



# Klimatilpasning

| På den anden side af  
| hegnet

## **Delrapport (II):**

Teknisk guide til  
regnvandsløsninger på veje  
– anlæg, drift og merværdi

Projektet 'Klimatilpasning – på den anden side af hegnet' er etableret og faciliteret af CALL Copenhagen.

Projektet er støttet af Vandsektorens Udviklings- og Demonstrationsprogram, VUDP

Denne rapport for delprojektet om borgerinddragende samskabelse er forfattet af:

Jesper Steenberg  
Rasmus Ekmann  
Søren Kasper Heinecke

Udarbejdet af:

Med bidrag fra

Nanna Kloster Larsen  
Marie Koefoed Sudergaard  
Mette Ørskov  
Stine Ejsing-Duus  
Søren Vilhelmsen  
Zsuzsanna Papp



**TEKNOLOGISK  
INSTITUT**

Delprojektets partnere:



build a world **EDU**



**GEOINFO**



**KØBENHAVNS KOMMUNE**



ENERGI **VAND**



**HOFOR**



**AALBORG UNIVERSITET**



**REGION H** Region  
Hovedstaden

CALL Copenhagen er initieret og støttet af Region Hovedstaden

## Indhold

Forord .....	6
Forfattere og bidragsydere .....	6
1 Indledning .....	7
1.1 Baggrund .....	7
Håndtering af regnvand på veje.....	7
1.2 Formål.....	8
1.3 Afgrænsning og begrebsafklaring.....	8
1.4 Opbygning.....	9
1.5 Målgruppe .....	9
2 Forundersøgelser i forbindelse med håndtering af regnvand på veje .....	10
2.1 Formålet med håndtering af regnvand på veje .....	10
2.2 Vejens status, klasse og anvendelse .....	10
2.3 Afstandskrav til nedsivningsanlæg .....	12
2.4 Topografi, overflader og modellering.....	13
2.5 Geologi, jordbund og grundvand.....	14
2.6 Nedsivningsevnen .....	14
2.7 Forurenede jord .....	15
2.8 Vandkvalitet og krav om rensning.....	15
2.9 Regnafstrømningens forureningsprofil .....	16
2.10 Recipientens sårbarhed .....	18
3 Lovgivning og standarder.....	19
3.1 Spildevandsbekendtgørelse .....	19
Tilslutningstilladelser .....	19
Udledningstilladelser.....	19
Nedsivningstilladelser.....	19
Separering og håndtering af tagvand mv.....	19
3.2 Klimalokalplaner.....	20
3.3 Bygningsreglementet .....	20
3.4 Autorisationsloven .....	20
3.5 Vejlovgivningen.....	20

3.6	Vejregelhåndbøgerne .....	21
3.7	Bekendtgørelse af lov om private fællesveje .....	22
3.8	CE-mærkning af produkter .....	22
3.9	Lægningskrav til ledninger i jord .....	22
3.10	LER.....	23
3.11	Eurocodes .....	23
4	Regnvandsløsninger på veje .....	24
4.1	Faskiner .....	24
4.2	Grøfter .....	25
4.3	Vejbede .....	26
4.4	Permeable belægninger .....	29
4.5	Bassiner .....	31
4.6	Renseløsninger .....	32
4.7	Løsninger til håndtering af skybrud/overløb .....	33
5	Dimensionering af regnvandsløsninger på veje .....	34
5.1	Valg af dimensionsgivende regn .....	34
5.2	Sikkerhedsfaktorer .....	35
	Faktor for statistisk usikkerhed.....	35
	Faktor for scenarieusikkerhed.....	36
5.3	Hydraulisk dimensionering af ledninger på mindre veje.....	37
5.4	Eksempler på dimensionering af regnvandsløsninger .....	37
	Faskiner.....	38
	Permeable belægninger.....	39
	Grøfter.....	40
	Vejbede.....	41
	Bassiner .....	44
	Større anlæg til afvanding af veje .....	45
6	Drift og vedligehold af regnvandsløsninger på veje .....	46
6.1	Drift i projekteringsfasen.....	46
	Overdragelse af driften.....	47
	1-års gennemgangen .....	48
6.2	Meldepligt.....	48

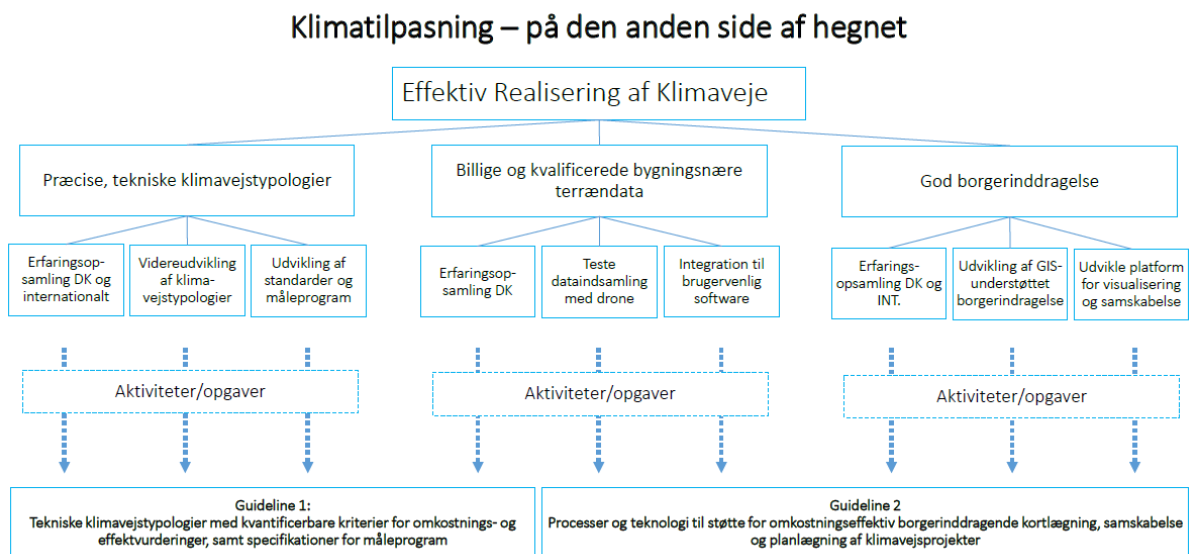
Hvordan opdager man, at et anlæg ikke virker optimalt? .....	48
Hvem gør hvad .....	49
6.3 Grøfter, afløbsrender, rør og transportveje .....	49
Grøfter .....	49
Afløbsrender .....	49
Rør og kassetter .....	50
Transportrender .....	50
6.4 Faskiner .....	50
Sandfangsbrønden .....	50
Når faskinen ikke virker .....	50
6.5 Vejbede .....	51
Planter, der går ud eller ikke vil vokse .....	52
Almindelig pleje og gødning .....	52
Ekstra vedligeholdelse i vejbede .....	52
Husk at feje .....	52
6.6 Permeable belægninger .....	54
Vintervedligehold .....	54
7 Eksempler på anlæg og drift af klimaveje i Danmark .....	56
7.1 Planlægning .....	57
7.2 Projekt .....	57
7.3 Anlæg .....	58
7.4 Drift og vedligehold .....	58
7.5 Merværdi .....	59
7.6 Eksempler .....	61
8 Fotos og illustrationer .....	79
9 Litteratur .....	81

## Forord

Projektet 'Klimatilpasning – på den anden side af hegnet' har undersøgt muligheden for at effektivisere etableringen af klimaveje, som de kommende år bliver en væsentlig del af indsatsen for klimatilpasning af vores byer, og som kommer til at berøre og involvere tusindvis af grundejere.

Det har projektet gjort ved dels at udvikle en systemunderstøttet, GIS-drevet tilgang til den tidlige, borgerinddragende og samskabende skitseplanlægning, dels at udfærdige en detaljeret beskrivelse af tekniske regnvandsløsninger, der kan indgå i opbygningen af en klimavej, samt erfaringer med anlæg, drift og merværdi.

Nærværende rapport omhandler de tekniske løsninger og erfaringer medens Delrapport 1: Slutrapport for delprojektet om borgerinddragende samskabelse præsenterer resultaterne fra det borgerinddragende spor. Rapporten er resultatet af et samarbejde mellem Københavns Universitet, Teknologisk Institut og CALL gennem 2018 og 2019. Metodetilgangen er løbende drøftet med HOFOR og Københavns Kommune.



Figur 1: Oversigt over projektets metodetilgang

Landskabsarkitekt Jasmina Gabel takkes for at bidrage med information og billeder til kapitel 7.

### Forfattere og bidragsydere

CALL: Ole Larsen, Søren Heinecke og Louise Korsgaard

KU: Jan Støvring og Marina Bergen Jensen

TI: Ulrik Hindsberger, Karin Cederkvist, Kristoffer Amlani Ulbak, Kristoffer Sindby og Inge Faldager.

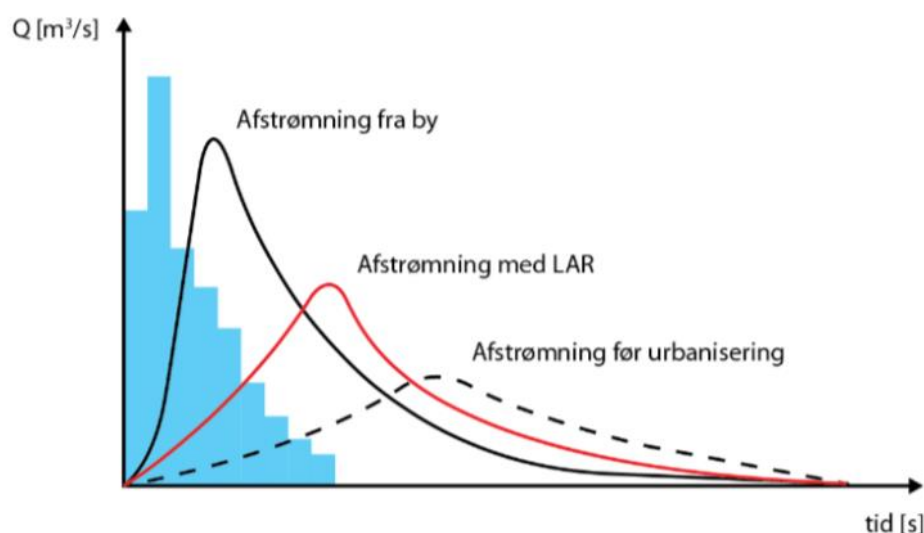
# 1 Indledning

## 1.1 Baggrund

### Håndtering af regnvand på veje

I takt med den stigende urbanisering øges de arealer, som er impermeable for regnvand. Det betyder, at afstrømningen bliver større, foregår hurtigere og har kraftigere maksimal vandføring (Figur 2). Samtidigt medfører klimaforandringerne mere regn med højere intensitet. Urbaniseringen og klimaforandringerne lægger således begge et stort pres på byers eksisterende afløbssystemer, der ofte ikke har tilstrækkelig kapacitet til at kunne håndtere de store mængder regnvand. Konsekvenserne er hyppigere kælderoversvømmelser samt oversvømmelser på terræn, herunder veje. Antallet af kloakoverløb ved de såkaldte overløbsbygværker, hvor urensset spildevand opblandet med regnafstrømning udledes ubehandlet til naturen. For at imødegå denne problematik kan regnafstrømningen tilbageholdes midlertidigt og eventuelt håndteres lokalt. Alternativt må afløbssystemet udvides, så bortledningskapaciteten øges. I praksis vil der typisk være tale om en kombination af løsninger.

*Lokal afledning af regnvand (LAR)* betegner en række afvandingsløsninger, der kan anvendes til at fjerne, begrænse eller forsinke regnvandsafstrømningen fra et område, og som kan fungere enten uafhængigt af et eksisterende system (stand-alone løsning) eller i kombination med et eksisterende afløbssystem. Flere kommuner, bl.a. Brøndby, Gladsaxe og København, har de senere år stillet krav om øget brug af LAR med det formål at bidrage til opfyldelsen af klimatilpasningsmålene om at skabe mere plads i afløbssystemer (f.eks. 30 % mere plads i år 2100). Øget viden om hvordan LAR anvendes er derfor aktuelt.



Figur 2. Afstrømningshydrograf for en by (fuldt optrukket linje) før urbanisering (stiplet linje) samt efter introduktion af LAR (rød linje). Regnen, der er blå, starter til tiden 0. Kurverne viser, hvor hurtigt regnen, der lander på overfladerne, afstrømmer fra området (kurvens stejlhed og peak), mens arealet under kurverne viser det samlede volumen (Teknologisk Institut, 2018).

Jo tættere bebygget en by er, jo større er afstrømningen og jo sværere er det at finde plads i byrummet til lokal håndtering af regnvand og dermed klimatilpasning. Veje udgør mellem en tredjedel og halvdelen af byers befæstede arealer og bidrager dermed massivt til afstrømningen. I de senere år er der kommet mere fokus på at inddrage veje i klimatilpasning. Klimaveje, også kaldet grønne veje, er således et nyt begreb, der dækker over veje, som bidrager til at tilbageholde og evt. aflede regnvand lokalt. En klimavej kan helt eller delvist afkobles fra det eksisterende afløbssystem og kan indeholde et eller flere forskellige LAR-elementer. Det kan dreje sig om retentionsløsninger, nemlig vejbed, grøft, og faskine; eller en detentionsløsning, der betegnes bassin. Ved retentionsløsninger "forsvinder" vandet ved nedsivning og/eller fordampning og skal dermed ikke håndteres yderligere. Ved detention forsinkes vandet og sendes langsomt (droslet) videre fra magasinet eller bassinet til et andet system, f.eks. kloakken. Permeable befæstelser uden membraner og uden kobling til kloaksystemer er rene retentionsløsninger, hvor regnen siver gennem belægning og videre ned i jorden under vej-kassen. Hvis den permeable vejopbygning omslutes af en membran, og der ilægges et drænrør, der kobles til kloakken, fungerer vejen som detentionselement. Både retentions- og detentionsløsninger har brug for et magasin til opbevaring af regnafstrømningen. Veje anlagt med "omvendt" vejprofil (v-profil) og centerlinjeafvanding kan benyttes som forsinkelsesbassin og transportvej.

Den optimale kombination af regnvandsløsninger (herunder LAR-elementer) på veje afhænger bl.a. af formålet med klimavejen, de fysiske, miljø- og planmæssige rammer, samt hensynet til borgere, økonomi og merværdi. Etableringen af en klimavej kræver således grundigt forarbejde og tæt dialog med borgere, myndigheder og andre interessenter. I Københavns Kommunes Skybrudsplan er der udpeget ca. 400 km klimaveje og på landsplan er klimaveje en vigtig del af klimatilpasning. For at effektivisere etableringen af klimaveje er der behov for øget videndeling og erfaringsopsamling omkring mulighederne og begrænsningerne for håndtering af regnafstrømning på veje.

## 1.2 Formål

Formålet med nærværende rapport er at styrke dialogen omkring etablering af klimaveje ved at (1) uddybe og præcisere de tekniske forhold for regnvandsløsninger på veje, samt (2) opsummere erfaringer med anlæg, drift og merværdi af klimaveje i Danmark.

## 1.3 Afgrænsning og begrebsafklaring

Begrebet LAR (lokal afledning af regnvand) dækkede oprindeligt kun løsninger, der var baseret på afkobling af regnvand ved infiltration (Fletcher et al., 2015), men bruges i dag til mange typer af terrænnære regnvandsløsninger, der virker i kombinerede løsninger med afløbsnettet. Denne rapport omhandler regnvandsløsninger med både ingen, delvis eller hel afkobling af regnvand, og begreberne LAR og regnvandsløsninger anvendes synonymt.

Klimaveje bliver også kaldt grønne veje. En klimavej er dog ikke nødvendigvis en grøn vej, f.eks. hvis der udelukkende anlægges permeable belægnings eller faskiner. Derfor anvendes begrebet klimavej i denne rapport. Ved en klimavej forstås en vej, hvor



regnafstrømningen fra vejen selv, og evt. fra omkringliggende ejendomme, håndteres helt eller delvist uden brug af det eksisterende afløbssystem.

Ved erfaringsopsamlingen er der indhentet information om anlægsomkostninger, drift- og vedligeholdelsesudgifter samt merværdi. Information om besparelser i kommuner og forsynings primære drift samt potentialet for reduktion af skader er ikke medtaget.

Borgerinddragelse er en vigtig del af dialogen omkring etablering af klimaveje, og dette diskuteres i projektets anden rapport.

## 1.4 Opbygning

Kapitel 2 beskriver de faktorer, man skal være opmærksom på ved etableringen af en klimavej. Kapitel 3 giver en oversigt over relevant lovgivning og standarder. Kapitel 4 præsenterer fem regnvandsløsninger (LAR-elementer) samt renseløsninger, der kan anvendes på veje. Kapitel 5 viser eksempler på dimensionering af regnvandsløsninger, mens Kapitel 6 indeholder information om drift og vedligehold. Med udgangspunkt i 12 eksempler opsummerer kapitel 7 erfaringerne fra anlæg, drift og merværdi af klimaveje i Danmark. Afslutningsvis præsenterer kapitel 8 et overblik over anbefalinger i forhold til valg af regnvandsløsninger på veje.

## 1.5 Målgruppe

Målgruppen for rapporten er HOFOR og Københavns Kommune samt andre forsyningsselskaber og kommuner i Danmark.

## 2 Forundersøgelser i forbindelse med håndtering af regnvand på veje

Hvert nyt klimatilpasningsprojekt kræver en konkret vurdering af behov og muligheder for håndtering af regnvand på veje. Den optimale kombination af forskellige regnvandsløsninger afhænger af forskellige faktorer, som beskrives i det følgende. Disse faktorer bør gennemgås i en forundersøgelse for at kunne vurdere, hvor store ændringer vejens funktion kan bære, hvor meget regn vejen kan håndtere, og hvor forurenede afstrømningen vil være.

### 2.1 Formålet med håndtering af regnvand på veje

Det er vigtigt på forhånd at afklare formålet med etableringen af en klimavej og dermed formålet med de regnvandsløsninger, der skal anlægges. Her skal der altid besvares to grundlæggende spørgsmål:

**1) Hvor stor en regnhændelse skal vejen kunne håndtere?**

Der skelnes gerne mellem løsninger, der håndterer hverdagsregn (<1 års regn,  $T < 1$ ), dimensionsgivende regn (5- eller 10-års hændelse,  $T = 5/T = 10$ ) eller skybrud ( $T > 10$ , eller, ved 100-års hændelse,  $T = 100$ ). Her er det også vigtigt at afgrænse, det areal, der skal håndteres vand fra. Er det kun vejen selv, inklusiv evt. fortov og cykelstier, eller er det også tagvand og vand fra indkørsler mv. fra bygninger langs med vejen?

**2) Hvilken hydraulisk funktion er der behov for?**

Er der mulighed for at lave en retentionsløsning, hvor vandet magasineres, nedsives og/eller fordampes, eller kan der kun blive tale om en løsning, hvor vandet blot forsinkes, før det ledes videre? I begge tilfælde er det relevant at overveje om der er behov for rensning.

Herudover er der en række spørgsmål, der kan have afgørende for projektets succes, både økonomisk og i forhold til borgernes tilfredshed. Er der andre formål med klimavejen f.eks. forskønnelse, øget biodiversitet, rekreation, trafikregulering, støjdæmpning eller lignende?

### 2.2 Vejens status, klasse og anvendelse

Projektforløbet og myndighedsbehandlingen afhænger af vejens *status* i forhold til lovgivningen.

▪ **OFFENTLIG VEJ (KOMMUNAL)**

Kommunen er ejer af vejen og ansvarlig for drift og vedligeholdelse af hele vejnetet. Det er kommunen, der er vejmyndighed. Tilstødende grundejere har altid grundejerforpligtelse ud mod offentlig vej, f.eks. snerydning på offentligt fortov. Offentlige veje hører under vejloven.

- **PRIVAT FÆLLESVEJ**

Grundejerne er ejere af vejen, men kommunen er vejmyndighed. Grundejerne er ansvarlige for drift og vedligeholdelse af hele vejnettet og skal følge evt. påbud fra kommunen. Private fællesveje hører under privatvejsloven.

