand og facadevand

## Eksisterende viden

Der er allerede lavet forskellige undersøgelser og litteraturstudier af kvaliteten af nedsivningsvand fra tage, facader og veje med forskellig belastning.

- 1) Afstrømning fra tagflader og befæstede arealer – Vurdering af forureningsrisici for grundvand. Rapport fra Naturstyrelsen, 2013.
- 2) Anbefalinger til udledning og nedsivning af regnvand. Aalborg Universitet, Danmarks Tekniske Universitet, Teknologisk Institut og Orbicon A/S, 2012
- 3) LAR-grænseværdier og anbefalinger. Opsamlingsnotat. 2015. ALECTIA for Milsam.
- 4) Nedsivning af Tagvand: fjernelse af kontaminanter fra tage og tagbelægninger. 2016. PKP. Regnvandsteknik
- 5) Risiko ved nedsivning og udledning af separatkloakeret regnvand. Aalborg Universitet, Danmarks Tekniske Universitet, Teknologisk Institut og Orbicon A/S, Thomas H. Larsen, Jes Vollertsen og Søren Gabriel, 2012.
- 6) The effect of zinc runoff from zinc gutters on the soil of Damhusengen linked to the management of cloudbrusts in Copenhagen. Jensen, ST. & Rasmussen, AS. M.Sc. thesis. June 2016.
- 7) Dynamics of biocide emissions from buildings in a suburban stormwater catchment – Concentrations, mass loads and emission processes. Bollmann, UE, Vollertsen, J, Carmilet, J and Bester, K. Water Research 56 (2014) 66-76
- 8) Desorption of biocides from renders modified with acrylate and silicone. Styszko, K, Bollmann, UE, Wangler, TP and Bester K., Chemosphere 95 (2014) 187-191. Afsmitning fra facader – pudsede flader (Eike og Klaus's referencer)
- 9) Afsmitning fra coatede zink-tagrender (reference afventer)
- 10) Biocider i urbane småsøer. Vollertsen J, Bester K, Rudelle, EA, Bollmann U, Minelgaite G, Stepahnsen DA, Nielsen, AH, Pedersen ML. Miljøstyrelsen 2017.
- 11) Esben Iversen, ATV indlæg 2017. Nedsivning Fælledparken 2016
- 12) Biocider fra bygninger ender i naturen. Artikel af Jens Christian Pedersen i Rømer april 2014.

I specielt 1) er der undersøgt et omfattende antal stoffer. Der er påvist 236 forurenende stoffer fra befæstede arealer og 113 fra tagvand, i alt 267 stoffer. Hertil kommer høje koncentrationer af patogener. Næringsstoffer og klorid indgår ikke i undersøgelsen. Risikoscreeningen i 1) viste, at der er potentiel risiko for forurening af grundvandet for 136 stoffer fra befæstede arealer og 55 stoffer fra tagvand. I risikoscreeningen er vurderet stoffets overskridelse af kvalitetskrav i drikkevand og dernæst overfladevand og havvand, stoffets mobilitet samt aerob og anaerob nedbrydning. Ud af de 267 påviste stoffer, er der 55, hvor man ikke kender risikoen.

## Hvilke stoffer kan udgøre en risiko?

I Screeningen fra 2013 (1)) er risikostofferne inddelt i grupper og omtalt nedenfor:

PAH-forbindelserne og tungmetallerne er generelt velundersøgt i regnvand fra befæstede arealer og udgør en risiko for grundvandet. Tungmetaller og PAH-forbindelser er forbundet med trafik og forbrændingsprocesser og skal derfor forventes at forekomme i alle byområder.

Pesticider og nedbrydningsprodukter. Iblant de godkendte stoffer (2013), vurderes 11 pesticider og nedbrydningsprodukter at udgøre en risiko. Glyphosat anvendes i ukrudtsbekæmpelsesmidler, der bruges på befæstede arealer, men udgør ifølge screeningen ikke en risiko, fordi det er let nedbrydeligt.