- **PRIVAT VEJ**

Vejene er typisk interne veje på en ejendom. Private veje er ikke underlagt en offentlig vejmyndighed.

I planlægning og administration inddeles veje i forskellige *klasser*, som afspejler vejens rolle i trafikafviklingen. Vejklasserne sætter dermed også forskellige rammer for, hvad der er muligt i forhold til et klimatilpasningsprojekt.

- **PRIMÆRE OG SEKUNDÆRE TRAFIKVEJE**

Primære trafikveje er de store veje, der afvikler den primære trafikmængde. De sekundære trafikveje har en lavere trafikintensitet.

- **FORDELINGSVEJE**

Fordelingsveje fordeler trafikken mellem trafikveje og boligveje.

- **BOLIGVEJE**

Boligveje afvikler den lokale trafik.

I forbindelse med forundersøgelserne skal der udføres en analyse af vejens *anvendelse*, som bl.a. kan omfatte:

- Kortlægning af eksisterende forhold:
  - Eksisterende ledninger
  - Eksisterende belysningsmaster
  - Eksisterende træer
  - Vejens og evt. beplantningens tilstand
- Vejens opbygning
  - Vejkassen
  - Vejprofilet
  - Vejbredder
  - Kantstenens højde
- Er det en gennemkørende vej?
  - Fare for opstuvning af trafik
  - Trafiksikkerhed/oversigtsforhold
- Er der offentlig transport? Hvis ja, skal der tages hensyn til?
- Er det en vej, som kun anvendes af beboerne?
- Ind- og overkørsler: Hver grundejer skal have min. en ind- eller overkørsel

- Fodgængere: Er der brug for to fortove? Hvis nej, kan det ene nedlægges og udnyttes til håndtering af regnafstrømning?
- Manøvrering:
  - Renovations- og redningskøretøjer skal kunne passere
  - Offentlig transport
  - Sving- og venderadier, evt. rundkørsler, skal fortsat respekteres
- Skal der være parkering på vejen og hvor mange pladser?
- Vejvand:
  - Vand- og skelgrænser. Er der naturlig afgrænsning med kantsten eller andre grænser?
  - Hvor skal vandet løbe på vejen?
- Skal der indtænkes vinterforanstaltninger? F.eks. så vejsalt ikke afledes til LAR-anlæg, eller der anvendes alternative tømidler
- Vejbeplantning:
  - Vejbede med bløde kurver
  - Beplantning skal tillade oversigt
  - Vejtræer, trætyper og placering

## 2.3 Afstandskrav til nedsivningsanlæg

I Spildevandsbekendtgørelsen findes der krav om en afstand på mindst 25 m fra et nedsivningsanlæg til regnvand og drikkevandsboringer, vandløb, søer og hav.

I Spildevandsbekendtgørelsen er der ikke stillet krav om, at der skal være afstand mellem et nedsivningsanlæg og grundvandsspejlet. Alligevel stiller de fleste kommuner krav om en vis afstand fra bunden af anlægget til grundvandsspejlet for at sikre, at vandet uhindret kan sive ud af anlægget. I sandede aflejringer, hvor grundvandsspejlet har en begrænset årstidsvariation, bør afstanden være 1,0-1,5 m. I lerede aflejringer, hvor grundvandsspejlet normalt har en stor årstidsvariation, bør afstanden være 1,5 – 2,0 m. I disse områder er det vigtigt at pejle grundvandsstanden i vinterperioden (februar – april), hvor grundvandsstanden normalt er højest. Her er det dog vigtigt at være opmærksom på kombinerede løsninger, hvor et nedsivningsanlæg kombineres med forsinkelse eller magasinering. Hvis eksempelvis en nedsivningsrende med en dybde på 1,5 m forsynes med et drænrør i 0,5 m dybde, der kobles til et eksisterende afløbssystem, kan der arbejdes i overfladen.

I Bygningsreglementet findes et krav om, at nedsivning af regnvand ikke må medføre skade på bygninger.

I

*Tabel 1* er vist en oversigt over afstandskravene til et nedsivningsanlæg til regnvand.

Afstand til	Lovgivningsmæssige krav	Vejledende krav	Hvad kan der dispenseres til
Drikkevandsboring	25 m		
Vandløb, sø, hav	25 m		
Bolig med og uden kælder		5 m	2 m *
Carport, skur mv.		2 m	1 m *
Skel		2 m	0,5 – 1, 0 m **
Grundvandsspejl, sandet jord		1-1,5 m	
Grundvandsspejl, leret jord		1,5-2 m	

Tabel 1. Afstandskrav til bygning ved nedsivningsanlæg for regnvand fra SBI-anvisning nr. 256.

\*Afstanden kan nedsættes, hvis terrænet falder væk fra bygningen samtidig med, at huset er nyt og ikke har kælder.

\*\*Afstanden kan nedsættes, hvis der ikke er fare for opblødning af jorden, eller hvis nabogrunden forbliver ubebygget.

Afstandskravene til bygninger/skel er relevante, fordi praktiske undersøgelser af nedsivningsanlæg for vand bl.a. i Københavns Kommune har vist, at grundvandet stiger i en afstand på 3-4 m fra anlægget i de perioder, hvor anlægget er meget belastet. Generelt er grundvandsstanden lavest i sommerperioden, hvor anlæggene typisk er mest belastet med de kraftigste regnhændelser.

## 2.4 Topografi, overflader og modellering

Til en indledende vurdering af vejens topografiske forhold kan anvendes kort, som er frit tilgængelige:

Vejdirektoratet: <http://webkort.vd.dk>  
 Geodatastyrelsen: <https://kortforsyningen.dk/>  
 Miljøstyrelsen: <http://miljoegis.mim.dk>  
 Danmarks Miljøportal: <http://kort.arealinfo.dk>

Det anbefales altid at kontrollere lavninger mv. på blue-spot kort på f.eks. <http://vandet.kommer.dk>.



Figur 3. Eksempel på blue-spot kort

Det er en god ide at undersøge, om der er gennemført et eller flere modelleringsarbejder i et område inden, man går i gang med planlægningen. Avancerede modelleringsarbejder kan f.eks. være udført eller bestilt af kommune eller forsyning og kan rumme oplysninger om:

- Afløbssystemer
- Vandløb
- Grundvand
- Havvand
- Koblede modeller, hvor ovenstående modeller er koblet sammen
- Forskellige oplysninger i diverse GIS-systemer

Resultater fra modelleringer kan give vigtige inputs til den videre planlægning og findes ofte på kommunernes eller forsyningernes hjemmeside.

## 2.5 Geologi, jordbund og grundvand

For at vurdere om en given lokalitet er egnet til nedsivning skal jordbundsforholdene kendes. På <http://arealinformation.miljoportal.dk/distribution/> kan man bl.a. finde oplysninger om terræn og højdekurver. Det skal sammenholdes med kortoplysninger fra kommunen, der som vandressourcemyndighed administrerer jordarts- og potentialekort.

Desuden kan der findes oplysninger om jordbundsforhold fra eksisterende og sløjfede geotekniske borer i *Jupiterdatabasen* på GEUS's hjemmeside. Jordartskort fra GEUS giver oplysninger om jordlagene ned til en meters dybde og kan give indikationer af de terrænnære grundvandsforhold, f.eks. hvor der er tørve- og dyndaflejringer, der indikerer højt grundvand.

## 2.6 Nedsivningsevnen

Før et anlæg til nedsivning af regnafstrømning dimensioneres, skal der enten udføres nedsivningstest flere steder på arealet eller gennemføres geofysiske målinger. Ved geofysiske målinger måles modstandsværdier i forskellig dybde over et større areal, og dermed kan sand- og grusforekomster lokaliseres.

Nedsivningstest kan udføres som synketest i et udgravet hul ved anlæggets bund eller ved hjælp af et infiltrometer.

Det er vigtigt, at nedsivningsevnen måles i den dybde, som nedsivningsanlægget skal placeres i; ellers får man ikke et retvisende billede, og dimensioneringen bliver baseret på for usikre tal. Jord, der er udviklet på moræneaflejringer, er meget uensartet, og der kan derfor være store forskelle på nedsivningsevnen selv inden for et relativt lille område. Derfor bør der altid indgå flere nedsivningstest i dimensioneringen. Desuden må resultaterne ikke bruges kritikløst ved dimensioneringen.

Selvom det altid anbefales at lave målinger, er det også muligt at vurdere jordens nedsivningsevne indirekte. Hvis der er erfaring med stående vand på terræn efter store regnskyl eller snesmelt er arealet sandsynligvis uegnet. Omvendt, hvis der findes godt med regnorme i de tilstødende grønne områder, er der sandsynligvis god afstand til

grundvandet og gode drænforhold. Tilsvarende, hvis der findes store og veludviklede træer i de grønne områder, er det også en god indikation af et ikke vandlidende areal, der sandsynligvis kan kapere mere vand.

## 2.7 Forurennet jord

Hvis jorden er forurennet, gives der normalt ikke nedsivningstilladelse, da nedsivningen evt. kan mobilisere miljøfremmede stoffer og transportere de forurenende stoffer ned mod grundvandet.

Afhængigt af typen og graden af forurening vil kommunen angive, om nedsivning er muligt.

## 2.8 Vandkvalitet og krav om rensning

Regnafstrømning, der stammer fra veje, kan indeholde en lang række stoffer, der kan være miljø- og sundhedsskadelige. I henhold til Vandrammedirektivet og Spildevandsbekendtgørelsen kan der stilles krav om rensning, hvis udledning eller nedsivning af regnafstrømning vurderes at være kritisk for, at recipienten kan opnå de fastsatte miljømål. Dette vil altid være afhængigt af den enkelte lokalitet og afhænger både af vandets forureningsprofil og recipientens sårbarhed.

Hvis vandet primært kommer fra grønne arealer, pladser og mindre befærdede veje, fra grønne tage, stråtage samt tage med tegl og skifer tillader mange kommuner nedsivning af tag- og overfladevand. Hvis vandet kommer fra metaltage og befærdede veje giver kommunen normalt først tilladelse til at nedsive efter en række forundersøgelser og under en række vilkår og krav, herunder etablering af rensning. Det er op til miljøafdelingen i den kommune, man ønsker tilladelsen i, at vurdere dette. Selv om afstrømning fra stærkt trafikerede veje og tage med metal generelt er mest belastet, gælder det ikke alle forureningsgrupper. Især sprøjtemidler, der benyttes af private til ukrudtsbekæmpelse, må forventes at optræde i højere koncentrationer fra netop boligområder. Det er derfor vigtigt, at beboere informeres om, at vandet drænes direkte til naturen og at appellere til, at anvendelsen af sprøjtemidler og andre kemikalier udendørs sker med stor omtanke og allerhelst undgås.

For mere inspiration og baggrundsviden se [www.regnvandskvalitet-abc.teknologisk.dk](http://www.regnvandskvalitet-abc.teknologisk.dk).

I forbindelse med rekreativ brug af regnafstrømning fra veje gælder særlige krav til vandkvaliteten. Det er kommunens miljømyndighed, der har ansvaret for, at regnvandet håndteres hygiejnisk og sikkerhedsmæssigt forsvarligt. Kommunen skal inddrage Embedslægen, hvis regnvandshåndteringen kan føre til, at mennesker eksponeres for vandet på en måde, så det kan udgøre en risiko.

Retningslinjerne i København er:

- Regnvand kan frit håndteres på terræn i regnvandsbassiner, grøfter og vejbede, der ikke indbyder til leg eller direkte kontakt med vandet

- Hvis anlæg er designet til leg, så er kravet, at uanset hvor vandet kommer fra, må vand ikke stå længere end 24 timer uden rensning eller udskiftning. Vand, der har været lagret i tanke, bør ikke bruges til leg. Vejvand skal renses

For mere information henvises til notat "Hygiejniske forhold ved håndtering af regnvand i anlæg på terræn": <http://regnvandskvalitet-abc.teknologisk.dk/media/1119/biv-notat-5-vurdering-af-regnafstroemningens-kvalitet.pdf>

## 2.9 Regnafstrømningens forureningsprofil

Forureningsprofilen er et resultat af typen af stoffer og koncentrationen af dem i det afstrømmende vand. Den varierer ikke bare fra opland til opland, men også fra regnhændelse til regnhændelse indenfor samme opland.

Typen af stoffer vil afhænge af de kilder, der findes i oplandet (f.eks. trafik, brændeovne, zinktagrender, brug af sprøjtemidler osv.). Disse kilder kan være utallige og også variere hen over året. Eksempelvis er der i foråret stor sandsynlighed for at finde pesticider fra privat bekæmpelse af ukrudt, og om vinteren salt fra vejsaltning, ligesom enkeltaktiviteter i forbindelse med renovering af ejendomme, bilvask m.v. kan præge afstrømningen momentant.

Et overblik over forureningsstoffer og deres kilder, som man kan forvente at finde i regnafstrømning, er vist i Tabel 2. Tabellen er hverken en brutto- eller facitliste over alle de stoffer, der findes, men over de væsentligste og dem, der oftest analyseres for. De mest almindelige forureningsstoffer er tungmetaller, fosfor, olie- og PAH-forbindelser, phenoler, plastblødgørere m.fl. Senest er der også kommet fokus på partikler af mikroplast fra dækslid og bremseklodser. Det er værd at bemærke, at en del elbiler genererer større mængder mikroplast end almindelige biler, idet elbiler er tungere og accelererer hurtigere.

For mange af stofferne gælder det, at de både kan findes opløst i vandfasen eller bundet til partikler. Det er vigtigt at holde sig for øje, og man skelner mellem opløste og totale koncentrationer.

Stofgruppe	Kilder <sup>1)</sup>	Specifikke stoffer
Metaller	Køretøjer, Bygnings- og vejmaterialer, Atmosfærisk deposition	Al, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn
Salte	Vejsaltning	Cl
Næringsstoffer	Udskyllet fra grønne områder. Afsat atmosfærisk med fine partikler fra omkringliggende landbrug. Nedbrydning af død vegetation, bl.a. blade fra vejtræer	N, P
Naturligt Organisk Materiale	Vegetation. Udvasket fra jord	Blade, grene, opløste humusstoffer
Suspenderet stof	Slid af materialer, naturligt organisk materiale, jord, fine partikler afsat fra atmosfæren	Partikler, mikroplast, mikrogummi, ler, grus, sand



PAH-forbindelser	Dryp fra køretøjer, Trafikudstødning, Afbrænding af træ og fossile brændstoffer	Naphthalen, Pyren, Fluoranthen, Benzo(a)pyren, Benzo(b+j+k)fluoranthen,
PCB-forbindelser	Atmosfærisk deposition, Industri, Bygningsmaterialer, Benzin	7 congenere (PCB#28, PCB#52, PCB#101, PCB#118, PCB#138, PCB#153, PCB#180)
Pesticider	Vejsider, Jernbaner, Indkørsler, Private fortove, Haver, Parker	Glyphosat, AMPA, Fungicider i tagmateriale og vægmateriale,
Organotin	PVC, katalysatorer	MBT, DBT
Phenoler	Industri, Bygningsmaterialer, Benzin	Bisphenol A, Nonylphenol
Hydrocarboner	Atmosfærisk deposition, Trafik	BTEX
Halogenerede forbindelser	Atmosfærisk deposition, Bygningsmaterialer, Industri	PCB'er
Detergenter	Bilvask	Lineære alkylbenzensulphonater
Blødgørere	Bygningsmaterialer	DEHP
Metaboliter	Delvis nedbrydning af alle organiske forbindelser	AMPA, BAM
Patogener	Byens dyr, Overløb fra fælleskloak	E. Coli

1) Primære kilder. Der findes typisk flere kilder til samme stof.

*Tabel 2. Overblik over kritiske stoffer og stofgrupper, der kan forekomme i regnafstrømning samt deres kilder*

Udover kildestyrken i området afhænger koncentrationen af stofferne i det afstrømmende vand af tørvejrperioderne mellem regnhændelserne. Jo længere tørvejrperiode, jo mere forurening kan der akkumuleres på overfladen. Desuden spiller intensitet og varighed ind. Jo voldsommere regn, desto mere effektivt skylles overfladerne rene, men samtidig sker der en fortynding, jo mere vand der er tale om.

Der er altså mange indbyggede usikkerheder i blot at vurdere afstrømningens forureningsprofil fra et enkelt område, og der er derfor ikke et enkelt svar på, hvor forurenede vandet er.

Til en hjælp findes der både nationale og internationale monitoringsstudier af regnafstrømningskvalitet. De er alle forbundet med stor usikkerhed, men kan give et overblik over, hvilke stoffer og i hvilke koncentrationsintervaller, der er observeret for tilsvarende oplande og overflader. Bl.a. kan man foretage en screening via værktøjet RegnKvalitet: [www.regnvandskvalitet-abc.teknologisk.dk](http://www.regnvandskvalitet-abc.teknologisk.dk). I værktøjet identificeres hvilken overfladeafstrømning, der kan udledes eller nedsives, eller om vandet bør afledes til kloak eller renses inden udledning. Det er dog vigtigt at huske på, at dette kun er et screeningsværktøj. Man er også nødt til at se på sit område, identificere mulige enkeltkilder og bruge sin sunde fornuft.

Københavns Kommune har udarbejdet et såkaldt rensenotat, der opstiller principper for håndtering og rensning af hverdagsregn i kommunen. I rensenotatet er oplande opdelt i forskellige overfladetyper, bl.a. Vejvand 1, Vejvand 2 og Vejvand 3, efter trafikbelastning

(årsdøgnstrafik), og de tilhørende muligheder for videre håndtering af vandet, alt efter recipienttype, er skitseret. Det påpeges dog, at der altid skal foretages en konkret vurdering på den enkelte lokalitet, men ligesom "RegnKvalitet" kan notatet hjælpe et skridt på vejen.

Det kan være nødvendigt at monitorere forureningsgraden i den konkrete situation. Det kræver grundige overvejelser både i forhold til valget af regnhændelser og måleparametre, men også i fortolkningen af resultaterne. Vedrørende monitoringsprogrammer henvises til del 2 i notatet <http://regnvandskvalitet-abc.teknologisk.dk/media/1119/biv-notat-5-vurdering-af-regnafstroemningens-kvalitet.pdf>. Det handler bl.a. om at udvælge hverken de mindste eller de største regn, at sikre at alle årstider repræsenteres, og at analysen af den enkelte hændelse er baseret på en prøve sammensat af delprøver fordelt over hele hændelsen. Tilsvarende skal det kemiske analyseprogram sammensættes efter bekymringsgrad og budget.

## 2.10 Recipientens sårbarhed

Der findes ingen specifikke grænseværdier, som regnafstrømning skal overholde før udledning eller nedsivning. Det er recipienternes miljømål, som skal kunne opfyldes. Det betyder, at der ud fra en helhedsbetragtning skal tages stilling til, om den enkelte udledning kan udgøre et problem. Miljømål er omfattet af Vandrammedirektivet, der er indarbejdet fuldt i dansk lovgivning.

Ved nedsivning til grundvand benytter en del myndigheder sig af grundvandskvalitetskriterierne for at sikre, at disse ikke overskrides.

Sager om udledning skal behandles efter den kombinerede metode. Det betyder, at der normalt stilles vilkår om anvendelse af den bedst tilgængelige teknologi (Best Available Technology eller BAT). Hvis BAT ikke er nok til at sikre, at recipientens miljømål overholdes, kan der stilles andre vilkår i tilladelsen, f.eks. i form af funktionskrav eller emissionsvilkår.

Helhedsbetragtninger af recipienter er vanskelige og meget omfangsrige at foretage. I Københavns Kommune har miljømyndighederne fået udarbejdet sårbarhedsanalyser for de fleste af kommunens recipienter, hvorfra miljøkvalitetskrav kan oversættes til emissionskoncentrationer af forskellige stoffer, som må udledes til recipienten.

Det er dog sjældent muligt at kontrollere, at disse koncentrationskrav overholdes. Derfor giver det ofte bedre mening at stille funktionskrav til anlægget. Her kan emissionsværdierne bruges som beslutningsgrundlag for at stille de korrekte funktionskrav til renseløsningen. Funktionskrav forudsætter imidlertid, at det er veldokumenteret, hvilken vandkvalitet forskellige renseløsninger resulterer i, og dér er Danmark ikke endnu. Det er derfor vigtigt fortsat at gennemføre analyser af vandkvalitet før og efter passage af rensesystemet, så vidensgrundlaget gradvist kan opbygges.