PCB'er udgør ifølge screeningen en risiko. Anvendelsen af PCB'er er forbudt, men på grund af brugen i f.eks. byggematerialer kan det stadig findes i afstrømmet regnvand. PCB'er vil ikke forekomme i regnvand fra nye byområder, og koncentrationerne i regnvand vil generelt falde i fremtiden i takt med udskiftning af byggematerialerne.

Phthalater og adipater udgør ifølge risikoscreeningen ikke en risiko, men da stofferne kan mobiliseres ved kolloidtransport og er hormonforstyrrende, anbefales det at foretage yderligere undersøgelser af risikoen. Phthalater og adipater har en bred anvendelse og forventes at blive fundet i regnvand fra alle byområder.

Kulbrinter inkluderer blandt andet BTEX-forbindelser, og screeningen viser, der er en risiko forbundet med enkelte af kulbrinterne heriblandt benzen og xylener. BTEX'er forekommer i benzin og forurening vil derfor være forbundet med trafikintensiteten i byområdet.

Halogenerede alifatiske kulbrinter udgør for nogle af stoffernes vedkommende en risiko. Risikoen ift. chlorede opløsningsmidler som PCE og TCE er lille i forhold til risikoen for grundvandsforurening ved de talrige jordforureninger, der eksisterer i Danmark.

Dioxiner og furaner er meget giftige og udgør ifølge risikoscreeningen en risiko for grundvandet. Dioxiner og furaner dannes som biprodukt ved forbrænding af klor- og bromholdige stoffer, og det forventes, at forurening med dioxiner og furaner vil være faldende på grund af krav om rensning af røggas fra industri og forbrændingsanlæg.

Phenoler inkluderer en bred række af stoffer, og risikoscreeningen viser forskellige resultater for de enkelte stoffer. Pentachlorphenol og 2,4-dichlorphenol er begge fundet i grundvandet, og begge stoffer udgør ifølge screeningen en potentiel risiko. Nonylphenol og bisphenol A udgør ifølge screeningen ikke en risiko. Stofferne er imidlertid i fokus på grund af deres hormon-forstyrrende egenskaber, og det anbefales at undersøge nærmere, hvorvidt afstrømmet regnvand kan udgøre en væsentlig kilde til forurening af grundvandet.

Ætere udgør ifølge risikoscreeningen en risiko. MTBE har været anvendt i blyfri benzin, men er i dag stort set udfaset, og forventes ikke at give anledning til en risiko for grundvandsressourcen.

Pathogener forekommer i koncentrationer, der overskrider drikkevandskriterier, og det vurderes, at pathogener potentielt kan udgøre en risiko ved nedsivning. Mange processer er afgørende for transporten, og blandt andet kan en øget infiltration og flowhastighed forøge transporten.

I forhold til befæstede arealer og hustage konkluderer 1) at regnvand fra befæstede arealer generelt er mere forurenede end tagvand, da de påviste koncentrationer generelt er væsentlig højere. Den menneskelige aktivitet på befæstede arealer er betydeligt større end på hustage, og det medfører flere forurenende stoffer på de befæstede arealer fra f.eks. trafik og pesticid- og kemikalieanvendelse. Det vurderes derfor, at der er en større risiko for grundvandsforurening ved nedsivning af regnvand fra befæstede områder end fra hustage.

#### Lavt belastede veje

I 3) "LAR-grænseværdier og anbefalinger" er samlet litteraturværdier omkring hvilke stoffer fra lavt belastede veje (f.eks. maks 20 biler), der udgør en risiko for grundvandet (indtil ultimo 2015):

Miljøfremmede stoffer								
Stof	CAS nr.	90 % konfidensniveau (µg/l)	Generelt kvalitetskrav (µg/l)		Korttidskrav (<24 timer, µg/l)		Drikkevandskrav (µg/l)	Grundvandskrav (µg/l)
			Ferskvand	Saltvand	Ferskvand	Saltvand		
Totale kulbrinter - olie		< 1.500	-	-	-	-	5	9
PAH, pyren som repræsentant	50-32-8	< 1	0,0046	0,0017	0,023	0,023	0,01	0,01
Dibutylphthalat (DBP)	84-74-2	< 2	2,3	0,23	35	35	1	1
Butylbenzylphthalat (BBP)	85-68-7	< 1	7,5	0,75	15	15	-	1
Diethylhexylphthalat (DEHP)	117-81-7	< 50	1,3	1,3	-	-	1	1
Diethylhexyladipat (DEHA)	103-23-1	< 4	0,7	0,07	6,6	6,6	40	10
Diethylphthalat (DEP)	84-66-2	< 2	-	-	-	-	-	1
Nonylphenol	104-40-5	< 15	0,3	0,3	2	2	20	20
Tetrachlorethylen (PCE)	127-18-4	< 3	10	10	-	-	-	1
Chrom, opløst	7440-48-4	< 5	4,9	3,4	124	124	20	25
Kobber, opløst	7440-50-8	< 20	1	1	2	2	100	100
Nikkel, opløst	7440-02-0	< 5	2,3	0,23	6,8	6,8	20	10
Bly, opløst	7439-92-1	< 1	0,34	0,34	2,8	2,8	5	1
Zink, opløst	7440-66-6	< 30	7,8	7,8	8,4	8,4	100	100
Generelle kvalitetsparametre								
Stof	90 % konfidensniveau (mg/l)	Generelt kvalitetskrav (µg/l)		Korttidskrav (<24 timer, µg/l)		Drikkevandskrav (mg/l)	Grundvandskrav (mg/l)	Udlederkrav rens anlæg (mg/l)
		Ferskvand	Saltvand	Ferskvand	Saltvand			
Suspenderet stof	< 100	-	-	-	-	-	-	20
Biologisk iltforbrug, BOD	< 10	-	-	-	-	5	5	15
Chlorid	<2.500	-	-	-	-	250	250	-
Patogener								
Termotolerante Coli (antal/100 ml)	< 50.000	-	-	-	-	0	-	-

Tabellen viser "worst-case koncentrationer" (90 % konfidensniveauet) for stoffer fundet i vand fra veje med lav belastning (svarende til < 20 biler). Røde felter viser de stoffer der i et "worst-case scenarium" har en overkoncentration i forhold til de fastsatte generelle miljøkvalitetskrav, drikkevandskrav, grundvandskrav eller udlederkrav for rens anlæg.

Der er jfr 3), fundet overskridelser i forhold til grundvandskravet på totale kulbrinter, Dibutylphthalat (DBP), Diethylphthalat (DEP), Tetrachlorethylen(PCE) og Chlorid samt biologisk iltforbrug og suspenderet stof.

Mht biocider er der ikke studier, der viser biocidindholdet fra vejvand inden vandet ender i et bassin, hvor det opblandes med øvrig regnvand. Biociderne kan derfor stamme fra mange forskellige steder. Men, vand fra områder hvor veje indgår, indeholder jfr. 10) diuron, carbendazim, iodocarb, isoproturon, propiconazole, benzoisothiazolinone og terbutryn.

I 10) nævner flere studier, hvor det er konstateret, at specielt efter længere tørvejrperioder bliver biocider

frigivet med høje koncentrationer i starten af en regnhændelse, hvorpå koncentrationen i regnvandet klinger af til et nogenlunde konstant og lavere niveau. Dvs. der er i forhold til biocider kan være en "first flush" effekt.

### Delkonklusion vejvand, lavt belastede veje

Det vurderes, at totale kulbrinter, Dibutylphtalat (DBP), Diethylphtalat (DEP), Tetrachlorethylen(PCE), og Chlorid kan udgøre et problem ved nedsivning af vejvand til grundvandet.

Diuron, carbendazim, iodocarb, isoproturon, propiconazole, benzoisothiazolinone og terbutryn kan muligvis udgøre et problem, men det er uklart, om det er en direkte afsmitning fra vejvand, eller det kommer fra andre kilder, som f.eks. skilte, vejmarkeringer, facader osv.

Der er ved vejvand en "first flush" effekt.