## 3 Lovgivning og standarder

Enhver håndtering af regnafstrømning kræver en tilladelse (kloaktilslutning, udledning til overfladerecipient, nedsivning i jord m.m.). Det konkrete klimavejsprojekt skal derudover myndighedsgodkendes i forhold til godkendelse af de trafikmæssige ændringer, herunder godkendelse fra politi og brandvæsen. Myndighedernes krav skal afklares, inden man kommer for langt i processen, da der normalt ikke bliver gået på kompromis med trafiksikkerheden.

I dette kapitel gives en oversigt over relevant lovgivning og standarder i forbindelse med anlæg af klimaveje. Standarder anvendes til at beskrive krav til produkter samt beskrive standardiserede arbejdsmetoder.

### 3.1 Spildevandsbekendtgørelse

Miljølovgivningen og specielt Spildevandsbekendtgørelsen regulerer tilledning af spildevand til hovedkloak, udledning af spildevand til recipient og nedsivning af spildevand til jorden. I forhold til anden lovgivning og baggrundsviden på området henvises til <http://regnvandskvalitet-abc.teknologisk.dk/kommunal-praksis-lovgivning/lovgivning-og-baloggrundsviden/>. Regn defineres som spildevand, så snart det har ramt en overflade og begynder at strømme af.

#### **Tilslutningstilladelser**

Før vandet fra en vej kan tilsluttes hovedkloaksystemet, skal der foreligge en tilslutningstilladelse. I en tilslutningstilladelse kan kommunen stille vilkår om mængden, der må tilsluttes og krav om, at regnen kun må stamme fra 'almindelige overflader'. Det skal desuden sikres, at tilledningen ikke er til hinder for, at forsyningen kan opfylde de krav, der er stillet til dem om udledning til recipient. Som regel vil der i en tilslutningstilladelse for regnvand primært blive stillet krav om, hvor meget regnvand, der må tilføres hovedkloaksystemet.

#### **Udledningstilladelser**

Før vandet fra en vej kan udledes til recipient, skal der foreligge en udledningstilladelse. I en udledningstilladelse kan kommunen opstille vilkår om mængde og sammensætning af det regnvand, der ønskes udledt til recipient. Som regel vil der i en udledningstilladelse for regnvand blive stillet krav om, hvilken hastighed regnvandet må udledes med. I nogle tilfælde er der også krav om hvilken koncentration, der må være af forskellige stoffer.

#### **Nedsivningstilladelser**

Før vandet fra en vej kan nedsives, skal der foreligge en nedsivningstilladelse. I en nedsivningstilladelse kan kommunen stille krav til sammensætningen/forureningsgraden af det regnvand, der ønskes nedsivet (se mere i afsnit 2.9).

#### **Separering og håndtering af tagvand mv.**

I forbindelse med vandhåndtering på veje kan det være et ønske, at vejen skal håndtere ikke blot det vand, der falder på vejen, men også tag- og overfladevand fra naboarealer. I dette tilfælde skal det indskrives i Spildevandsplanen, at man i pågældende område vil

separatkloakere. Når det er indskrevet i Spildevandsplanen, er grundejeren forpligtet til for egen regning at tilslutte sig det/de stik, der føres frem til grunden. Regnvandsstikket (regnvandsledningen på privat grund) kan enten være en lukket underjordisk ledning, der fører regnvandet ud til vejen, eller, hvis det er forsvarligt, kan regnvandet fra de enkelte grunde også tilføres vejen via åbne ledninger/kanaler på overfalden.

Hvis vejen også skal håndtere regnafstrømning fra de enkelte grunde, skal det vurderes, om anlægget kan klare hele belastningen. I modsat fald kan der stilles krav om, at tilstrømningen fra de enkelte parceller reguleres, så vandet først passerer et nedsivnings- eller forsinkelsesanlæg via nedsivning eller forsinkelse på den enkelte grund.

### 3.2 Klimalokalplaner

Siden 2012 kan kommuner med henvisning til Planloven stille krav om bl.a. maksimal befæstelsesgrad og brug LAR-løsninger, hvis dette tjener et konkret klimatilpasningsformål. Lokalplanerne kan dog ikke bruges til at tvinge ejendomme ud af kloakfællesskabet. Her gælder fortsat reglerne om udtræden af kloakfællesskabet, som er angivet i Spildevandsbekendtgørelsen.

### 3.3 Bygningsreglementet

Bygningsreglementet regulerer byggeri inden for skel og herunder også regnafstrømning fra bygninger. Her findes der i kapitel 8 krav til afledning af regnvand, hvor der bl.a. står, at regnvand skal afledes, så der ikke sker skade på bygninger. Det er også angivet, at tagvand skal holdes på egen grund. Hermed menes, at f.eks. afstrømning fra tage/skure m.v. ikke må ledes eller plaske ind på naboens grund. Vandet skal afledes enten til kloakken eller til et nedsivningsanlæg (et LAR-anlæg) på egen grund.

Der henvises til, at hvis man følger DS 432 Afløbsinstallationer, vil de overordnede krav i bygningsreglementet være opfyldt.

### 3.4 Autorisationsloven

Arbejde med afløbsinstallationer inden for skel er autoriseret arbejde jævnfør Autorisationsloven. De regnvandsledninger, der ligger på grunden og fører regnvandet fra ejendommen til skelbrønd er autoriseret arbejde. På den enkelte grund må en borger dog selv lave et nedsivningsanlæg til nedsivning af vand fra tage og overflader på grunden. Afkobling af regnvandet fra det eksisterende system er dog autoriseret arbejde.

### 3.5 Vejlovgivningen

Hvis klimavejen er en del af et offentligt vejnet, gælder vejloven eller "Lov om offentlige veje m.v. LOV nr. 1520 af 27/12/2014)". Da private fællesveje kan benyttes af alle, er de også omfattet.

I Vejloven angives, at en vej eller et vejareals funktion skal sikre, at trafikens afvikling sker på en sikker måde.

Vejloven foreskriver også, at vejmyndigheden er forpligtet til at vedligeholde vejen og dermed sikre afvanding fra vejen. For private fællesveje kan myndighederne stille krav til grundejerne, der ejer vejen, hvis afvandingen ikke er i orden.

Vejloven angiver, at det er vejmyndighedens ansvar at holde sine offentlige veje i den stand, trafikens art og størrelse kræver.

Ligeledes angiver vejloven, at vejmyndigheden

- Bestemmer hvilke arbejder, der skal udføres på dens veje.
- Afholder de udgifter, der er forbundet med sikring og andre forbedrende foranstaltninger, herunder anlæg, drift og vedligeholdelse af vejene, medmindre andet er aftalt mellem den aktuelle vejmyndighed og en anden vejmyndighed. En sådan aftale kan også gøres gældende mellem vejmyndigheden og en fysisk eller juridisk person.

### 3.6 Vejregelhåndbøgerne

Vejregelhåndbøgerne, der er udarbejdet af Vejdirektoratet, omhandler projektering af nye vejafvandingskonstruktioner og renovering af eksisterende afvandingskonstruktioner i veje og stier.

Håndbøgerne beskriver dog alene retningslinjer for traditionelle vejafvandingsystemer og indeholder ikke vejledning vedr. klimaveje. De kan bruges som inspiration til de dele af en vejafvanding, som skal udføres traditionelt.

Vejreglerne er vejsektorens grundlag for at planlægge, projektere, anlægge og drive vejinfrastrukturen i Danmark. På denne side <https://www.vejdirektoratet.dk/side/om-love-og-regler#1> finder man information om de enkelte vejregelgrupper, og man får en introduktion til Vejregelrådet, som er det øverste organ i Vejregelarbejdet. Det er primært Vejregelgruppen for afvanding, der arbejder med klimatilpasning og afvanding i forhold til Vejdirektoratets vejregler.

I Vejregelgruppen for afvanding er det blevet besluttet at arbejde over mod en ændret struktur således, at man opdeler vejreglerne i en række håndbøger, der hver omhandler en overordnet afvandingskomponent eller et specifikt emne.

Serien er planlagt til at omfatte følgende håndbøger, som alle forventes færdige i løbet af 2020:

- 1) Brønde, bygværker og ledninger (er udgivet)
- 2) Bassiner (er udgivet)
- 3) Trug, grøfter mv. (er udgivet)
- 4) Miljø (udgives i 2020)
- 5) Myndighedsbehandling (udgives i 2020)

### 3.7 Bekendtgørelse af lov om private fællesveje

Loven skal medvirke til at sikre, at private fællesveje er indrettet teknisk forsvarligt, at vejene er i god og forsvarlig stand i forhold til færdslen på vejene, og at privates dispositioner i forbindelse med vejene ikke er i strid med den offentlige planlægning. Loven skal desuden medvirke til at sikre, at almene offentlige hensyn i øvrigt tilgodeses i forbindelse med private fællesveje i byer.

### 3.8 CE-mærkning af produkter

I forbindelse med det åbne indre marked i Europa har Europakommissionen udarbejdet standarder for en del produkter, så man sikrer ensartet kvalitet. Disse standarder er mandaterede (dvs. bestilt af Europakommissionen). De er dermed tvungne standarder for de pågældende produkter, og de ligger til grund for en tvungen CE-mærkning af disse produkter. Det gælder bl.a. olieudskillere og afløbsrender. For andre produkter, f.eks. dæksler, findes der europæiske standarder, men de er ikke mandaterede/tvungne, så her er det op til bygherren at foreskrive, hvis standarden skal overholdes.

Der findes også europæiske standarder, der dækker arbejdsmetoder, f.eks. lægning og prøvning af ledninger mv. Disse standarder er frivillige, og i Danmark anvendes i stedet de danske lægningsnormer omtalt i næste afsnit.

### 3.9 Lægningskrav til ledninger i jord

Når ledninger lægges i eller omkring et vejareal, skal det sikres, at ledningerne lægges, så levetiden bliver så lang som mulig, gerne 100 år. De krav, der stilles til udførelsen, er opstillet i fire normer: en norm, der handler om generelle forhold ved lægning af ledninger og to normer, der handler om henholdsvis fleksible rør og stive rør. Den fjerde norm omhandler krav til tæthed af ledningssystemerne.

- DS 475 Norm for etablering af ledningsanlæg i jord  
(2. udgave december 2012 + Tillæg 1)
- DS 430 Norm for lægning af fleksible ledninger af plast i jord  
(2. udgave april 1986-revideret 2012)
- DS 437 Norm for lægning af stive ledninger af beton mv. i jord  
(2. udgave marts 1986 – revideret 2012)
- DS 455 Norm for tæthed af afløbsledninger i jord  
(1. udgave 1985 -revideret 2012)

DS 475 omhandler generelle retningslinjer for lægning af alle ledninger i jord, f.eks. afstandskrav, krav til udgravning m.v. Desuden angiver den krav til det omkringfyldningsmateriale, der skal anvendes rundt om ledninger. Disse specifikke krav er stillet for at sikre, at der ikke efterfølgende sker sætninger i vejkassen. De to normer, der dækker lægning af henholdsvis plastrør og betonrør angiver, hvordan rørene skal håndteres og lægges. De angiver også krav til lægningen, når ledningerne lægges i ikke befæstede arealer. Den sidste norm, der omhandler tæthed, angiver retningslinjer for,

hvor tætte ledningssystemer skal være efter lægningen, hvis bygherren forlanger en tæthedsprøvning af ledningssystemet.

### 3.10 LER

Enhver, der erhvervsmæssigt udfører gravearbejder, skal indhente oplysninger i LER (LedningsEjerRegistret), uanset hvor man udfører gravearbejde. Registreringspligten gælder dog stadig kun for ledninger, som ejes af forsynings- og distributionselskaber. Det vil sige, at man ved en søgning i LER typisk ikke får oplysninger om stikledninger og ledninger, som ejes af private.

### 3.11 Eurocodes

Vedrørende geotekniske forhold og jordbundsundersøgelser anvendes eurocodes som der henvises til:

DS/EN 1997-1 Eurocode 7: *Geoteknik-del 1: Generelle regler*

DS/EN 1997-2 Eurocode 7: *Geoteknik-del 2: Jordbundsundersøgelser og -prøvning*

DS/EN 1997-2 DK NA, nationalt anneks til DS/EN 1997-2 Eurocode 7: *Geoteknik-del 2: Jordbundsundersøgelser og -prøvning.*

## 4 Regnvandsløsninger på veje

I dette kapitel beskrives de regnvandsløsninger, som er mest relevante for veje. For dimensionering af løsningerne henvises til kapitel 5.

En klimavej vil ofte indeholde en kombination af løsninger. Som beskrevet ovenfor i kapitel 2 er valget af elementer, og den rækkefølge de placeres i, afhængigt af lokale forhold såsom formålet med klimavejen, de fysiske, miljø- og planmæssige rammer, samt hensynet til borgere og økonomi (Delrapport I: Slutrapport for delprojektet om borgerinddragende samskabelse).

Element	Hydraulisk funktion				
	Nedsivning	Transport	Fordampning	Magasinering	Filtrering/ rensning
Faskine	x			x	
Grøft (trug)	(x)	x	(x)	(x)	(x)
Vejbed	x		x	x	x
Permeabel belægning	x			x	
Bassin			(x)	x	x

Tabel 3. Oversigt over regnvandsløsninger og deres hydrauliske funktion

### 4.1 Faskiner

En faskine er i princippet et hul/hulrum i jorden, hvor overfladevandet hovedsageligt siver ud gennem faskinens sider, da bunden hurtigt slemmer til. Faskinens volumen skal være stort nok til at opmagasinere vandmængden, når tilstrømningen er større end udsivningen.

Udsivning fra en faskine vil primært foregå gennem sidefladerne. Derfor er en lang og smal faskine bedre end en kubisk. I nogle typer plastkassetter er det muligt at spule bunden af kassetten. Disse typer kan derfor godt udføres som kubiske faskiner.

Faskiner kan udføres med stenfyld, plastkassetter, letklinker eller som tunnelfaskiner. De fleste faskiner udføres i dag af plastkassetter. Ved denne løsning opnås en hulrumsprocent på ca. 95 %.

Faskiner kan også opbygges af letklinker, enten som løst materiale eller som skræddersyede letklinker med faskineposer, der lægges ned i udgravningen. Faskiner med letklinker har en hulrumsprocent på ca. 30-50 %.

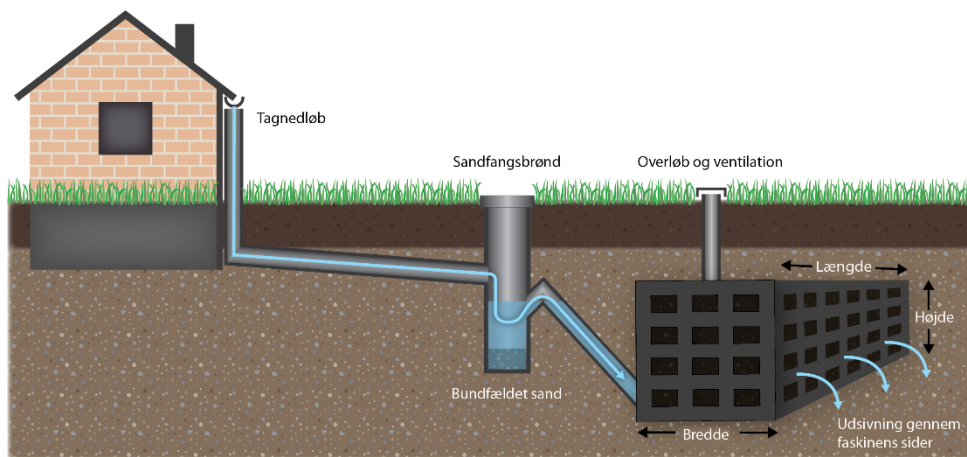
Som stenfyld kan benyttes rene genbrugsmaterialer, f.eks. knust tegl og beton. Ved at anvende sten af samme størrelse sikres en hulrumsprocent på ca. 30 %.

Faskiner der anbringes, hvor de udsættes for trafikbelastning, skal sikres, så plastkassetter eller tunnelelementer har tilstrækkelig styrke til trafikbelastning eller store jordtryk. Tunnelfaskiner vil ofte kunne klare større belastning på grund af udformningen. Ved hjælp af "drænstabil" kan faskiner i dag etableres under køreveje og p-pladser, fordi dette bærelag ikke mister styrken, når det bliver fyldt med vand.



Det er kommunen, der vurderer, om regnvand fra veje og parkeringsarealer kan nedsives, og om der evt. skal anbringes en renseløsning inden faskinen (se 4.6).

Moderne biler spilder ikke meget olie, og derfor er det ikke nødvendigt at anbringe olieudskiller ved parkeringspladser, med mindre parkeringsarealerne bliver meget store, eller er specielt udsatte for oliespild. En olieudskiller skal anbringes mellem sandfanget og faskinen.



Figur 4. Opbygningen af en faskine

## 4.2 Grøfter

En grøft er i princippet en vegetationsdækket vandrende. Grøfterne kan være U-formede, brede kanaler eller trug, anlagt med en svag hældning (1:3) og er beregnet til at transportere vand, se Figur 5. Samtidig kan grøften opmagasinere vand, der kan ske nedsivning og fordampning, og forureningskomponenter kan tilbageholdes. Grøfter kan også være V-formede kanaler.



Figur 5. Afhængigt af design kan grøfter primært være et transportelement (stort fald, lille tværsnitsareal), eller både et transport- og et nedsivningselement (lille fald, så opholdstid bliver lang og med et vist magasin)

Mange grøfter til kombineret transport og nedsivning udformes fejlagtigt, så hele bunden falder jævnt mod udløbspunktet. Dette er ikke hensigtsmæssigt af to årsager:

1. Voluminet af grøften udnyttes ikke optimalt, og grøften dimensioneres for stor, da regnvandet ikke fordeles over hele grøften.
2. Planterne i grøften når ikke at optage regnvandet, da vandet suser forbi, uden at (en stor del af) planterne får glæde af det.

Det anbefales derfor at sikre, at regnvandet fordeles over hele grøften. Det kan f.eks. gøres ved at sektionsopele grøften ved at etablere overløbskanter/tværskot flere steder i grøften, der f.eks. er 10-50 cm høje, så der står vand i hele grøften, se Figur 6. I praksis udformes der derfor en serie af overløb i bundløbet.

Det skal desuden overvejes, om der ønskes nedsivning i grøften eller ej.

Hvis der ønskes nedsivning, er det vigtigt at bruge hele nedsivningsfladen, hvilket opnås med et fladt tværnsitsprofil. Desuden skal der udføres nedsivningstests. Hvis vandet skal sikres en rensning før nedsivning, kan der anvendes filterjord som øverste jordlag. Ved nedsivning kan det også være relevant at kombinere grøften (truget) med en faskine, som fyldes op via et lodretstående overløbsrør før overskydende vand udledes fra grøften. Denne kombination (trug + faskine) betegnes trugfaskine eller vadi.