### Tagvand

I "3) LAR-grænseværdier og anbefalinger" er samlet op på litteraturværdier for stoffer fra metaltage

Miljøfremmede stoffer								
Stof	CAS nr.	90 % konfidensniveau (µg/l)	Generelt kvalitetskrav (µg/l)		Korttidskrav (<24 timer, µg/l)		Drikkevandskrav (µg/l)	Grundvandskrav (µg/l)
			Ferskvand	Saltvand	Ferskvand	Saltvand		
Totale kulbrinter - olie		< 15	-	-	-	-	5	9
PAH, pyren som repræsentant	50-32-8	< 0,02	0,0046	0,0017	0,023	0,023	0,01	0,01
Kobber, opløst	7440-50-8	4.500	1	1	2	2	100	100
Nikkel, opløst	7440-02-0	< 2	2,3	0,23	6,8	6,8	20	10
Bly, opløst	7439-92-1	< 1	0,34	0,34	2,8	2,8	5	1
Zink, opløst	7440-66-6	49.942	7,8	7,8	8,4	8,4	100	100
Patogener								
Termotolerante Coli (antal/100 ml)	< 5.000	-	-	-	-	0	-	-

Tabellen viser "worst-case koncentrationer" (90 % konfidensniveauet) for stoffer fundet i vand fra metaltage. For Chrom og Zink repræsenterer værdierne ikke 90 % konfidensniveauet, men de maksimale koncentrationer der potentielt kan findes i afløbsvand fra metaltage. Dette skyldes, at data specifikke for afløbsvand fra metaltage ikke findes opgjort som konfidensniveauer. Røde felter viser de stoffer der i et "worst-case scenarium" har en overkoncentration i forhold til de fastsatte generelle miljøkvalitetskrav, drikkevandskrav, grundvandskrav eller udlederkrav for renseanlæg.

Afsmitning af zink fra zinktage udgør et alvorligt problem. Fra alle tage, er der udover risiko for zink også risiko for overskridelser i forhold til grundvandskravet for kulbrinter, PAH, kobber og coli udgør en risiko (jfr 3).

Efter litteraturgennemgangen i 3), som er fra 2015, er der i 11) desuden fundet 4-nitrophenol over grænseværdien for drikkevand i tagvand. I 4), som er fra 2016, er det fundet, at tagvand fra nedløbsrør, tagrender og indfatninger med zink/bly kan indeholde op til 48 mikrogram bly/liter og 3,6 g zink /liter. Der er således overskridelser af både bly og zink i tagvandet i forhold til grundvandskravene. Det samme gælder PAH (op til 0,021 mikrogram/liter) og E.coli (over 300/100 ml).

Miljøstyrelsen er i gang med at søsætte undersøgelser omkring afsmitning fra tagpap. Fra tidligere undersøgelser vides, at der er afsmitning af PAH'er.

### Delkonklusion tagvand

Det vurderes, at zink, bly, kobber, PAH, kulbrinter, oliestoffer og E.Coli kan udgøre et problem ved urensset nedsivning til grundvandet.

Derudover kan behandling af tage med algemidler udgøre en risiko. Det vides ikke, om der er biocider i tagvand, og afsmitning fra tage med tagpap kendes ikke. Biocider frigives til regnvandet og biocider anvendt i materialer til hustage og afløbsrør kan derfor forurene nedsivningsvandet fra tage.

### **Afsmitning fra facader**

Biocider har en bred anvendelse og anvendes i stor stil i byggematerialer. Afsmitning af biocider fra facader, er undersøgt i bl.a. 7), hvor der er i malede og umalede flader med puds eller træ blev fundet koncentrationer af terbutryn (algemiddel) og carbendazim (svampemiddel) på hhv 1.8 og 0.3 µg/l. Mediankoncentrationer var på 0.045 og 0.052 µg/l. Der blev også målt isoproturon, diuron, N-octylisothiazolinone, benzoisothiazolinone, cybutryn, propiconazole, tebuconazole, og mecoprop, men i koncentrationer, der var en faktor 10 lavere. For enfamiliehuse, blev der i gennemsnit målt 59 µg terbutryn/nedbørhændelse og 50 µg carbendazim/nedbørhændelse. For de øvrige biocider blev der målt mellem 0,1 og 11 µg/nedbørhændelse. Der var ikke nogen signifikant forskel på first flush og andre begivenheder. Det undersøgte område er et typisk 70'er parcelhuskvarter med et begrænset antal pudsede/malede huse.