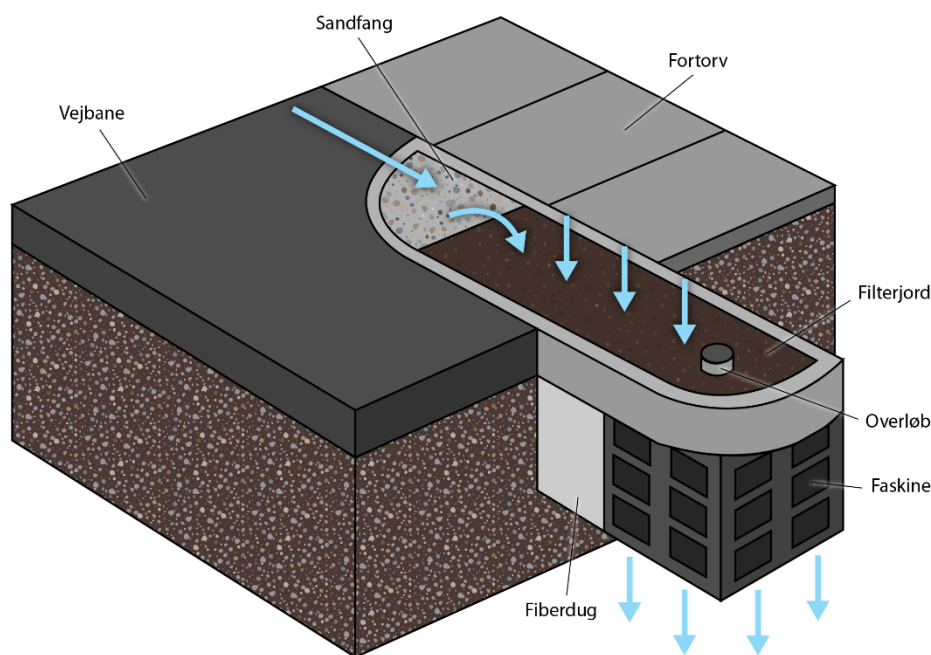


*Figur 6. Med tværskot i en grøft kan magasinvolumen og dermed nedsivning øges.*

### 4.3 Vejbede

Et vejbed er i princippet et regnbed anbragt i et vejareal. Vejbedet fungerer som en faskine blot anlagt i terræn. Det afstrømmende vand dirigeres langs med kantsten eller på anden vis til bedet i vejen. Her stuver det op på overfladen, hvorfra det siver ned i jorden i bedet og videre ind i jorden under vejen. Normalt etableres der også en faskine under bedet, som forbindes med bedets overflade via et lodretstående overløbsrør. Overløb fra bedet kan slutes til afløbssystemet, enten overfladisk via en ikke-blændet vejbrønd eller via faskinen, hvor overløbet kan placeres øverligt i faskinen. Et vejbed er også let at anlægge som et rensselement. Jorden i bedet kan være almindelig muld, hvis denne har en fornuftig hydraulisk ledningsevne eller være en optimeret jord, der overholder visse specifikationer, der sikrer en vis rensning (Jensen et al., 2019). Et

vejbed etableres typisk langs vejens sider (kantstensbed), men kan i princippet også placeres andre steder i vejprofilen. Vejristene afproppes, og vejvandet løber på overfladen ud til kantstenen og langs kantstenen ind i vejbedet. Det kan være nødvendigt at oprette kantstenen, så der er lumen nok for vandet til at løbe i (BiV-Notat 1, 2015). Vand fra den ene side af vejen kan ledes på tværs via rør.



Figur 7. Et vejbed med underliggende faskine.

Etableringen af et vejbed er vist i billedserien nedenfor.

Der udgraves til bunden af bedet. Dybden vil være afhængig af hvilket volumen, der er brug for. Hvis vandet skal nedsives, er det vigtigt, at hullet graves på en sådan måde, at jordens nedsivningsevne bevares. Det handler her om at undgå smearing (glitning) af jorden, hvilket let sker på leret jord. Det skal også sikres, at faskinen placeres under vejens bærelag (underbygning), så der ikke udsives direkte til vejkassen. Som for andre faskiner sker udsivningen primært gennem siderne.

Hvis der er tale om jord uden struktur, kan faskinen pakkes ind i en diffusionsåben fiberdug, der sikrer, at jorden omkring udgravningen kan skride sammen og fylde faskinen op. I lerjord er fiberdug normalt ikke nødvendigt. Jord er et fortræffeligt filtermedie, så derfor er der ingen fare for, at fiberdugen under filterjorden vil stoppe til. Over faskinen etableres der et 20-40 cm tykt lag muld/filterjord. Tykkelsen afhænger af, hvilken renseevne og hvilke planter, der ønskes. Jorden udlægges vandret, så hele overfladen aktiveres.

Gennem mulden laves et lodretstående overløb ned til faskinen. Overløbet afsluttes over mulden i den højde, man ønsker, skal være den maksimale vandstand i vejbedet. Det er

hensigtsmæssigt at have sandfang på overløbet, så der ikke ledes for meget slam/blade til faskinen. Faskinen skal kunne spules.



*Figur 8. Billeder fra udførelse af et vejbed*

Overfladen i bedet bør ikke ligge mere end 10-40 cm under niveau med fortov/vejbane af hensyn til sikkerheden for cyklister. Der skal dog være plads til opmagasinering af regnvand i bedet, inden det siver gennem jorden.

Indløbet skal placeres, så vejen hælder mod indløbet. Som afgrænsning mod kørebanen anlægges kantsten. Af hensyn til kørebanens bæreevne kan det være nødvendigt at anvende ekstra dybe kantsten og evt. afstive bedet med tværliggende strukturer mellem

kantsten og fortov, så trykket fra tunge køretøjer ikke får bedet og faskinen til at skride sammen.

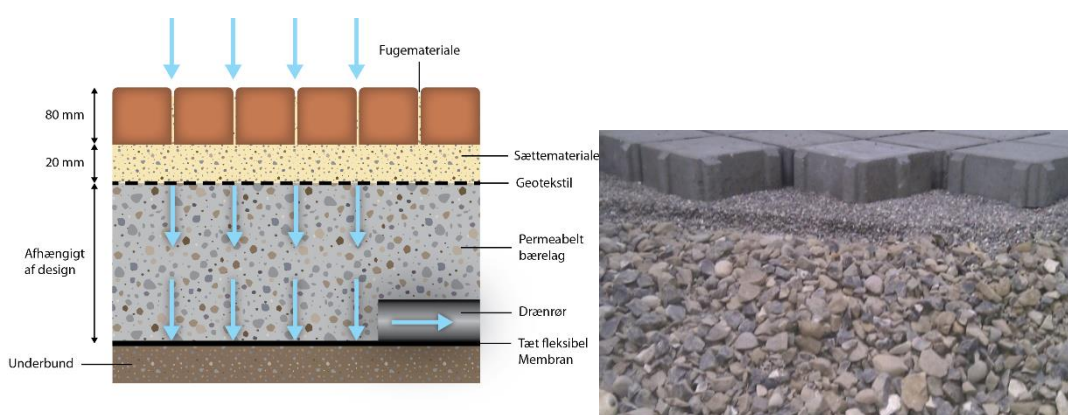
Ved indløbet af vejbedet laves ofte et stenfyldt sandfang, så partikler, der let vil tilstoppe jorden, tilbageholdes. Praktiske erfaringer har vist, at stenfyldet er svært at oprense, så derfor kan der etableres andre typer af sandfang, f.eks. nedløbsbrønde med vandspejl i terræn eller et forbassin uden sten, men med en ru overflade, f.eks. af chaussesten, der er lettere at oprense, eller et forbassin med rist over. Lav vegetation vil have samme funktion, f.eks. græs, eller bunddækkende buske.

Hvis der skal være tilslutning til kloak, vil der normalt være krav om en neddrogling af afløbet fra faskinen til afløbssystemet. Dette kan sikres med en vandbremse placeret i en brønd mellem faskine og afløbssystemet.

Hvis vejvandet nedsives, skal man være opmærksom på tværgående ledninger. Vandet vil sive ned i udgravningerne ved ledningsanlæg, og kan hurtigt transporteres til steder, hvor det ikke er ønsket.

#### 4.4 Permeable belægninger

Permeable belægninger er belægninger, der lader regnvand sive ned gennem hele befæstelsen. Det er en forudsætning, at befæstelsens enkelte dele er permeable og samtidig er i stand til at bære last fra trafik på overfladen, se Figur 9. I en permeabel belægning fungerer bærelaget som magasin, der opbevarer vandet til det kan nedsives eller ledes bort. Bærelaget skal bevare styrken/bæreevnen, selv om bærelaget er fyldt med vand. Derfor kan traditionelt stabilt grus ikke anvendes, men i stedet anvendes et drænende bærelag, der opbygges af knuste materialer, hvor de mindste partikler er bortsorteret. DrænStabil® er et af de produkter, der er på markedet.



Figur 9. Både selve belægningen og bærelaget skal være permeabelt, når der etableres permeable belægninger. Til venstre ses principskitse. Sættmaterialet betegnes også afretningslag. Eventuelt drænrør kan placeres på bunden, eller i en vis højde. Til højre ses en permeabel belægning under opbygning. Bærelag af skærver, afretningslag af grus, og betonsten med permeable fuger.

Der findes mange forskellige typer af permeable belægninger, som f.eks.:

- Fliser og belægningssten med (brede) fuger
- Permeabel asfalt
- Permeable fliser og belægningssten
- Epoxybundne skærver
- Græsarmering (hvis bærelaget er drænende)
- Grus

Normer og vejledning for anlægsarbejde 2015 (Jørgensen & Holgersen, 2010) indeholder forskrifter for materialer og udførelse. For at sikre velfungerende anlæg med permeable belægninger med lang levetid er der flere forhold, man med fordel kan tage højde for i både planlægning og design af anlægget (Støvring, 2018b).



Der udvikles hele tiden nye, æstetiske overflader, som f.eks. nye belægningstyper, og der eksperimenteres med belægninger med bredere fuger, hvori der kan indgå "fugeplanter". Nedenfor ses forskellige eksempler på permeable belægninger.

Der kan være stor forskel på de forskellige befæstelsers evne til at infiltrere nedbør og bærelagets opmagasineringseffekt (hulrumsprocent).

*Figur 10. Forskellige typer permeable belægninger.*

Selv om befæstelsen er permeabelt, skal det i hvert tilfælde vurderes, om der må ske nedsivning til jorden eller ej.

1. Hvis nedsivning ikke kan tillades (pga. højt grundvandsspejl, jordforurening, eller kort afstand til naboejendomme) anvendes membran, der forhindrer nedsivning, samt drænrør
2. Hvis nedsivning kan tillades, men hastigheden er utilstrækkelig (ved lav hydraulisk ledningsevne) anvendes drænrør, der afvander bærelaget, når opmagasineringsevnen er nået

Hvis fuld nedsivning kan tillades og hydraulisk ledningsevne er tilstrækkelig anvendes hverken membran eller drænrør.

## 4.5 Bassiner

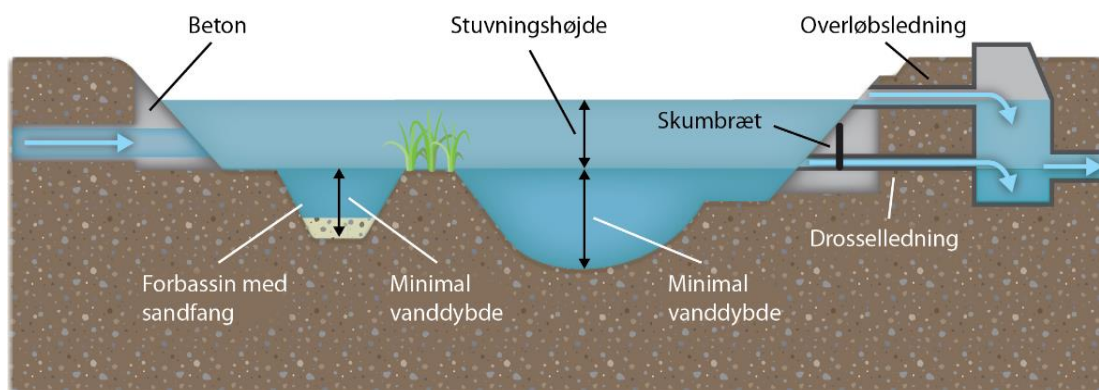
Bassiner er større magasiner, der indskydes før udledning. Indløbet er stort og placeret øverligt, mens udløbet er lille og placeres ved bassinets bund. Der skelnes mellem våde bassiner, der kun afdrænes til en vis dybde, så bassinet altid efterlades med en vis vandmængde (det permanente volumen), og tørre bassiner, der dræner helt af. Bassiner har primært forsinkelsesfunktion, men kan også have en vis nedsivningsevne (retentionsfunktion).

Våde regnvandsbassiner kan tilbageholde en stor del af de forureninger, der findes i regnvand fra befæstede arealer, fordi forureningen hæfter sig på partikler, der bundfældes i bassiner. Effekten afhænger dog af bassinets dimensionering og geometriske udformning. Per reduceret hektar anbefales 200-300 m<sup>3</sup> vådt volumen, samt en aflang geometri, så ind- og udløb er placeret så langt fra hinanden som muligt.

Normalt vil tilløbet til bassinet være forholdsvis stort. Derfor er der behov for sikring af bund og skråning ved tilløbet mod erosion. Ved større bassiner letter det vedligeholdelsen, hvis bassinet udformes med et forbassin i stedet for et decideret sandfang. Overfladen på sandfanget/forbassinet skal være 20 m<sup>2</sup> pr. reduceret ha i tilløbet.

Ved nedsivningsbassiner anbefales det at gøre forbassinet større for at mindske tilstopning af bunden af nedsivningsbassinet. Skråningsanlæggene bør være flade, gerne med et anlæg på 5-10 (hældning på 100-200 o/oo). Alle bassiner bør forsynes med et overløb, så det sikres, at der er styr på, hvor vandet løber hen ved overbelastning.

Tilløb og afløb skal placeres så langt fra hinanden som muligt. Længden bør være 2-4 gange bredden. Læs mere om bassiner med nedsivning og rensning af regnvand i bassiner på <http://www.separatvand.dk/>



Figur 11. Principskitse af et vådt regnvandsbassin.

Forsinkelsesbassiner kan også udformes som underjordiske bassiner udført som støbte betonkonstruktioner, som rørbassiner udført af store rør eller udført i plastkassetter, se Figur 12.



Figur 12. Mindre bassin udført af plastkassetter

## 4.6 Renseløsninger

Der findes forskellige typer af renseløsninger til at forbedre vandkvaliteten af regnafstrømning. Hovedtyperne af renseløsninger er:

- Vejbede og bassiner – se ovenfor
- Sandfang og olieudskillere
- Filterjord
- Diverse komponentbaserede filterløsninger
- Sedimentations- og sorptionsanlæg (Dobbeltporøs filtrering)

Våde bassiner bliver af mange betegnet som best available technology (BAT), men det er ikke altid muligt at få plads til et vådt bassin, og det er heller ikke sikkert, at det har den ønskede renseseffekt i forhold til den recipient, man udleder til.

Der findes en del litteratur og datablade om de forskellige typer renseløsninger bl.a. på <http://separatvand.dk/> og <http://regnvandskvalitet-abc.teknologisk.dk/renseteknologier/>.

Det anbefales, at man laver en grundig gennemgang af forskellige typer renseløsninger og vurderer dem i forhold til, hvilken dokumentation, der foreligger på at rense den type regnafstrømning, som man forventer i projektet.

Den store variation i vejvandets forureningssammensætning gør det desværre også vanskeligt at designe og ikke mindst dokumentere de forskellige renseløsninger. Så selvom der faktisk findes mange forskellige teknologier på markedet, testet under diverse kontrollerede og standardiserede forhold, så må man erkende, at datagrundlaget for at vurdere deres reelle effektivitet i felten fortsat er tyndt.



## 4.7 Løsninger til håndtering af skybrud/overløb

De oven for nævnte løsninger typisk dimensioneres efter en dimensionsgivende regn i størrelsesordenen 2-10 års gentagelsesperiode, svarende til det serviceniveau det øvrige afløbssystem er dimensioneret til (se kapitel 5). Ved større hændelser vil kapaciteten derfor overskrides. Den regn, der udløser overløb fra anlægget, kan betegnes som ekstrem. Skader som følge af overløb bør altid forsøges minimeret mest muligt.

Lokal afledning af peaks (LAP) er et nyt begreb, der dækker over metoder til at afkoble eller forsinke skybrud/ekstreme hændelser. Med LAP nedsives eller forsinkes spidsbelastning i afstrømning (peaks) under et skybrud. Spidsbelastningen i afstrømning isoleres og håndteres lokalt. Afstrømning fra tagflader kan f.eks. afledes til grønne arealer medens skybrudsventiler på fortovsarealer kan magasineres eller forsinkes f.eks. i magasinfortove. Hvis der anvendes bassiner eller magasinfortove kan afledningen drosles og ledes ud i den eksisterende kloakinfrastruktur. Da det kun er de kortvarige og intense skybrud der afledes påvirkes den samlede vandbalance kun minimalt og man ser ikke stigning i grundvandsspejlet.

CALL har været involveret i et projekt på Erdalsvej i Glostrup, hvor kloakken tidligere kun overholdt et servicemål på 2 år. Her er der dels skybrudsafkoblet tagarealer inde på matriklerne og dels etableret magasiner til vejens vand under fortovene. Information om projektet og resultaterne kan findes hos Glostrupforsyning: <https://www.glostrupforsyning.dk/klima/afsluttede-klimaindsatser/den-nye-klimavej-erdalsvej/>, <https://www.glostrupforsyning.dk/nyheder/2021/velkommen-paa-glostrups-klimavej/>, <https://www.glostrupforsyning.dk/klima/afsluttede-klimaindsatser/regnvandsventiler-paa-erdalsvej/> og <https://www.glostrupforsyning.dk/media/2043/lap-pilotprojekt-erdalsvej-2018-19.pdf>

I forbindelse med etablering af overløb skal det sikres, at de forudsætninger, der er opstillet under dimensioneringen af anlægget ikke ændres, f.eks. volumen, overløbskoter mv. Overløb kan enten ske mellem LAR-anlæg (dvs. udnyttelse af evt. ledig kapacitet i et naboanlæg), til kloak, der dog ofte vil være fuld i netop de situationer, eller til arealer, der er så robuste, at oversvømmelse ikke gør væsentlig skade. Myndigheden (kommunen) kan stille krav til maximal afstrømning til kloak.

Der findes forskellige muligheder for at reducere afstrømningen/overløbet i forbindelse med skybrud:

1. Neddrosling (reduktion) af rørets diameter: Vandføringen kan reduceres ved at reducere rørets diameter i nedstrøms retning. Dette kan kræve en vis længde (afstand) på røret, afhængigt af den diameter, som vælges.
2. Spjæld: Spjæld i eksisterende rør eller brønde kan ligeledes benyttes til at regulere vandføringen til eksisterende kloak. Spjældet kan reguleres, så det står åbent, delvist åbent eller helt lukket.
3. Vandbremsere: Der findes forskellige typer af vandbremsere, der kan regulere vandstrømmen ned til den værdi, som ønskes af tilladelsesmyndigheden.

## 5 Dimensionering af regnvandsløsninger på veje

I dette kapitel beskrives forskellige metoder til dimensionering af anlæg til afvanding af veje – dvs. nedsivningsanlæg, forsinkelsesanlæg og transportelementer. Til mindre anlæg, hvor man kun ser på mindre veje, anbefales det at benytte det regneark, som Spildevandskomiteen har udarbejdet. I kapitlet gennemgås eksempler på brug af regnearket i forhold til afvanding af veje.

Spildevandskomiteen under IDA har gennem mange år udgivet en række skrifter om spildevandstekniske problemer bl.a. i forhold til dimensionering af afløbssystemer, bassiner og LAR-løsninger. Alle Spildevandskomiteens skrifter kan ses her <https://ida.dk/om-ida/spildevandskomiteen/skrifter-spildevandskomiteen>, og i dette kapitel er der henvisning til skrifterne 25, 27, 29 og 30, som benævnes henholdsvis SVK 25/27/29/30.

Når anlæggene bliver større og dermed mere hydraulisk komplicerede, er det nødvendigt at anvende forskellige modeller, som kun beskrives kort i slutningen af kapitlet.

### 5.1 Valg af dimensionsgivende regn

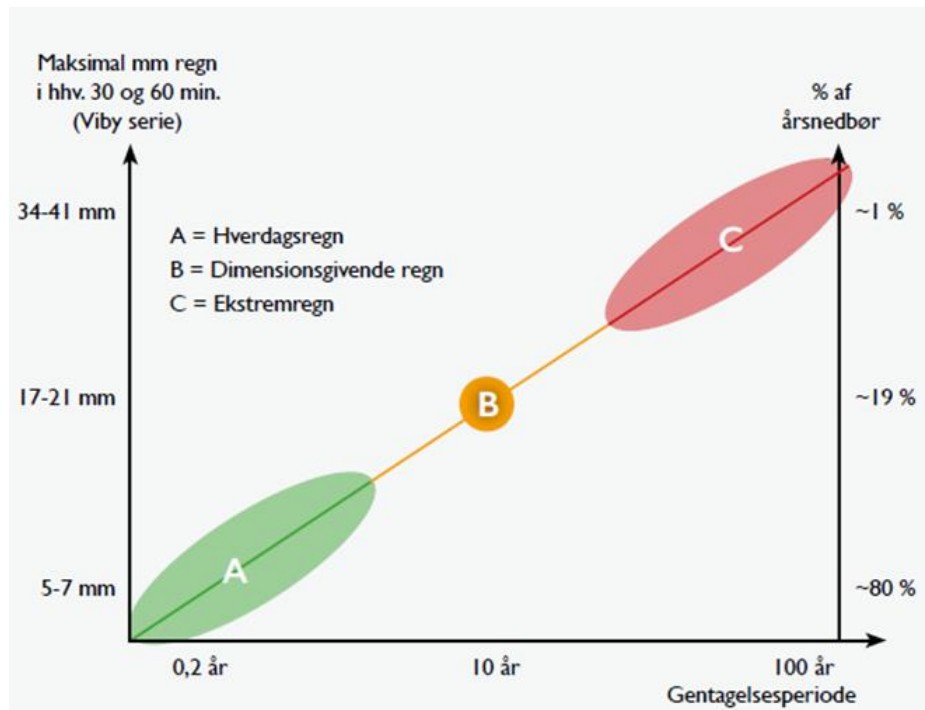
Når man skal dimensionere og projektere et anlæg til afvanding af veje, skal man tage stilling til hvilken størrelse regn, anlægget skal kunne følge med til. Det betegnes *den dimensionsgivende regn*. Den dimensionsgivende regn repræsenterer typisk en forholdsvis stor regn, så det sikres, at de mange små regn ikke giver generende vand på vejen og samtidig, at man ikke dimensionerer så stort, at anlægget aldrig bliver fyldt. Til forståelse af det valg, der skal træffes, kan 3-punktsmetoden anbefales, se Figur 13. I metoden defineres tre områder, eller regndomæner:

- A. Hverdagsregn
- B. Dimensionsgivende regn
- C. Ekstremregn

*Hverdagsregn* er en betegnelse for den regn, der er mindre end dimensionsgivende regn. Når et anlæg etableres, skal det sikres, at det også fungerer forsvarligt under mindre regnskyl. Det skal f.eks. sikres, at selv små regnskyl bliver fordelt over anlægget, så planter i vejbede også får vand under mindre regnskyl.

*Dimensionsgivende regn* er det regnskyl, som anlægget skal dimensioneres til. Overbelastningshyppigheden angives af kommunen og vil normalt være en gang hvert 5. eller 10. år.

*Ekstremregn*: Inden et anlæg etableres, skal det vurderes, hvor regnvandet vil løbe hen, når der kommer en regn, der er større end den dimensionsgivende regn. Det skal sikres, at der etableres nødoverløb på en måde, så regnvandet ikke løber ned mod huse eller mod andre anlæg, der kan repræsentere store værdier, hvis de bliver skadet.



Figur 13. Illustration af 3-punktsmetoden, der repræsenterer de overvejelser, der er forbundet med valg af dimensionsgivende regn. (Hvor på linjen skal punktet B lægges, Teknologisk Institut, 2018).

## 5.2 Sikkerhedsfaktorer

Ved dimensionering af afløbssystemer anbefales det i SVK 27, at der tages hensyn til usikkerheder i de anvendte beregningsmetoder vha. en faktor for statistisk usikkerhed samt en scenarieusikkerhed på fremtidens klima og byudvikling. På denne måde sikres det, at afvandingssystemet også i fremtiden vil opfylde kravene til de fastsatte acceptable overskridelseshyppigheder.

En sikkerhedsfaktor er et produkt af to faktorer:

- Faktor for statistisk usikkerhed, herunder usikkerhed omkring regn data og model (oplandsbestemmelse, afløbskoefficient, ledningsruheder mv.)
- Faktor for scenarieusikkerhed indeholder en klimafaktor (tillæg for forøget regnintensitet som følge af klimaændringer) og en faktor for byudvikling/befæstelsesgrad (usikkerhed om fremtidig forøgelse af befæstede arealer)

Fastlæggelse af sikkerhedsfaktor sker inden for rammer afsat af den enkelte vejmyndighed og er fastlagt i det enkelte projekt. Ved den endelige fastlæggelse af eventuel sikkerhedsfaktor kan man vurdere, om det givne projekt er særligt følsomt for nedbørspåvirkninger eller, på anden måde, har behov for ekstra sikkerhed.

### Faktor for statistisk usikkerhed

Afhængigt af hvor godt oplandet og beregningsværdier er defineret, og regndata er fastlagt, vil den samlede faktor for modelusikkerhed ofte ligge i intervallet 1,1-1,5. I forbindelse med mindre vejprojekter må det forventes, at oplandet og regndata er veldefineret, så faktoren kan sættes til 1.

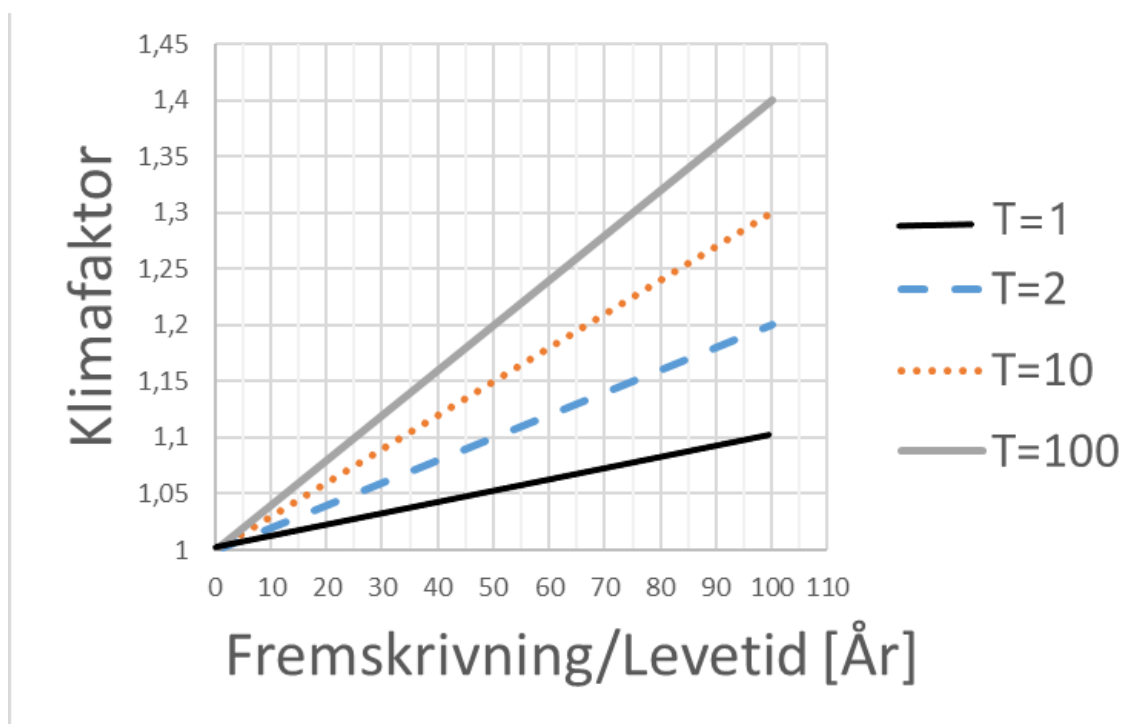
## Faktor for scenarieusikkerhed

Klimafaktorer bruges for at tage hensyn til de forventede kommende klimaændringer og ganges med de valgte regnintensiteter. Klimafaktoren ligger typisk i intervallet 1,1-1,4 for gentagelsesperioder mellem 1 år og 100 år og regnvarigheder mellem 10 minutter og 24 timer. Standard klimafaktorer er beregnet for en fremskrivningshorisont/forventet teknisk levetid på 100 år. Dvs. med en klimafaktor på 1,4 forventes regnen at være 40 % kraftigere om 100 år.

	Gentagelsesperiode [T]			
	T = 1 år	T = 2 år	T = 10 år	T = 100 år
Klimafaktor	1,1	1,2	1,3	1,4

Tabel 4. Standard klimafaktorer jf. SVK29

Når planlægningsperioden/teknisk levetid er kortere end 100 år, kan klimafaktoren nedsættes. Vurderes den tekniske levetid for regnvandsløsningen at være kortere, f.eks. 50 år, giver det kun den halve forøgelse, og klimafaktoren kan nedsættes til 1,2. Denne lineære sammenhæng gælder for alle klimafaktorer og er vist i Figur 14.



Figur 14. Klimafaktorens størrelse ved forskellige levetider af et anlæg og forskellige overbelastningshyppigheder (gentagelsesperiode).

Mange kommuner angiver, at der altid skal bruges en klimafaktor på 1,3. Det skyldes, at det er den klimafaktor, kommunerne anvender ved standarddimensionering af kloakker med lang levetid. Ofte vil regnvandsløsninger have en kortere levetid og dermed blive overdimensioneret ved brug af en klimafaktor på 1,3.

Faktor for byudvikling/befæstelsesgrad sættes ofte til 1.

Det er vigtigt ikke at anvende scenariefaktorer ukritisk. Overdimensionerede anlæg er miljømæssigt uforsvarligt, så hvis anlægget forholdsvis enkelt kan tilpasses udviklingen i klimaet, eller hvis kommunen har en politik til at mindske befæstelsesgraden, kan der evt. helt ses bort fra scenariefaktoren.

### 5.3 Hydraulisk dimensionering af ledninger på mindre veje

Ledningssystemerne på mindre veje vil være korte, og ledningerne fører enten vandet hen til et rense- eller bassinelement eller fører regnvandet fra et rense- eller bassinelement til afløbssystemet eller til recipient.

Mindre ledningssystemer dimensioneres traditionelt som fuldtløbende for en overbelastningshyppighed (gentagelsesperiode) på  $T=1$  eller  $T=2$ , svarende til overløb henholdsvis 1 gang om året eller en gang hvert andet år. Baggrunden for ikke at anvende  $T=5$  er, at ved dimensionering vælges der en ledningsdimension, som generelt har en større kapacitet end nødvendigt, fordi der anvendes de ledningsdimensioner, der fås i handelen. Ved lidt større ledningsanlæg kan man efterfølgende gennemføre hydrauliske modelberegninger for at sikre, at vandet højst opstemmer til terræn hvert 5. år, som serviceniveauet foreskriver.

Også for dimensionering af ledningssystemer er det relevant at inkludere klimafaktorer (se afsnit 5.2 ovenfor).

Faldet på disse ledninger beregnes for den vandstrøm, der svarer til den aftalte gentagelsesperiode uden brug af klimafaktor, mens ledningsdimensionen beregnes for vandføringen med brug af klimafaktor. På denne måde sikres det, at ledningerne er selvrensende fra starten, og ikke først om 20-30 år.

Regnvandsledninger, hvor vandet har passeret et sandfang, kan lægges med et fald på 10 o/oo, indtil vandstrømmen viser, at faldet kan gøres mindre. Faldet på regnvandsledninger beregnes som angivet i DS 432 Afløbsinstallationer.

Ledningsanlæg, der fører vandet fra et rense- eller bassinelement til recipient dimensioneres for den afløbsstrøm, som recipienten må tilføres. Størrelsen af denne vandstrøm bestemmes af kommunen.

Ledningsanlæg, der fører vandet fra et rense- eller bassinelement til hovedkloak dimensioneres for den afløbsstrøm, som hovedledningen må tilføres. Størrelsen af denne vandstrøm bestemmes af forsyningen.

### 5.4 Eksempler på dimensionering af regnvandsløsninger

Spildevandskomiteen har udarbejdet et regneark med tilhørende notat for dimensionering af LAR-anlæg. De anlæg, der kan dimensioneres ved hjælp af regnearket er faskine, vejbed, grøft og permeabel belægning. På de følgende sider er vist eksempler på, hvordan anlæg til afvanding af veje kan dimensioneres ved hjælp af regnearket (<https://ida.dk/om-ida/spildevandskomiteen/skrifter-spildevandskomiteen#se-og-hent-skrifter>).

Spildevandskomiteens anbefaling er, at regnearket benyttes i stedet for de kurver, der er angivet i SVK 25. Regnearket bruger en statistisk regnrække som beregningsgrundlag og ikke en virkelig regnserie. Programmet er baseret på Spildevandskomiteens regneark udarbejdet på baggrund af SVK 30.

SVK anbefaler, at man ved dimensionering vælger en dimensionsgivende regn, der har en gentagelsesperiode, der mindst svarer til områdets *serviceniveau* for opstuvning til terræn svarende til 10 år. Det er dog kommunen, der bestemmer hvilken gentagelsesperiode, der skal dimensioneres for i den enkelte kommune, og dette ligger oftest på 5-10 år.

Regnearket udregner dimensionerne på baggrund af statistik over enkelthændelser og tager højde for koblede regn ved at lægge 20 % til opstuvningsvoluminet. Hvis tømmetiden af et anlæg bliver meget lang (ca. 28 døgn), vil systemet meddele, at jorden formentlig ikke er egnet til nedsivning i det valgte anlæg. Man kan så vælge en anden anlægstype eller anvende modelberegninger med historiske regnserier.

En forudsætning for brug af regnearket er, at anlægget ligger 1-2 m over grundvandsspejlet. Hvis grundvandsspejlet er højere, må man tage højde for dette ved f.eks. at øge volumen, øge nedsivningsarealet eller overveje at lave en anden type anlæg.

Hvis man er i tvivl om et anlæg er et vejbed eller en grøft, anbefales det at beregne begge dele, samt at vælge det største volumen. Hvis anlægget er opbygget på en måde, der ikke er dækket af de nævnte typer, må man anvende regnearket til et skøn.

### **Faskiner**

Der skal anlægges en faskine til vejafvanding i Odense. Kommunen stiller krav om, at faskinen skal overholde en gentagelsesperiode på 10 år, og at sikkerhedsfaktoren skal være 1,1. Vejens længde er 100 m, bredden er 6 m og jordens nedsivningsevne er  $5 \times 10^{-6}$  m/s. Faskinen skal være 1 m bred og 1,3 m høj, og hulrumsprocenten er 0,95. Der er ikke udsivning gennem bunden af faskinen.

Alle de kendte tal indtastes i SVK-regnearket, se Figur 15. Der klikkes på "Beregn". Det kontrolleres, at alle felterne under "beregningstjek" (F7-F10) skifter fra rød til grøn. Resultatet bliver, at længden af faskinen skal være 23,7 m. Volumen aflæses til 30,79 m<sup>3</sup> og tømmetiden til 51 timer.

Nedbørskaraktetika	
Kommune	Odense
Designkaraktetika	
Gentagelsesperiode (år)	10 år
Sikkerhedsfaktor (klima, fremtidig udbygning, etc)	1,1
Oplandskaraktetika	
Befæstet areal (m <sup>2</sup> )	600 m <sup>2</sup>
Jord- og nedsvivningskaraktetika	
K (Hydraulisk ledningsevne) - se evt måling neders	5,00E-06 m/s

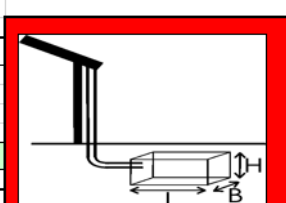
Beregningstjek			
	Beregningstjek	Vol m <sup>3</sup>	Dræn kap l/s
Faskine	OK	29,248	0,1602788
Regnbed	OK	33,3599	0,125
Grøft	OK	30,4544	0,1968657
Perm. bel.	OK	24,3346	2

Faskine	
Bredde	1 m
Højde	1,3 m
Hulrums andel i faskine [Plast: 0,95, sten: 0,25]	0,95 0-1
Udsivning i faskinebund: 0=Nej, 1=ja	0
<b>Længde faskine</b>	<b>23,7 m</b>
Dræn kapacitet, gennemsnit	1,60E-01 l/s

Hjælpstørrelser, faskine	
Opstuvningsvolumen	29,25 [m <sup>3</sup> ]
Faskine volumen	30,79 [m <sup>3</sup> ]
Regn, der holdes umiddelbart	48,75 [mm]
Regn, der siver pr døgn	23,10 [mm/døgn]
Tømmetid	51 timer
Afløbstal	1,82E+05 [s]
	2,67E+00 [l/sek/ha]

Figur 15. Dimensionering af faskine. Resultaterne af beregningen faskine til vejafvandning er markeret med stilet rød

## Permeable belægninger

Der skal anlægges en parkeringsplads på 400 m<sup>2</sup> med permeabel belægning i Odense. Hulrumsprocenten i belægningen er 30 %. Kommunen stiller krav om, at anlægget skal overholde en gentagelsesperiode på 10 år, og at sikkerhedsfaktoren skal være 1,1. En tilstødende parkeringsplads på 600 m<sup>2</sup> skal ledes til den permeable belægning og jordens nedsvivningsevne er 5x10<sup>-6</sup> m/s. Hvor dyb skal den permeable belægning være?

Alle de kendte tal indtastes i SVK-regnearket, se Figur 16 (befæstet areal benyttes ikke i beregningen, men et tal forskelligt fra 0 skal indtastes). Der klikkes på "Beregn". Det kontrolleres, at alle felterne under "beregningstjek" (F7-F10) skifter fra rød til grøn. Resultatet bliver, at den permeable belægning skal være 20,3 cm dyb. Opstuvningsvoluminet under belægning kan aflæses til 24,3 m<sup>3</sup>, og tømmetiden til 3 timer.

Bemærk, at denne dimensionering sker i forhold til opmagasinerings af vand i den permeable belægning. Der skal også tages hensyn til trafikbelastningen, der kan medføre en større dybde af belægningen.

A			B			C			D			E			F			G			H			I			J		
<b>Nedbørskarakteristika</b>			Odense						Indtast blå og røde tal i kolonne B. Derefter tryk på knappen "Beregn"			Pil ikke - intern beregning			Afskærende lednings kapacitet l			2,00E+00											
Kommune												Volumen m³			24														
<b>Designkarakteristika</b>									Beregn			Iterationsafstand			Antal iterationer														
Gentagelsesperiode (år)			10									0,0406%			6														
Sikkerhedsfaktor (klima, fremtidig udbygning, etc)			1,1						0,0000%			1																	
<b>Oplandskarakteristika</b>									0,0462%			2																	
Befæstet areal (m²)			250						0,0000%			1																	
<b>Jord- og nedsvivningskarakteristika</b>																													
K (Hydraulisk ledningsevne) - se evt måling nederst			5,00E-06																										
<b>Faskine</b>																													
Bredde			1 m																										
Højde			1,3 m																										
Hulrums andel i faskine (Plast: 0,95, sten: 0,25)			0,95			0-1																							
Udsivning i faskinebund: 0=Nej, 1=ja			0																										
<b>Længde faskine</b>			9,7 m																										
Dræn kapacitet, gennemsnit			6,98E-02			l/s																							
<b>Regnbed</b>																													
Areal regnbed			25,0 m²																										
<b>Dybde</b>			0,45 m																										
Dræn kapacitet			1,25E-01			l/s																							
Samlet opland (befæstet areal + eget areal)			275,0 m²																										
<b>Grøft / wadi, V-formet</b>																													
Bredde (kronekant)			2 m																										
Længde grøft			25,0 m																										
<b>Dybde</b>			0,49 m																										
Dræn kapacitet, gns-snit			1,39E-01			l/s																							
Samlet opland (befæstet areal + eget areal)			300,0 m²																										
<b>Permeabel belægning</b>																													
Areal af permeabel belægning			400 m²																										
Areal af tilstødende afvandsareal (tag, veje etc)			600 m²																										
Hulrumsandel af lag under belægning (0-1)			0,3			0-1																							
<b>Dybde af lag under belægning</b>			203 mm																										
Dræn kapacitet			2,00E+00			l/s																							

Figur 16. Dimensionering af permeabel belægning

## Grøfter

Der skal anlægges en grøft i forbindelse med vejafvanding i Odense kommune. Kommunen stiller krav om, at grøften skal overholde en gentagelsesperiode på 10 år, og at sikkerhedsfaktoren skal være 1,1. Vejens areal er 250 m<sup>2</sup>, og jordens nedsvivningsevne er 5x10<sup>-6</sup> m/s. Grøften skal være 2 m bred og der er plads til en længde på 25 m. Hvor dyb bliver grøften?