I 12) summeres, at jo mere silikone eller akryl, der er i den blanding man bruger til puds, jo færre biocider er der i vandet, men effekten af biociderne bliver også mindre.

### **Delkonklusion afsmitning fra facader**

Under den forudsætning, at grænseværdien i drikkevand er ens for biocider og pesticider kan grænseværdien for både terbutryn og carbendazim overskrides ved nedsivning af facadevand fra parcelhusområder.

### **Hvilke materialer udgør ikke en risiko ved nedsivning**

I 3) er vist regnvandskvaliteten fra tage, der ikke er af metal, dvs. eternit, fibercement, tegl (uden overfladebehandling) og strå samt grønne tage. Fra disse er det totale kulbrinter, der udgør et problem i forhold til grundvandet med koncentrationer over 15 µg/l. Indholdet af totale kulbrinter stammer formentlig fra atmosfærisk deposition og koncentrationen må derfor antages at være af samme størrelsesorden som på ikke-befæstede arealer.

Tagpap indgår med en lille procentdel i flere studier, men da det ikke er undersøgt selvstændigt og bruges i stadig større grad, er det ikke tilstrækkelig undersøgt til med sikkerhed at kunne sige, det ikke udgør en risiko.

I 2) nævnes at nedsivningstilladelse til nedsivning af tagvand skal følges af en opfordring til at tagrender og nedløbsrør af zink med tiden skiftes til plast.

Flere producenter tilbyder at coate zinktagrender/inddækninger, men der foreligger ikke oplysninger omkring afsmitning fra coatings. Da det ikke vides om der er afsmitning fra materialer brugt til coating, kan man ikke med sikkerhed sige, det ikke udgør en risiko.

I 12) nævnes at maling og puds er kilder til biocider i regnafløbsvand. Afløbsvand fra bygningsflader og belægninger uden indhold af puds, maling og metal (zink, bly, kobber) bør derfor kunne accepteres. Afløbsvand fra mursten og belægningstegl udgør derfor ikke en særlig risiko.

### **Foranstaltninger til afhjælpning af grundvandsrisiko**

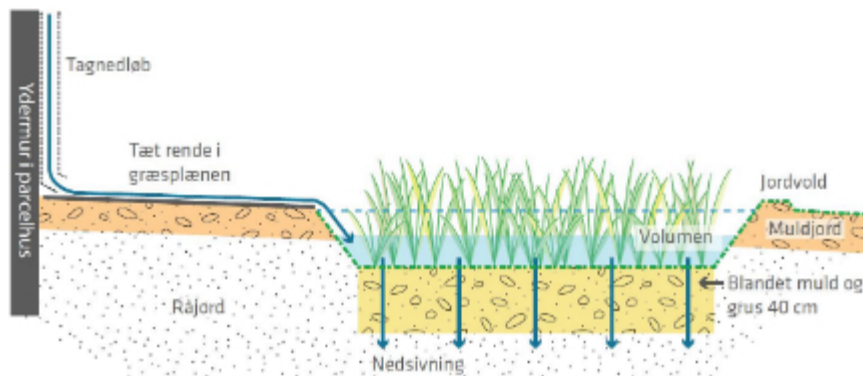
Flere metoder kan anvendes til at tilbageholde og omdanne forurenende elementer fra overfladevandet, således at risikoen for grundvandsforurening ved nedsivning kan gøres minimal:



- Filtermuld, muldjord eller moræneler er ofte nævnt som materialer med god evne til både at tilbageholde og absorbere stoffer. Organiske pesticider og biocider bindes ofte godt i muld fordi det organiske stof i muld/jord fungerer som en upolær fase, som de ofte upolære organiske stoffer binder sig til.
- I umættet zone omdannes flere stoffer ved iltning.
- I våde bassiner omdannes flere stoffer ved at blive udsat for lys, ilt og biologiske organismer.
- Reduceret eksponering til nedbør/skybrud

### **Filtermuld/muldjord**

Der findes ikke en standard filtermuld i Danmark, men der anvendes ofte tyske krav til filtermuld, hvor muldlaget skal være mindst 30 cm tykt, have høj pH, 1-3% humus, 3-10% ler, hydraulisk ledningsevne på  $10^{-4}$ - $10^{-5}$  og være vegetationsdækket. Koncentrationen af PAH'er og metaller skal kontrolleres hvert 10. år. Nedsivning igennem filtermuld eller muldjord bygger på det princip, at når vandet passerer organisk materiale og ler i jorden nedbrydes eller tilbageholdes uønskede stoffer. Muldjorden skal være vegetationsdækket for at yde optimal effekt. Med nedsivning fra terræn menes således nedsivning i en lavning med vegetation og muld. Nedenfor er vist en principskitse af et regnbed, som kan være opbygget som en fordybning i en græsplæne



I 10) nævnes et studium, hvor antioxidanter, UV-filtre og plastblødgørere tilbageholdes i et beplantet filter bestående af spagnum, aktiv slam, sand og grus. Ved en hydraulisk opholdstid på omkring 2 døgn, tilbageholdt filteret over 96% af de undersøgte stoffer. Ved høj belastning, svarende til en hydraulisk opholdstid på 1 time, faldt tilbageholdelsen for de fleste stoffer til cirka 79-96%, mens den hydrofile plastblødgører N-butylbenzenesulfonamide kun blev fjernet med 21%. I det samme filter blev undersøgt omsætningen af en række biocider, der benyttes i urban facadebehandling (terbutryn, cybutryne, descyclopropyl-cybutryne (cybutryne og terbutryn metabolit), isoproturon, diuron, og dets metabolit diuron-desmonomethyl, benzo-isothiazolinone, n-octyl-isothiazolinone, dichloro-n-octylisothiazolinone og iodocarbamate). Ved en lav hydraulisk belastning på filteret blev disse stoffer fjernet med mellem 82 og 100%, mens fjernelsesgraden faldt væsentlig når den hydrauliske belastning blev øget – altså svarende til en regnhændelse.

I 10) nævnes at oftest er der god korrelation mellem jords eller sediments indhold af organisk stof og dets evne til at sorbere organiske biocider eller pesticider. Filterjorde er ofte en blanding af sand og kunstigt tilsat organisk jord som f.eks. spagnum, og et højere indhold heraf vil derfor give en bedre tilbageholdelse af de problematiske stoffer. Er stoffet først sorberet til jordmatrixen, får det ofte en tilstrækkelig opholdstid til, at biologisk nedbrydning kan finde sted. Men, det vides ikke, hvor effektivt biocider fra urbane overflader tilbageholdes under forskellige forhold, især set i lyset af det komplekse samspil mellem sorption, omsætning og den meget variable belastning som urban regnafstrømning udgør.

I 2) nævnes, at de tungere organiske stoffer som tung olie og tunge PAH forventes sammen med metallerne at blive tilbageholdt i de allerøverste jordlag. De lettere oliekomponenter, de lette PAH og blødgørerne forventes at blive biologisk omsat ud fra generelle observationer af disse stoffers generelle opførsel i nedbrydningsforsøg. Mikroorganismer reduceres erfaringsmæssigt voldsomt igennem nedsivningen i den umættede

zone pga. af dels filtreringen og dels det relativt lave indhold af organisk stof, der favoriserer andre bakterietyper

Metaltage, tagrender og nedløbsrør slår igennem i flere studier, som problematiske men de to projekter i 4) og 6) viser, at zink til et vist niveau adsorberes i moræneler. I 4) vises således, at der ikke er zink over grænseværdien i tagvand efter filtrering igennem 25 cm moræneler. Tilbageholdelsen af zink i jorden betyder dog, at jorden bliver forurenet.

Ulempen ved filterjord/regnbed er, at det aktive muldlag skal udskiftes med mellemrum. Der findes forskellige anbefalinger, f.eks. måling af PAH, olieprodukter og metaller hvert 10. år, udskiftning senest hver 15. år. Tilbageholdelsen af biocider i filterjord/regnbed kendes ikke i detaljer, men ler og organisk stof vil formentlig sorbere biocider i et vist omfang.