Alle de kendte tal indtastes i SVK-regnearket, se Figur 17. Der klikkes på "Beregn". Det kontrolleres, at alle felterne under "beregningstjek" (F7-F10) skifter fra rød til grøn. Resultatet bliver, at grøften bliver 0,49 m dybt. Volumen kan aflæses til 12,2 m<sup>3</sup> og tømme tiden til 24 timer.



A	B	C	D	E	F	G	H	I	J			
<b>Nedbørskarakteristika</b>			Indtast blå og røde tal i kolonne B. Derefter tryk på knappen "Beregn"						På ikke - intern beregning			
1	Kommune	Odense							Afskærende lednings kapacitet l		2,00E+00	
<b>Designkarakteristika</b>			Beregn						Volumen m³		24	
5	Centagelsesperiode (år)	10 år							Total opland (m²)		1000	
6	Sikkerhedsfaktor (klima, fremtidig udbygning, etc)	1,1										
<b>Oplandskarakteristika</b>												
7	Befæstet areal (m²)	250 m²										
<b>Jord- og nedsvinningskarakteristika</b>												
11	K (Hydraulisk ledningsevne) - se evt måling neders	5,00E-06 m/s										
<b>Faskine</b>												
15	Bredde	1 m										
16	Højde	1,3 m										
17	Hulrums andel i faskine (Plast: 0,95, sten: 0,25)	0,95 0-1										
18	Udsvimning i faskinebund: 0=Nej, 1=ja	0										
19	Længde faskine	9,7 m										
20	Dræn kapacitet, gennemsnit	6,98E-02 l/s										
<b>Regnbed</b>												
23	Areal regnbed	25,0 m²										
25	Dybde	0,45 m										
26	Dræn kapacitet	1,25E-01 l/s										
27	Samlet opland (befæstet areal + eget areal)	275,0 m²										
<b>Grøft / wadi, V-formet</b>												
31	Bredde (kronkant)	2 m										
33	Længde grøft	25,0 m										
34	Dybde	0,49 m										
35	Dræn kapacitet, gns-snit	1,39E-01 l/s										
36	Samlet opland (befæstet areal + eget areal)	300,0 m²										
<b>Permeabel belægning</b>												
39	Areal af permeabel belægning	400 m²										
40	Areal af tilstødende afvandsingsareal (tag, vej, etc)	600 m²										
41	Hulrumsandel af lag under belægning [0-1]	0,3 0-1										
42	Dybde af lag under belægning	203 mm										
44	Dræn kapacitet	2,00E+00 l/s										

	Beregningstek	Vol m³	Dræn kap l/s	Iterationsafstand	Antal iterationer
Faskine	OK	12,0189	0,0697859	0,0406%	6
Regnbed	OK	11,3175	0,125	0,0000%	1
Grøft	OK	12,2653	0,1391691	0,0462%	2
Perm. bel.	OK	24,3346	2	0,0000%	1

Hjælpstørrelser, faskine		Dimensionerende kassereg, Afløbstechnik s. 269	
Opstuvningsvolumen	12,02 [m³]	Vr,k (mm)	40,06
Faskine volumen	12,65 [m³]	Varighed (h)	12,36
Regn, der holdes umiddelbart	48,08 [mm]	<b>Karakteritika for dimensionerende kassereg</b>	
Regn, der siver pr døgn	24,11 [mm/døgn]	Samlet nedbør (mm)	52,47
Tømmetid	48 timer	Intensitet (l/sek/ha)	11,80
Afløbstal	1,72E+05 [s]		
	2,79E+00 [l/sek/ha]		

Hjælpstørrelser, regnbed		Dimensionerende kassereg, Afløbstechnik s. 269	
Opstuvningsvolumen	11,32 [m³]	Vr,k (mm)	34,30
Regn, der holdes umiddelbart	41,15 [mm]	Varighed (h)	6,56
Regn, der siver pr døgn	39,27 [mm/døgn]	<b>Karakteritika for dimensionerende kassereg</b>	
Tømmetid	25 timer	Samlet nedbør (mm)	45,03
Afløbstal	9,05E+04 [s]	Intensitet (l/sek/ha)	19,07
	4,55E+00 [l/sek/ha]		

Hjælpstørrelser, grøft		Dimensionerende kassereg, Afløbstechnik s. 269	
Opstuvningsvolumen	12,27 [m³]	Vr,k (mm)	34,07
Regn, der holdes umiddelbart	40,88 [mm]	Varighed (h)	6,39
Regn, der siver pr døgn	40,10 [mm/døgn]	<b>Karakteritika for dimensionerende kassereg</b>	
Tømmetid	24 timer	Samlet nedbør (mm)	44,74
Afløbstal	8,81E+04 [s]	Intensitet (l/sek/ha)	19,45
	4,64E+00 [l/sek/ha]		

Hjælpstørrelser, perm. belægning		Dimensionerende kassereg, Afløbstechnik s. 269	
Opstuvningsvolumen	24,33 [m³]	Vr,k (mm)	20,28
Belægningsvolumen	81,12 [m³]	Varighed (h)	0,99
Regn, der holdes umiddelbart	24,33 [mm]	<b>Karakteritika for dimensionerende kassereg</b>	
Regn, der siver pr døgn	172,80 [mm/døgn]	Samlet nedbør (mm)	27,40
Tømmetid	3 timer	Intensitet (l/sek/ha)	76,94
Afløbstal	1,22E-04 [s]		
	2,00E+01 [l/sek/ha]		

Figur 17. Dimensionering af grøft til afvanding af 250 m<sup>2</sup> vej

## Vejbede

Et vejbed ligger i Odense. Det skal afvande 150 m<sup>2</sup> vej. Jorden under faskinen har en hydraulisk ledningsevne på 1x10<sup>-6</sup> m/s og filterjorden mellem vejbedets bund og faskinen er 0,3 m tykt og har en hydraulisk ledningsevne 1x10<sup>-5</sup> m/s. Vejbedet har en dybde mellem terræn og filterjord på 0,25 m. Vejbedet skal dimensioneres til en 10-års hændelse. Der regnes med en klimafaktor på 1,1.

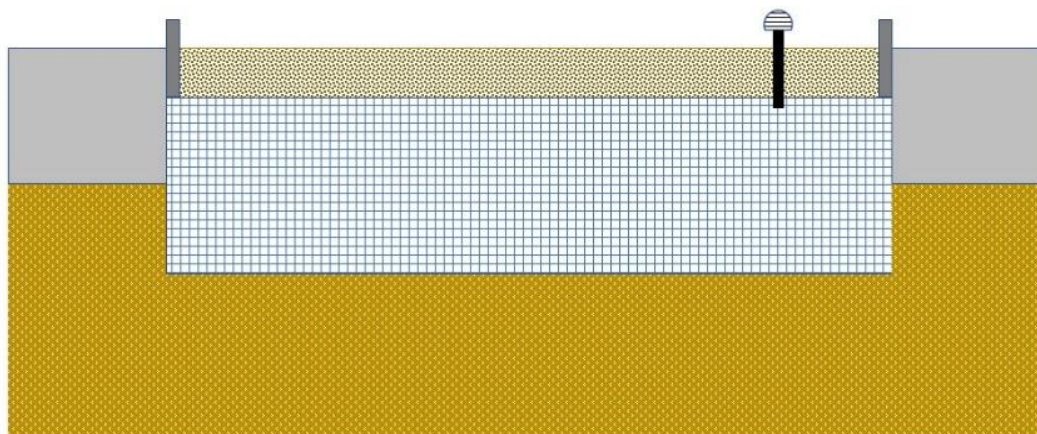
Dimensionerne af den underliggende faskine er: Bredde = 1 m, Højde = 1,5 m.

Der kan anvendes 2 forskellige metoder til dimensionering af vejbedet:

- En simpel overslagsberegning: Beregnet kun som faskine
- En mere nuanceret beregning: Beregnet som serieforbundne anlæg

## Eksempel 1: Den simple beregning

Ved den simple beregning forudsættes det, at der ikke sker opmagasinering eller forsinkelse i vejbedet. Al vand løber direkte i faskinen gennem overløbet i vejbedet.



Figur 18. Skitse af vejbed, hvor der ikke regnes med magasinering i det øvre vejbed

Nedbørskarakteristika		Designkarakteristika		Oplandskarakteristika		Jord- og nedsvivningskarakteristika	
Kommune	Odense	Gentagelsesperiode (år)	10	Befæstet areal (m <sup>2</sup> )	150	K (Hydraulisk ledningsevne) - se evt måling nederst	1,00E-06 m/s
Sikkerhedsfaktor (klima, fremtidig udbygning, etc)	1,1						
Faskine		Bredde	1 m	Højde	1,5 m	Hulrums andel i faskine (Plast: 0,95, sten: 0,25)	0,95 0-1
Længde faskine			7,4 m	Udsivning i faskinebund: 0=Nej, 1=ja	0		
Dræn kapacitet, gennemsnit			1,25E-02 l/s				

Indtast blå og røde tal i kolonne B.  
Derefter tryk på knappen "Beregn"

Beregn

Beregningsstik	Vol m <sup>3</sup>	Dræn kap l/s	Iterationsafstand	Antal iterationer	
Faskine	OK	10,4915	0,0125401	0,0291%	5
Regnbed	OK	10,3717	0,025	0,0000%	1
Graft	OK	11,9669	0,0277062	0,0373%	2
Perm. bel.	OK	42,8826	0,4	0,0000%	1

Hjælpstørrelser, faskine		Dimensionerende kassereg, Afløbstechnik s. 269	
Opstuvningsvolumen	10,49 [m <sup>3</sup> ]	Vr,k (mm)	58,29
Faskine volumen	11,04 [m <sup>3</sup> ]	Varighed (h)	59,50
Regn, der holdes umiddelbart	69,94 [mm]	<b>Karakteristika for dimensionerende kassereg</b>	
Regn, der siver pr døgn	7,23 [mm/døgn]	Samlet nedbør (mm)	76,20
Tømmetid	232 timer	Intensitet (l/sek/ha)	3,56
Afløbstal	8,36E+05 [s]		
	8,36E-01 [l/sek/ha]		

Figur 19. Dimensionering af faskine

Som vist Figur 19 bliver faskinen 7,4 m lang. Så faskinen bliver 7,4 x 1 m og har et volumen på 11,1 m<sup>3</sup>.

Denne faskine vil blive overdimensioneret, da der ikke tages hensyn til forsinkelse/volumen af vejbedet.

### Eksempel 2: Nuanceret beregning – serieforbundne anlæg med et overjordisk vejbed med 25 cm dybde

Først dimensioneres vejbedet ved terræn. Der regnes med et vejbed med en bredde på 1 m og en dybde på 0,25 m. Tykkelsen af jorden i vejbedet er 0,30 m.

Jorden i vejbedet skal rense vandet inden vandet løber ned i faskinen. Derfor skal størrelsen af vejbedet på overfladen dimensioneres så det overbelastes 1-3 gange pr år og ikke kun hvert 10. år. Her sættes overbelastningen til 1 gang om året. Den regnafstrømning, der er mest forurenset stammer ofte fra de små regnskyl. Ved store regnskyl, er overfladerne spulet rene og vandmængden kan tilføres faskinen gennem overløbet.

Overbelastning af vejbedet ved T=1 medfører, at størrelse af vejbedet bliver 10 m<sup>2</sup> og med en bredde på 1 m vil det blive 10 m langt se Figur 20.

Af figuren kan det også ses, at regnvarigheden ved denne hændelse er 2,3 timer. Dette er kortere end transporttiden af vandet gennem filterjorden. Denne transporttid er:

$$T = 0,30 / 1 \times 10^{-5} \text{ m/s} / 60 \times 06 = 8,3 \text{ timer.}$$

Nedbørskarakteristika		Indtast blå og røde tal i kolonne B. Derefter tryk på knappen "Beregn"	Pii ikke - intern beregning	
Kommune	Odense			Afskærende lednings kapacitet l
Designkarakteristika		Beregn	Volumen m³	6
Gentagelsesperiode (år)	1		Total opland (m²)	1000
Oplandskarakteristika				
Sikkerhedsfaktor (klima, fremtidig udbygning, etc)	1,1			
Befæstet areal (m²)	150			
Jord- og nedsvivningskarakteristika				
K (Hydraulisk ledningsevne) - se evt måling nederst	1,00E-06 m/s			
Faskine				
Bredde	1 m			
Højde	1,3 m			
Hulrums andel i faskine (Plast: 0,95, sten: 0,25)	0,95 0-1			
Udsivning i faskinebund: 0=Nej, 1=ja	0			
Længde faskine	2,6 m			
Dræn kapacitet, gennemsnit	4,62E-02 l/s			
Regnbed				
Areal regnbed	10,0 m²			
Dybde	0,25 m			
Dræn kapacitet	1,00E-01 l/s			
Samlet opland (befæstet areal + eget areal)	160,0 m²			
Hjælpstørrelser, faskine				
Opstuvningsvolumen	3,16 [m³]			
Faskine volumen	3,32 [m³]			
Regn, der holdes umiddelbart	21,05 [mm]			
Regn, der siver pr døgn	26,63 [mm/døgn]			
Tømmetid	19 timer			
Afløbstal	6,83E+04 [l/s]			
	3,08E+00 [l/sekha]			
Hjælpstørrelser, regnbed				
Opstuvningsvolumen	2,53 [m³]			
Regn, der holdes umiddelbart	15,83 [mm]			
Regn, der siver pr døgn	54,00 [mm/døgn]			
Tømmetid	7 timer			
Afløbstal	2,53E+04 [l/s]			
	6,26E+00 [l/sekha]			
Dimensionerende kassereg. Aflebsteknik s. 269				
Vr.k (mm)	17,54			
Varighed (h)	6,14			
Karakteritika for dimensionerende kassereg.				
Samlet nedbør (mm)	24,36			
Intensitet (l/sekha)	11,01			
Dimensionerende kassereg. Aflebsteknik s. 269				
Vr.k (mm)	13,19			
Varighed (h)	2,34			
Karakteritika for dimensionerende kassereg.				
Samlet nedbør (mm)	18,46			
Intensitet (l/sekha)	21,91			

Figur 20. Dimensionering af vejbedet over faskinen

Hvor stor skal den underliggende faskine så være for, at det samlede anlæg (vejbed og faskine) kan håndtere en 10-års hændelse?

Først beregnes, hvor stort et opland vand fra et vejbed med målene 10 m² og en dybde på 0,25 m kan klare ved en 10-års hændelse.

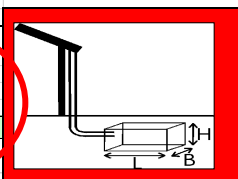
Det kan klare 75 m², se Figur 21. Her er regnvarigheden 1,93 time. Så her når vandet ikke gennem filtermulden, inden vejbedet løber over ned til faskinen.

Nedbørskarakteristika		Indtast blå og røde tal i kolonne B. Derefter tryk på knappen "Beregn"	Pii ikke - intern beregning	
Kommune	Odense			Afskærende lednings kapacitet l
Designkarakteristika		Beregn	Volumen m³	18
Gentagelsesperiode (år)	1		Total opland (m²)	1000
Oplandskarakteristika				
Sikkerhedsfaktor (klima, fremtidig udbygning, etc)	1,1			
Befæstet areal (m²)	75			
Jord- og nedsvivningskarakteristika				
K (Hydraulisk ledningsevne) - se evt måling nederst	1,00E-06 m/s			
Faskine				
Bredde	1 m			
Højde	1,3 m			
Hulrums andel i faskine (Plast: 0,95, sten: 0,25)	0,95 0-1			
Udsivning i faskinebund: 0=Nej, 1=ja	0			
Længde faskine	2,3 m			
Dræn kapacitet, gennemsnit	4,31E-02 l/s			
Regnbed				
Areal regnbed	10,0 m²			
Dybde	0,25 m			
Dræn kapacitet	1,00E-01 l/s			
Samlet opland (befæstet areal + eget areal)	85,0 m²			
Hjælpstørrelser, faskine				
Opstuvningsvolumen	2,86 [m³]			
Faskine volumen	3,01 [m³]			
Regn, der holdes umiddelbart	38,14 [mm]			
Regn, der siver pr døgn	49,66 [mm/døgn]			
Tømmetid	18 timer			
Afløbstal	6,64E+04 [l/s]			
	5,75E+00 [l/sekha]			
Hjælpstørrelser, regnbed				
Opstuvningsvolumen	2,53 [m³]			
Regn, der holdes umiddelbart	29,82 [mm]			
Regn, der siver pr døgn	101,65 [mm/døgn]			
Tømmetid	7 timer			
Afløbstal	2,53E+04 [l/s]			
	1,18E+01 [l/sekha]			
Dimensionerende kassereg. Aflebsteknik s. 269				
Vr.k (mm)	24,85			
Varighed (h)	1,93			
Karakteritika for dimensionerende kassereg.				
Samlet nedbør (mm)	33,03			
Intensitet (l/sekha)	47,53			

Figur 21. Vejbedet alene kan håndtere 75 m² vejareal ved en 10-års hændelse

Der er derfor 75 m² tilbage, som skal håndteres i den underliggende faskine ved en 10-års hændelse.

Disse 75 m<sup>2</sup> kan f.eks. håndteres i en faskine med en bredde på 1,0 m og en dybde på 1,3 m. Beregningen i Figur 22 viser, at faskinen skal være 2,3 m lang, og derved har et volumen på 3,0 m<sup>3</sup>.

Nedbørskarakteristika		Indtast blå og røde tal i kolonne B.	Pil ikke - intern beregning				
Kommune	Odense			Afskærende lednings kapacitet l/s			
Designkarakteristika		Beregn	Beregningstek	Vol m <sup>3</sup>	Dræn kap l/s	Iterationsafstand	
Gentagelsesperiode (år)	10 år		Faskine	OK	2,860134	0,043072115	0,0802%
Sikkerhedsfaktor (klima, fremtidig udbygning, etc)	1,1		Regnbed	OK	2,213549	0,25	0,0000%
Befæstet areal (m <sup>2</sup> )	75 m <sup>2</sup>		Grøft	OK	3,03266	0,251843734	0,0044%
Oplandskarakteristika			Perm. bel.	OK	17,65082	4	0,0000%
Jord- og nedsvivningskarakteristika							
K (Hydraulisk ledningsevne) - se evt måling nederst	1,00E-05 m/s						
Faskine			Hjælpestørrelser, faskine		Dimensionerende kasseregn, Afh		
Bredde	1 m		Opstuvningsvolumen	2,86	[m <sup>3</sup> ]	V <sub>f,k</sub> (mm)	
Højde	1,3 m	Faskine volumen	3,01	[m <sup>3</sup> ]	Varighed (h)		
Hulrums andel i faskine (Plast: 0,95, sten: 0,25)	0,95 0-1	Regn, der holdes umiddelbart	38,14	[mm]			
Udsvivning i faskinebund: 0=Nej, 1=Ja	0	Regn, der siver pr døgn	49,66	[mm/døgn]		Karakteristika for dimensionering	
Længde faskine	2,3 m	Tømmetid	18 timer	6,64E+04	[s]	Samlet nedbør (mm)	
Dræn kapacitet, gennemsnit	4,31E-02 l/s	Afløbstal		5,75E+00	[l/sek/ha]	Intensitet [l/sek/ha]	

Figur 22. Den underliggende faskine skal være 2,4 m lang

Denne metode kan anvendes, så længe transporttiden for regnvandet gennem vejbedet er kortere end den dimensionsgivende regntid. Hvis regnvarigheden bliver længere end transporttiden gennem vejbedet, bliver den underliggende faskine i dimensioneringssituationen belastet med både nedbør og nedsvivende regnvand fra vejbedet.

Transportid gennem 30 cm filterjord:

$$K=10^{-5} \quad T= 8 \text{ timer}$$

$$K=10^{-4} \quad T= 0,8 \text{ time}$$

## Bassiner

En vej i Odense med et stræk på 125 m og en vejbredde på 8 m skal forsinkes, så der maksimalt ledes 1 l/s videre i systemet. Der skal derfor etableres et forsinkelsesbassin med et opland på 1000 m<sup>2</sup>. Der regnes i dette eksempel med en klimafaktor på 1,1 og en gentagelsesperiode på T = 10 år. Ud fra oplyste data ønskes størrelsen af forsinkelsesbassinet beregnet.