### **Delkonklusion filtermuld/jord**

Filtermuld/regnbed er effektiv til filtrering, planteoptag, adsorption til organisk og uorganisk materiale, nedbrydning af organiske forureninger og til at opsamle suspenderet stof og partikler. Dvs. metaller, olieprodukter og PAH er bliver bundet i de øverste lag af jorden. Det er vigtigt for binding og fjernelse, at der er lang opholdstid i jorden.

### **Vådt bassin**

I 10) er der analyseret for biocider (terbutryn, cybutryne, diuron og carbendazim) i bassiner med afledt vejvand inklusiv vand fra bebyggede arealer. 6 bassiner ligger i Aarhus Kommune i områder, der repræsenterer boligblokke og industri med tilhørende veje og parkeringsarealer, parcelhuse, blandet industri og boliger samt motorvej. Stofferne methylisothiazolinone, benzisothiazolinone, iodocarb, isoproturon og cybutryne blev ikke fundet over detektionsgrænsen i de våde bassiner. Mørtorvejssøer indeholdt de laveste koncentrationer, men der blev systematisk fundet tebuconazole, propiconazole og dichlorooctylisothiazolinone, samt sporadisk mecoprop, diuron, og octylisothiazolinone. Stofferne stammer formentlig fra malinger på veje og skilte. Sedimentet i søerne spiller en væsentlig rolle for tilbageholdelse af biocider før udledning til den nedstrøms recipient. Sedimenterne bidrager væsentligt til en udligning af biocidkoncentrationer ved at sorbere dem under spidsbelastninger, og derpå igen at frigive dem under lavere belastninger. Herved reduceres pulsbelastninger på den nedstrøms recipient under ekstreme forhold med en til to dekader. Sedimentet bidrager også med en vis omsætning af biociderne, så der samlet sker en reduktion af biocidudledning til den videre recipient.

I 10) nævnes, at vand direkte på facader har en biocidkoncentration, der er adskillige dekader højere, end hvad der findes i regnvandssøer. Sådanne lokaliteter kan derfor føre til hot-spots for tilførsel af biocider til grundvandet. Omfanget af denne biocidbelastning af grundvandet er ukendt, men kan under omstændigheder være ganske væsentlig. Særligt problematisk vil det formentlig være, når byjorden, som vandet siver ned i, er fattigt på komponenter, der kan sorbere biociderne, typisk ler eller organisk stof. Der er behov for at denne transportvej for biocider fra kilde til miljø belyses nærmere.

I 10) nævnes et studium, hvor diazinon, chlorpyrifos, chlorothalonil, og pendimethalin blev omsat i sedimentet fra et bassin, der blev brugt til at recirkulere vand på en planteskole. Det blev fundet, at stoffernes halveringstid i sedimentet var fra dage til uger, afhængig af redoxforhold og temperatur og det kunne konkluderes, at metoder der tilbageholder partikler, for eksempel bundfældning, er effektive til at nedbringe udledningen af disse stoffer.

### **Delkonklusion vådt bassin**

Våde bassiner er kun vurderet ifht biocider i dette notat. Mange biocider nedbrydes i våde bassiner, men der ses biocider brugt i maling. Der er fundet tebuconazole, propiconazole og dichlorooctylisothiazolinone, samt sporadisk mecoprop, diuron, og octylisothiazolinone.

### **Reduceret eksponering**

Især afsmitning fra facader og øvrige flader kan undgås ved at beskytte fladerne mod regnbyger. Dvs konstruere tage med tagudhæng. Derudover kan man isolere/beskytte huset på en måde, så man undgår uønsket puds, eller bruge rent mineralsk puds, uden indhold af polymerer.

### **Umættet zone**

Vi ved ikke hvad der sker med biocider i umættet zone

### **Problematiske stoffer, materialer og hændelser**

I litteraturen er der ofte set på gængse stoffer. De nye stoffer, og materialer, som endnu ikke er undersøgt til bunds kan være tagpap, biocider, phenoler, mikroplast, nanomaterialer.

Veje, metaltage samt pudsede og malede flader kan udgøre et problem ved urensset nedsivning.

Brug af godkendte tagrensemidler, nonansyre/pelargonsyre kan som biocid udgøre en risiko for grundvand. Det vides ikke i hvilket omfang det tilbageholdes i filtermuld/muldjord eller f.eks dræber eksisterende mikroflora.