Til denne beregning skal der benyttes en bassinberegning. SVK-arket til bassinberegning kan findes her:

[https://ida.dk/media/3007/regionalregnaerke\\_ver\\_4\\_1.xls](https://ida.dk/media/3007/regionalregnaerke_ver_4_1.xls)

Med ovenstående data skal der laves et forsinkelsesbassin på 31 m<sup>3</sup>. Der er som det fremgår af Figur 23, der viser basinberegningen, regnet med en regnhændelse på 2,19 timer og en regndybde på 25,51 mm.

Regnkurve karakteristika		Ledningsdimensionering		Bassin dimensionering opstrøms udløb																																																																																					
<b>CDS karakteristika</b> CDS-regn varighed (min) 240 Tidsskridt (min) 1 Asymmetri koefficient 0.5		<b>Oplandskarakteristika</b> Befæstet areal (ha) 0.1 Hydrologisk reduktionsfaktor (-) 1 Afskærende lednings kapacitet (l/s) 1		NB. Frekvens- og sikkerhedsfaktorer på regnen indgår ved beregning af bassinvolumen																																																																																					
Northing (WGS84 ZONE 32) 6140000 Easting (WGS84 ZONE 32) 589900 Årsmiddeldybbar (mm) 970 Middelværdi ekstrem døgnedbbar DMI Klimagnd (mm/dag) 25.8 Gættagsperiode (år) 10 Sikkerhedsfaktor (Fra Skrift 27) 1.1 Varighed (min) 12 Intensitet givet ovenstående input (µm/s) 21.06		Beregnes ud fra N og E koordinater Beregnet i Skrift 27. Faktor til beskrivelse af usikkerhed, klima, mv. Typisk 1.0 - 1.8																																																																																							
<b>Design regnkurve</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Varighed (min)</th> <th>z<sub>T</sub> (µm/s)</th> <th>S(z<sub>T</sub>)</th> <th>F<sub>z<sub>T</sub></sub> (µm/s)</th> <th>Regression (µm/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>42.26</td><td>4.85</td><td>46.48</td><td>46.12</td></tr> <tr><td>2</td><td>37.27</td><td>3.87</td><td>41.00</td><td>41.13</td></tr> <tr><td>5</td><td>28.22</td><td>2.12</td><td>31.04</td><td>31.49</td></tr> <tr><td>10</td><td>21.10</td><td>1.81</td><td>23.21</td><td>23.17</td></tr> <tr><td>30</td><td>11.20</td><td>1.22</td><td>12.32</td><td>12.11</td></tr> <tr><td>60</td><td>6.86</td><td>0.93</td><td>7.55</td><td>7.51</td></tr> <tr><td>180</td><td>3.01</td><td>0.35</td><td>3.31</td><td>3.35</td></tr> <tr><td>360</td><td>1.80</td><td>0.13</td><td>1.98</td><td>1.98</td></tr> <tr><td>720</td><td>1.04</td><td>0.09</td><td>1.15</td><td>1.16</td></tr> <tr><td>1440</td><td>0.61</td><td>0.05</td><td>0.68</td><td>0.68</td></tr> <tr><td>2880</td><td>0.37</td><td>0.03</td><td>0.40</td><td>0.40</td></tr> </tbody> </table>		Varighed (min)	z <sub>T</sub> (µm/s)	S(z <sub>T</sub> )	F <sub>z<sub>T</sub></sub> (µm/s)	Regression (µm/s)	1	42.26	4.85	46.48	46.12	2	37.27	3.87	41.00	41.13	5	28.22	2.12	31.04	31.49	10	21.10	1.81	23.21	23.17	30	11.20	1.22	12.32	12.11	60	6.86	0.93	7.55	7.51	180	3.01	0.35	3.31	3.35	360	1.80	0.13	1.98	1.98	720	1.04	0.09	1.15	1.16	1440	0.61	0.05	0.68	0.68	2880	0.37	0.03	0.40	0.40	<b>CDS regn</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tid (min)</th> <th>Intensitet (µm/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0.648023652</td></tr> <tr><td>1</td><td>0.652526528</td></tr> <tr><td>2</td><td>0.657101159</td></tr> <tr><td>3</td><td>0.661749338</td></tr> <tr><td>4</td><td>0.66647292</td></tr> <tr><td>5</td><td>0.67127362</td></tr> <tr><td>6</td><td>0.676154025</td></tr> <tr><td>7</td><td>0.681115587</td></tr> <tr><td>8</td><td>0.686160632</td></tr> <tr><td>9</td><td>0.691291363</td></tr> <tr><td>10</td><td>0.696509814</td></tr> </tbody> </table>		Tid (min)	Intensitet (µm/s)	0	0.648023652	1	0.652526528	2	0.657101159	3	0.661749338	4	0.66647292	5	0.67127362	6	0.676154025	7	0.681115587	8	0.686160632	9	0.691291363	10	0.696509814	<b>Volumen af bassin</b> 31 m <sup>3</sup> Effekten af koblede regn ER inkluderet (20 % ekstra volumen)	
Varighed (min)	z <sub>T</sub> (µm/s)	S(z <sub>T</sub> )	F <sub>z<sub>T</sub></sub> (µm/s)	Regression (µm/s)																																																																																					
1	42.26	4.85	46.48	46.12																																																																																					
2	37.27	3.87	41.00	41.13																																																																																					
5	28.22	2.12	31.04	31.49																																																																																					
10	21.10	1.81	23.21	23.17																																																																																					
30	11.20	1.22	12.32	12.11																																																																																					
60	6.86	0.93	7.55	7.51																																																																																					
180	3.01	0.35	3.31	3.35																																																																																					
360	1.80	0.13	1.98	1.98																																																																																					
720	1.04	0.09	1.15	1.16																																																																																					
1440	0.61	0.05	0.68	0.68																																																																																					
2880	0.37	0.03	0.40	0.40																																																																																					
Tid (min)	Intensitet (µm/s)																																																																																								
0	0.648023652																																																																																								
1	0.652526528																																																																																								
2	0.657101159																																																																																								
3	0.661749338																																																																																								
4	0.66647292																																																																																								
5	0.67127362																																																																																								
6	0.676154025																																																																																								
7	0.681115587																																																																																								
8	0.686160632																																																																																								
9	0.691291363																																																																																								
10	0.696509814																																																																																								
		Plot af CDS regn: Tåpas SERIE( ) i CDS regn til at plotte fra H18 til H257		<b>Mellemresultater svarende til Skrift 16</b> Dvs. at effekt af koblede regn IKKE er inkluderet Mellemresultaterne Reduceret areal (ha) 0.10 Afbøstål (mu-m/s) 2.19 Varighed (h) 2.19 Vr.k (mm) 25.51																																																																																					

Figur 23. Bassinberegning for forsinkelse af vejvand. Med stiplede grøn er inputdata markeret. Med stiplede rød er resultatet på 31 m<sup>3</sup> samt data fra den dimensionsgivende regn vist.

## Større anlæg til afvanding af veje

SVK-regnearket er velegnet til at dimensionere mindre anlæg til afvanding af veje i parcelhuskvarterer og ved boligforeninger. Når anlæggene bliver større og mere hydraulisk komplicerede, er det nødvendigt at anvende forskellige modeller.

For dimensionering af større anlæg til afvanding af veje samt større oplande henvises der til Klimakogebogen (revideret 2011), se:

[http://www.klimatilpasning.dk/media/360332/klimakogebog\\_2011\\_fu-projekt\\_19\\_1\\_1\\_.pdf](http://www.klimatilpasning.dk/media/360332/klimakogebog_2011_fu-projekt_19_1_1_.pdf)

Rapporten giver detaljerede beskrivelser af metoder til brug for analyser af oversvømmelser fra simple "hulkort" eller "bluespots" til de avancerede hydrauliske computermodeller (som f.eks. Mike Urban og Mike Flood). Disse metoder kan anvendes ved de modelberegninger, der er nødvendige ved planlægning og dimensionering af større og mere komplicerede anlæg.

## 6 Drift og vedligehold af regnvandsløsninger på veje

Ved etablering af LAR-anlæg, både i helt nye veje og i eksisterende veje, bør det allerede under projekteringen fastlægges, hvem der etablerer anlægget, og hvem der skal udføre den daglige drift af anlægget. Mulighederne baseres på de nuværende ejerforhold og muligheden for evt. at ændre disse samt finansieringsmodellen for anlæg. I mange tilfælde påhviler den fulde pleje ejeren, mens der i andre tilfælde sker en økonomisk deling hvor f.eks. plejen, der er en forudsætning for opretholdelsen af den hydrauliske effekt, varetages/betales af forsyningsselskabet. Der skal også aftales klare spilleregler for evt. borgerinddragelse i driften.

Projektering af et anlæg og driften af et anlæg er to helt forskellige faser af et anlægs tilblivelse, men den første fase har stor indflydelse på, hvordan den anden fase kan fungere. I dette afsnit beskrives først hvordan drift indarbejdes i projekteringsfase, og dernæst gennemgås de aktiviteter, der hører under normal drift og vedligeholdelse. Det angives, hvad der skal ses efter, når man udfører opsyn/tilsyn med anlægget, og der gives forslag til, hvilke fejl ved et anlæg, der kan inddrages i meldepligten.

Drift og vedligehold vil ofte indeholde særlige tiltag eller intensiveret pleje de første et til to år (etableringsfasen). Det gælder både grønne og grå elementer, som for klimaveje er præget af mange nye materialer og anlægsprincipper. Der kan også være tale om særlige drifts- og vedligeholdelsestiltag forud og undervejs i 'skybrudssæsonen' (ca. 1. maj- 1. okt.). For eksempel kan det være en god idé manuelt at efterse kritiske indløb/overløb i forbindelse med et skybrudsvarsel.

### 6.1 Drift i projekteringsfasen

For at sikre at anlægget får en optimal drift, bør driftspersonale inddrages så tidligt som muligt i projekteringsfasen. Det giver bedst muligt udgangspunkt for velfungerende anlæg i funktionsfasen, bl.a. fordi det giver driftspersonalet ejerskab, og det sikres at man kan komme til med redskaber m.v. Det er bygherrens ansvar, men rådgiveren bør efterspørge dialogen.

Gode råd fra forskelligt driftspersonale, der løbende er samlet op på:

- Driftspersonalet kan deltage i byggemøder fordi der i nogle tilfælde ændres i design i anlægsfasen. Rådgiverne kan i processen komme med forslag og løsninger, som ikke passer ind i den eksisterende drift
- Det skal overvejes, om det er faglært eller ufaglært personale, der skal passe beplantningen
- Husk et rådighedsbeløb til opretning efter det første år. Det er vigtigt at vide, hvor langt man kan gå i forhold til eksisterende budgetter
- Få aftalt hvordan vinterbekæmpelsen skal foregå: Hvilke maskiner, hvilke tømidler, og hvordan skal de anvendes/udlægges? Alternative tømidler kan kræve nye maskiner og midlerne er dyre i indkøb

- Fortæl hele tiden beboerne og driftspersonalet hvad der sker og hvornår – det giver færre misforståelser
- Der skal være rådgivning og budget til indkøb af evt. nyt maskinel til pleje og vedligehold, når anlægget tages i brug (det er ofte slet ikke planlagt)

I forbindelse med at inddrage driftspersonalet i projekteringsfasen, skal der være noget konkret at forholde sig til, f.eks. en plantegning, så vigtige input kan indarbejdes. På den måde bliver driften indtænkt fra starten af: F.eks. plantevalg, ønsker fra beboere, driftsbudget, arbejdsrutiner "hvor skal cykelstativet anbringes" – praktiske forhold, anbringelse af ventiler (adgangsforhold) mv.

Erfaringerne viser, at når driften inddrages rigtigt, tager driftspersonalet også mere ejerskab, og dermed fås et bedre fungerende LAR-anlæg.

Dette samarbejde kan identificere udfordringer/problemer – f.eks.:

- Hvilke værktøjer/maskiner er påkrævet f.eks. på skråninger-hældninger i trug
- Hvilke værktøj/redskaber er til rådighed til vedligeholdelsen, og hvad skal evt. indkøbes
- Følg op på driften, så den svarer til virkeligheden. Gør op med standardløsninger - de virker ofte ikke

Driftspersonalet bør også inddrages i tilsyn under anlæg, så beslutninger, der vanskeliggør driften, opdages fra starten, og ikke først ved overdragelsen.

Fordele ved at inddrage driften i projekteringen:

- At det praktiske bliver bragt ind i projekteringen
- Billigere og nemmere at drifte anlægget efterfølgende
- Anlæg, der fungerer også på den lange bane
- Pænere anlæg
- Bedre tværfaglig forståelse mellem kontor/skrivebord og praktikerne, der drifter anlægget
- Bredt ejerskab

### **Overdragelse af driften**

Driftspersonalet skal kende den generelle funktion af anlæggene, så de ved, hvornår der skal gribes ind. En driftsmanual over driften af et anlæg skal være udførlig, og gerne indeholder f.eks. produktnumre, hvis der senere skal købes reservedele mv. Dele af driftsmanualen kan være en tjekliste for hvem der gør hvad, hvornår og hvordan. Driftsmanualen skal kunne gemmes digitalt, så den kan findes selv ved personskift. Alle funktioner skal være ordentligt beskrevet inkl. eksempelvis åbne-/lukkefunktioner, der skal driftes.

Det er en god ide at beskrive anlægget i LER, herunder særlige opmærksomhedspunkter, så når eksterne aktører senere hen evt. har brug for en gravetilladelse, er man bekendt med de særlige forhold.

Ved etablering af permeabel asfalt kan krav om udlægning af køreplader og afdækning af bunker med løse materialer betyde meget for opretholdelse af den programlagte drift, uden at den behøver at blive intensiveret på grund af tilstopning.

Når et anlæg begynder at fungere dårligere, skal der findes vejledninger (eller henvisning til firmaer) i, hvordan restfunktionen af anlægget kan tjekkes.

Driftsmanualen skal ikke bare overrækkes, men der skal gennemføres samtaler/uddannelse/gennemgang af vigtige funktioner. Driftspersonalet er normalt praktikere, og de sætter sig ikke ned og læser en tyk manual uden at få vejledning. En pixiudgave eller simple tegninger med påskrifter er nemmere at anvende i hverdagen. En gennemgang, når anlægget er færdigt med deltagelse af driftspersonalet, entreprenør, rådgiver og bygherre, kan være et godt udgangspunkt for vellykket drift.

Entreprenøren bør have en del af driftsansvaret i en periode efter at anlægsfasen er slut. Og dermed en del af ejerskabet (koordinator rolle). Perioden skal være så længe, der skal til for, at personalet føler sig tryk. En ide kan være, at lade entreprenøren have ansvaret for driften i f.eks. 2-3 år til anlægget er kørt ind. Anlægget er altså afleveret, men driftsansvaret ligger hos entreprenøren. Det kan afhjælpe mange tvister om genplantning, skylleskader, sand og grus fra etableringsfasen, der skal renses ud af kassetter og belægninger, mv.

Ved grønne anlæg er det vigtigt at få forklaret brugeren, at der ofte går et par år inden anlæggene er i fuld funktion og ligner de flotte billeder og tegninger fra projekteringsfasen. Driften skal tilpasses det, anlægget bliver til, og ikke det, man troede det ville blive til.

### **1-års gennemgangen**

1-års gennemgangen skal ikke kun vedrøre selve anlægget, men også indeholde opsamling på drift og vedligehold. Dette medvirker til at generere en viden hos de projekterende om gode og dårlige erfaringer med det projekterede anlæg.

## **6.2 Meldepligt**

Meldepligt er en kontrolfunktion. Det er bygherren, der angiver, hvad meldepligten skal indeholde. Hvis der er meldepligt på vedligeholdelsestiltag på et anlæg, f.eks. vanding af træer og buske, er driftspersonalet forpligtet til at meddele ejeren/kommunen, når der opstår behov for vanding. Kommunen kan derefter beslutte, om der skal vandes eller ej.

Til forskel fra traditionelle ledningsanlæg foregår transport og magasinering af vandet i LAR-anlæg ofte (men ikke udelukkende) på overfladen, hvilket gør det lettere at observere, om der er dårlig funktion eller fejl på et anlæg.

### **Hvordan opdager man, at et anlæg ikke virker optimalt?**

*Vejbede og grøfter:* Stående vand i anlægget i flere døgn efter nedbør indikere, at nedsivningsevnen er nedsat. Dog skal nedbøren i omtalte periode også vurderes. Hvis



der eksempelvis er kommet flere store regnhændelser kort efter hinanden (f.eks. to 10-års regn med kun et par dage imellem), så gentagelsesperioden for anlæggets dimensionering reelt er overskredet, så kan det også forklare fyldningen og er i givet fald okay.

I vejbede og grøfter er tømmetiden på et normalt anlæg ofte under 24 timer, så hvis der står vand i anlæggene i mere end 2 - 3 døgn, så bør det meldes og forholdene undersøges.

*Render/grøfter:* Render/grøfter skal transportere vandet fra et sted til et andet. Render/grøfter skal ikke løbe over under normale regnskyl. Det kan ske, hvis renderne/grøfterne er for små eller har for mange retningsændringer. Overløb kan medføre nedsivning på uønskede steder samt erosionsskader.

*Faskiner:* Vand på terræn eller opblødt jord over faskinen indikerer, at faskinen er overbelastet. Vandstanden i faskinen kan registreres i sandfangsbrønden før faskinen. Hvis vandet i sandfangsbrønden i længere perioder står tæt på terræn, er faskinen stoppet. Dette skal meldes, årsagen skal findes, og fejlen udbedres.

*Rør mellem anlæg:* Rørene skal transportere vandet fra et sted til et andet. Rørene må ikke være tilstoppede, så vandtransporten hindres. Det kan typisk opdages ved, at det ene anlæg er fyldt med vand, mens der ikke er vand i det efterfølgende anlæg. Dette skal meldes, årsagen skal findes, og fejlen repareres.

*Dårlig vandfordeling:* Dårlig vandfordeling i et anlæg vil medføre, at nogle planter får for meget vand og andre planter intet vand får. Derfor er det vigtigt, at der er fokus på, at der kan være behov for vanding i et større bed. Har der været perioder, hvor der kun er kommet lidt vand, så er det måske ikke kommet helt ud til alle planter, og derfor kan nogle planter trænge til vand, mens andre planter har det godt.

## Hvem gør hvad

Ofte vil det være driftspersonalet, der fører tilsyn med alt det grønne, men de skal også have så meget kendskab til funktionen, at de kan tilkalde eksperter til at vurdere hydraulikken, når der er noget galt.

## 6.3 Grøfter, afløbsrender, rør og transportveje

### Grøfter

Slåning af græs i grøfter vil oftest skulle udføres med buskrydder og gøres manuelt mindst en gang om året alt efter, hvilken hydraulisk funktion og udseende grøften er projekteret til. Det er vigtigt, at græs fjernes efter slåning, så dette ikke får lov at formolde og derved mindske kapaciteten i grøften. Hvis grøften er udformet, så der både er magasinerings- og nedsivning, er det vigtigt, at det ind imellem kontrolleres, at nedsivningskapaciteten er som projekteret.

### Afløbsrender

Afløbsrender skal fejes regelmæssigt, så der ikke ophobes blade og sand/grus. Kontrollér tætheden ved overgangene mellem eventuelle render en gang om året, så uheldigvis nedsvivning undgås. Der skal føres løbende kontrol med revner/skader/brud, så det sikres, at vandet ledes det rette sted hen.

### Rør og kassetter

Hvis regnvandet er rørført, skal det kontrolleres, at vandet kan løbe uhindret. Ved tilstopning kan ledningen/kassetten spules, og ved gentagne stop anbefales en TV-inspektion.

### Transportrender

Transportrender skal tjekkes for lunke, så det sikres, at vandet løber i den retning, der er hensigten. Ukrudt og forhindringer i fuger skal fjernes, så de ikke forhindrer transporten.