I forhold til hvilke nedbørsscenarier, der kan vælges er det i 6) undersøgt at first flush ikke afviger fra last flush ved zink- og blytage. First flush er heller ikke af betydning ved afsmitning fra facader. First flush er sandsynligvis mest afvigende fra andre nedbørsbegivenheder ved vejvand.

I forhold til jordens evne til at tilbageholde og fjerne uønskede stoffer og dermed den kritiske mængde af stoffer man kan tillade inden udvaskning over kritisk niveau. kan man anvende forskellige værktøjer til beregning af maksimal belastning. Det kan f.eks. være spørgsmål som hvor mange metalflader kan der accepteres indenfor et bestemt areal.

### **Eksempler på værktøjer og metoder**

Lynettefællesskabets regneark, Regnkvantitet udarbejdet af DHI 2014 og 2016: <http://www.regnvandskvalitet.dk/#projektgruppe>. Regnearket bruges af f.eks. Københavns kommune til screening. Det kan bruges til forskellige stoffer og mængder.

Horsens Kommune. Risikovurdering ved Rugballegaard Ridecenter, Bygholm Sø. Orbicon. Metode til anvendelse af JAGG og Vejledning 6&7 om "Oprensning af forurenede grunde", 1998. De to metoder er sammenlignet i rapporten.

COWI har gennemført en udredning for Aarhus Kommune. Projektet har resulteret i et beregningsprogram, BRIBE version 3.2. Programmet tager udgangspunkt i en bestemt vandmængde, 10 m<sup>3</sup>/dag. Og der indgår 100 organiske stoffer, som især anvendes på virksomheder. Projektet vurderer grundvandsrisikoen for de 1000 mest anvendte stoffer i Danmark. Projektet er rettet mod stoffer anvendt i produktion, men kan også have relevans i nærværende, da det eksempelvis omfatter autobranschen og byggebranchen. Projektet viser, at det nogle gange er stoffer anvendt i meget små mængder, der udgør den største risiko. Eksempelvis borat-baserede additiver i bremsevæske. For at muliggøre en risikovurdering af nedsivning i sårbare områder skal der derfor tages stilling til det samlede stofspektrum ud over ovennævnte hovedgrupper.

### **Anbefalinger (forslag)**

#### **Sårbare områder:**

Direkte nedsivning af regnvand fra tage, veje og facader uanset materialevalg kan ikke anbefales i sårbare områder, da fladerne opsamler kulbrinter, E.Coli og muligvis kan indeholde biocider, phenoler og PAH. Vejvand indeholder endnu flere uønskede stoffer især oliestoffer og blødgørere. Ved vejvand er der desuden forhøjet risiko for spild/uheld.

Nedsivning af regnvand igennem muldlag, filtermuld eller lignende kan accepteres ved tagvand og facadevand, hvis følgende materialer vælges:

Tegl, cement, eternit, fibercement samt strå og grønt tag til tagdækning.

Følgende skal undgås:

Pudsede og malede flader, metaltage. Indtil tagpap er undersøgt, skal det også undgås.

Det forudsættes, at der ikke tillades brug af pesticider og algedmidler.

#### **I OSD udenfor sårbare områder:**

I OSD udenfor sårbare områder er nedsivningen mindre og der vil være mindre belastning af grundvandsressourcen. Uønskede stoffer skal undgås, men det kan overvejes, om nedsivning i gennem filtermuld/muldjord af f.eks. metaltage, vejvand og facadevand kan tillades, hvis der stilles krav til udskiftning af jorden efter f.eks. 15 år. For ekstra sikkerhed ved nedsivning af vejvand kan det overvejes, om der skal stilles krav om et vådt regnbed med tæt bund inden afledning igennem filtermuld/muldjord til nedsivning.

Ved metaltage skal der regnes på, hvor meget "metal", der kan tillades pr m<sup>2</sup>

#### **Yderligere undersøgelser**

Omfanget af fjernelse af biocider i filtermuld/muldjord

Risiko fra nanopartikler, mikroplast

Phenoler

Indhold af risikostoffer og afsmitning fra tagpap

Mulighed for kontrol og oplysning.