Transportveje	Aktivitet	Hypighed
Fast vedligeholdelse	Hold rent ved at feje jævnligt	6-12 gange om året
Tilsyn	Reparer ødelagte sten	Løbende kontrol
	Genfyld fuger (genstøb eventuelt)	Løbende kontrol
Meldepligt	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Behov for fjernelse af materiale</li> <li>▪ Lunkedannelse</li> <li>▪ Synlige vandpytter</li> <li>▪ Uønskede beplantning jf. fastsat plejeniveau</li> <li>▪ Vanding</li> <li>▪ Brud i renderne mv.</li> <li>▪ Synlige overløb, der viser, at renderne er for små</li> </ul>	

Tabel 5. Oversigt over vedligehold af transportveje

## 6.4 Faskiner

Faskiner er ofte ude af syne og dermed ude af tankerne. Derfor er det vigtigt at tænke på vedligeholdelsen, da problemerne ellers først ses, når de netop er blevet til problemer.

### Sandfangsbrønden

Det er vigtigt, at sandfangsbrønden renses mindst 1-2 gange om året – og hvis det er muligt, bør faskinen spules en gang pr. 5-10 år. Nogle typer faskiner er i dag konstrueret, så det er muligt at spule/suge dem og undersøge deres tilstand med TV-inspektion. Vedligeholdelsen lettes, hvis sandfangsbrønden lægges så tæt på faskinen som muligt og er tilsluttet i bunden af faskinen. Vand nær terræn i sandfangsbrønden indikerer, at faskinen er tilstoppet.

### Når faskinen ikke virker

Hvis faskinen ikke virker, er det første man skal gøre at spule/suge faskinen, da den manglende funktion kan stamme fra en tilstopning lige ved indløbet til faskinen. Kan dette ikke lade sig gøre (hvis der er anvendt løse fyldmaterialer) eller spuling ikke hjælper, må faskinen graves op og evt. omlægges, eller der må anlægges en ny.

Faskine	Aktivitet	Hypighed
Fast vedligeholdelse	Tøm sandfangsbrønde	Min. 1-2 gange om året
Tilsyn	Tjek, at der ikke er tilstoppede ledninger	Løbende kontrol
	Spul faskine. Hvis dette ikke hjælper, kan man ved større faskiner få lavet en TV-inspektion af tilløbet til faskinen samt selve faskinen	Ved problemer
Meldepligt	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Revner eller huller i brønden</li> <li>▪ Hvis der er meget fugtigt eller sumpet over faskine og omkring brønden</li> <li>▪ Hvis der står højt vand i brønden</li> <li>▪ Dæksel ikke er intakt</li> </ul>	

Tabel 6. Oversigt over vedligehold af faskiner

## 6.5 Vejbede

Det er vigtigt at pleje et vejbed omhyggeligt, indtil der er opnået et godt plantedække. Bar jord skal kultiveres for at sikre, at der ikke opstår tilslemning af det øverste jordlag, som stopper nedsivning, og det skal sikres, at der hurtigt etableres plantedække, evt. ved brug af rullegræs eller staudemåtter. Desuden skal ukrudt fjernes indtil plantedækket er blevet tæt, hvilket må forventes at ske inden for de første 1-2 vækstsæsoner.



Figur 24. Bar jord skal kultiveres

På baggrund af den udførte pleje er anbefalingen til den fremadrettede drift, at bedene luges for ukrudt ca. en gang om måneden samtidig med, at der løbende holdes opsyn med vandingsbehovet.

De to første år efter etablering af nye bede (etableringsfasen) tilrådes min. 5-6 gange pleje årligt. Når der er opnået fuldt vegetationsdække efter et par vækstsæsoner, vil pleje 1-2 gange om året normalt være tilstrækkeligt.

### **Planter, der går ud eller ikke vil vokse**

Når der er opnået et godt plantedække, vil plantens rødder sikre, at vandet kan nedsive. Hvis der er planter, der går ud, eller som ikke vil vokse, så overvej om det er bedre at skifte planterne til andre sorter. Hvis der er sorter i bedet som trives godt, kan man med fordel dele dem og bruge dem flere steder.

Der kan inden for meget korte afstande være forskel på, om forskellige plantetyper vil vokse. Det kan være, at der er forskellig fugtighed i jorden alt efter, hvor vandet ledes til bedet, eller der kan være forskel på jordforholdene.

Effekten af filtermuld er afhængig af, at overfladen er vegetationsdækket og planterne er i god vækst. Dette bevirker, at anlægget ikke klogger til i overfladen. Manglende drift af planter og manglende udskiftning vil derfor sætte igennem som dårligere hydraulisk funktion og dermed reducere renseeffekten.

### **Almindelig pleje og gødning**

Når først anlægget er veletableret, skal det stadig vedligeholdes. Det handler om almindeligt vedligehold af selve anlægget, pleje af planter og tilførsel af kompost/naturgødning, der er med til at bevare vejbedets evne til at nedsive vand.

Hvis der er et fornuftigt valg af planter, og man sørger for omhyggelig pleje i de første 1-2 år, vil plejen herefter minimeres til beskæring af planter og oprensning af affald i bedet.

### **Ekstra vedligeholdelse i vejbede**

På grund af bedets udformning som en lavning, vil der være mere affald, blade, papir og lignende, der vil samle sig i bedet, og dette kan kræve ekstra vedligeholdelse. Når planterne udvikles (vækst), vil bevoksningen i bedet blive mere tæt, og affald/blade vil have vanskeligere ved at samle sig. Samtidig vil det også vanskeliggøre fjernelsen af det, som stadig samler sig, som dog så heller ikke ses så meget.

### **Husk at feje**

Hvis der er synlig erosion af jorden i bedet, bør man finde årsagen og løse problemet. Erosion vil som regel mest være et problem i de første år, inden bevoksningen har etableret sig. Ofte kan erosionen fjernes ved en mindre ombygning. Efter skybrud kan et i øvrigt velfungerende anlæg været præget af utilsigtet sedimentophobning og skylleskader. En ekstra indsats er da påkrævet.



Figur 25. Skylleskader/erosion i et nyanlæg

Det vil være en god idé, jævnligt at feje tilstødende arealer, så der ikke løber støv, grus, affald og blade med vandet til vejbedet. Denne form for "rensning ved kilden" anbefales i stedet for oprensning af anlæg.

Vejbede	Aktivitet	Hypighed
Fast vedligeholdelse	Fjern støv, grus, affald og blade fra vejbedet og evt. overløb	1 gang pr. måned og efter store regnskyl
	Fjern uønskede vækster og løsn jordoverfladen med kultivator eller hakkejern. Dermed sikres, at overfladen ikke slemmer til og at overfladejorden holdes løs	4-6 gange om året. i vækstsæsonen
	Tilfør gødning, hvis der er behov for det. OBS: Nogle typer beplantninger skal helst have udpint jord	1 gang om året (forår)
	Udskift syge/døde planter. Skift til nye sorter af planter, hvis de valgte planter ikke trives på stedet	2 gange om året i etableringsårene (forår og sommer)
	Beskær og trim planter. Afskær nedvisnede stauder og beskær andre planter jf. plantens vækst	Hvert forår
Tilsyn	Evt. vanding	Vær særlig opmærksom i 1. og 2. etableringsår - ellers efter behov
	Inspicer vejbedet. Hvis der står for meget vand i bedet, kan funktionen undersøges via en infiltrationstest	Efter behov. Læs evt. mere om nedsivningstesten i bilag 3
Meldepligt	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Behov for fjernelse af materiale/skidt</li> <li>▪ Vanding</li> <li>▪ Udskiftning af planter</li> <li>▪ Hvor længe må der stå vand i anlægget (aftalt interval)</li> <li>▪ Erosionsskader: aftal, hvor meget der må forekomme mv.</li> </ul>	

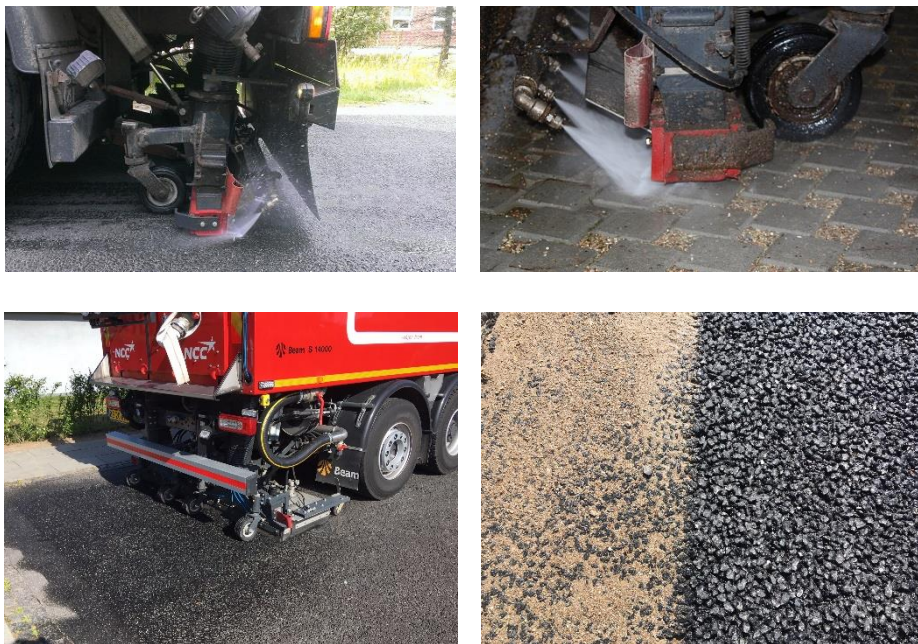
Tabel 7. Oversigt over vedligehold af vejbede

Læs mere om normal pleje og vedligeholdelse af vejbede mm. i *Pleje af grønne områder* og *Kvalitetsbeskrivelser for drift af grønne områder* (Jørgensen, 2016; Kjøller et al., 2015).

## 6.6 Permeable belægninger

Permeable belægninger kræver ofte lidt mere vedligehold end traditionelle belægninger. Det vigtigste er, at der om efteråret fjernes blade 1-2 gange, og at belægningerne om foråret spules/suges, så kapaciteten opretholdes f.eks. forud for skybrudssæsonen. Efter sugning skal der ske genopfyldning af fugerne.

Det kan være svært med det blotte øje at vurdere om belægningen har kapacitet som foreskrevet i den hydrauliske dimensionering, og det anbefales at lave permeabilitets-tests for at målrette vedligehold f.eks. ASTM C1781-M13 (Støvring, 2018a).



*Figur 26. Rensning af permeable belægninger med spul/sug*

Hvis belægningen ikke vedligeholdes, vil den i løbet af få år miste evnen til at lade vandet sive ned gennem overfladen, idet porevoluminet i fuger og belægninger vil blive tilstoppet med støv, trafikslid, tilført jord, nedbrudt organisk materiale mv.

### Vintervedligehold

Da is og sne kan opsamles i hulrummene i permeable belægninger, skal man være specielt opmærksom, når det drejer sig om vintervedligeholdelse. Dette gælder i mindre grad for belægningssten med nedsivning gennem fuger og for græsarmering.

For permeable befæstelser kan det være aktuelt at glatførebekæmpe med alternative tømidler til NaCl, f.eks. MCA. Vær opmærksom på de store prisforskelle og det logistiske i evt. at håndtere både traditionelle og konventionelle tømidler på forskellige arealtyper.

En generel erfaring er, at behovet for glatførebekæmpelse er mindre på permeable veje, fordi smeltevand dræner bort.

Belægningssten med fuger		
Fast vedligeholdelse	Fjern rester fra vintervedligeholdelsen; grus, sand, mv. (brug evt. feje-/sugebil ved store belægninger og stiv kost ved mindre)	Når det er muligt, også gerne løbende gennem vinteren
	Fjern støv, plantefrø, blade mv. (brug evt. feje-/sugebil ved store belægninger og stiv kost ved mindre)	1-2 gange om året
	Efterfug med egnet materiale, jf. leverandøranvisningen	Efter behov
Tilsyn	Reparer ødelagte sten	Løbende kontrol
	Lug vækster i fugerne. Lad være med at bruge kemi.	Løbende kontrol
	Højtryksspul fuger (150 -200 bar), ikke direkte ned på stenene. Husk at genfylde fugerne	Når nedsivningen er hindret
Permeable belægninger		
Fast vedligeholdelse	Støvsug ved store belægninger og fej ved mindre	Min. 4 gange om året
	Højtryksspul (150-200 bar) for at bevare porøsiteten	1 gang årligt
Tilsyn	Reparer skadet belægning	Løbende kontrol
Græsarmering		
Fast vedligeholdelse	Slå græs og fjern afklip, da græsset ellers vokser op over belægningen	
Tilsyn	Reparer skadet belægning	Løbende kontrol
	Efterså	Løbende kontrol
Meldepligt	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lunkedannelse og synlige vandpytter</li> <li>▪ Vandet synker/fjernes ikke ved regn (tilstopning)</li> <li>▪ Behov for fjernelse af materiale</li> <li>▪ Sporkøring</li> </ul>	

Tabel 8. Oversigt over vedligehold af permeable belægninger

## 7 Eksempler på anlæg og drift af klimaveje i Danmark

Særligt efter 2012 er mange vejarealer helt eller delvist ombygget med henblik på at håndtere regnvand og dermed bidrage til aflastning af det eksisterende afløbssystem eller forbedring af kvaliteten af afstrømning til lokal recipient. Der er også eksempler på nyanlæg af veje, der indbefatter nye principper for regnvandshåndtering. **Fejl! H envisningskilde ikke fundet.** Tabel 9 viser en oversigt over sådanne udvalgte klimaveje, hvilke LAR-elementer der indgår, den hydrauliske funktion, udvalgte basisoplysninger samt merværdiaspekter. Vejene er udvalgt, så de samlet set illustrerer et bredt udsnit af regnvandsproblematikker og løsninger.

Sted	LAR-element				Hydraulisk funktion					Basisoplysninger				Merværdi		
	Vejbed	Grøft	Faskine	Permeable befæstelser	Nedsvivning	Transport	Magasiner	Fordampning	Rensning	Anlagt (år)	Opland (m <sup>2</sup> )	Anlægsomkostn.	Driftserfaringer?	Naturressourcer	Liveability	Transition & inno.
Agerlandsvej Odense				X	X					2014	1000	1,3	X	X		X
Bredagervej Tårnby				X		X	X		X	2017	(800)	?		X		X
Bredballe Vejle				X	X		X		X	2014	800	?	?	X	X	
Helenevej Frederiksberg			X	X	X		X			2014	610	0,92	X	X		
Karensvej Middelfart	X	X	X		X	X	X	X		2016	2550	?		X	X	
Køge Vandværk Køge				X												
Lange linje Odense	X		X							2018				X	X	
Lindevangen Brøndby Strand	X		X				X		X	2011	(2000)			X	X	X



Porskærvej Galten				X	X				1100		
Rugvænget Hjørring				X	X				2018 1100		
Viekær Rudersdal	X				X	X	X	X	2015 8700	2,9	X
Ved Renden Dyssegård		X						X	2014 2500	?	

Tabel 9. Eksempler på klimaveje i Danmark

De udvalgte eksempler videregiver erfaringer med anlæg og drift af klimaveje i Danmark og belyser variationen og udviklingen inden for regnvandsløsninger på veje. Eksemplerne er ikke udtømmende, men tjener som inspiration og referenceliste. I afsnit 7.6 nedenfor beskrives eksemplerne i hovedtræk, og via de anførte kontaktpersoner er det muligt at indhente yderligere oplysninger af interesse for den, der måtte ønske dette.

I det følgende bringes en opsummering af erfaringer på tværs af eksemplerne.

## 7.1 Planlægning

Udgangspunktet for planlægningen er typisk behovet for at skabe ekstra kapacitet i ledningsnettet, der enten er separat eller fælleskloakeret. Formålet kan være at undgå periodevis oversvømmelse af infrastruktur eller arealer langs med vejen, f.eks. hos private grundejere. Det kan også være at forbedre miljøtilstanden i recipient ved at nedbringe omfanget af kloakoverløb.

Anlæggene på *Porskærvej* og *Helenevej* er eksempler på, at vejen inddrages på et sted, hvor der gentagne gange har været oversvømmelser. I begge tilfælde bruges en permeabel overflade, som en måde til effektivt at afdræne store mængder vand, der måtte samle sig pga. tilstrømning fra arealer opstrøms. Anlægget *Ved Renden* er et eksempel på, at vejanlæg inddrages, når muligheden opstår pga. andre bygge-/anlægsaktiviteter og bidrager til at løse udfordringer nedstrøms ved opmagasinering/infiltration.

Planlægningsfasen er en mulighed for at overveje, om vejens nuværende funktion skal opretholdes eller delvist ændres. Anlægget på *Agerlandvej* er eksempel på, at funktionen opretholdes som hidtil, mens anlæggene på *Viekær* er eksempel på ændret funktionalitet idet fortovet nedlægges i den ene side og erstattes af et LAR-element.

## 7.2 Projekt

Eksemplerne viser, at anlæg på vejarealer giver mulighed for indbygning af mange slags LAR-elementer, der enten baseres på lokal infiltration, forsinkelse via neddroplet afløb til ledningsnet eller principper i kombination. Projekterne præges af en høj grad af innovation, hvor nye materialer og konstruktionsprincipper afprøves hver for sig og i

forskellige kombinationer. Ud af projekterne er der udviklet en del materialer og produkter/koncepter, som i dag markedsføres: DrænStabil og PermaVej (NCC) er produkter, der er specialiserede til de særlige forhold, der er gældende ved anlæg på veje. Bag koncepter som Vandvejen (Søndergade) og AkvaVejen (Bredagervej) står en gruppe af producenter, leverandører og rådgivere, der leverer systemløsninger til de særlige udfordringer, der gør sig gældende på veje.

### 7.3 Anlæg

Anlægsarbejderne præges af nye materialer og konstruktionsprincipper, samt nye samarbejdsrelationer mellem kommunal forvaltning, forsyningsselskaber og i visse tilfælde en betydelig brugerinddragelse. Erfaringerne fra arbejdet med AkvaVejen tyder på, at de første anlæg, hvor teknologi og processer er nye og dokumentationskravene er store, er dyrere, når den hydrauliske gevinst sammenlignes med en konventionel løsning, men på sigt kan blive billigere at anlægge sammenlignet med den hydrauliske effekt. Forventningen er, at når AkvaVejen er fuldt kommercialiseret, vil prisen være 2.300 kr./m<sup>3</sup>, hvilket kan være ca. 70% af prisen på konventionel løsning. På *Agerlandsvej*, hvor anlægsomkostningerne også er lidt højere end ved konventionel løsning, kostede opmagasineringskapaciteten 10.800 kr/m<sup>3</sup>, mens den på *Helenevej* kostede ca. 13.700 kr/m<sup>3</sup>. I begge tilfælde er der tale om ombygning af eksisterende veje, hvor vej-kassen bortgraves og bringes til deponi. I tilfælde af nyanlæg anslås det, at anlægsomkostningerne vil være væsentlig lavere.

En konkret udfordring i anlægsfasen er de varierende jordbundsforhold, der først under anlæg til fulde kendes. På *Viekær* justerede man designet i anlægsfasen, da de dårlige infiltrationsforhold stod klart, og dette til trods måtte man et år efter anlæg lave endnu nogle forbedringer. Hos KLAR i Køge måtte et infiltrationsbaseret anlæg laves om til et forsinkelsesanlæg pga. dårlige infiltrationsforhold. Generelt peger projekterne på behovet for bedre screeningsmetoder til kortlægning af lokale jordbundsforhold, men måske i højere grad på, at der tages højde for at justere projektet i anlægsfasen. Dette kræver et skærpet fagtilsyn og stiller krav om fleksibilitet hos rådgivere, i anlægsøkonomien og i tidsplanen.

### 7.4 Drift og vedligehold

I modsætning til konventionelle forsyningsanlæg til håndtering af regnafstrømning, omfatter drift og vedligehold af LAR-anlæg også forhold, der ikke er direkte relateret til det hydrauliske. Det kan være sikring af fritrumsprofil eller æstetiske hensyn. Erfaring fra projekterne peger på, at det kan være svært at få afklaret hvilken drift, der varetages af forvaltningen hhv. forsyningen, samt i visse tilfælde med bidrag fra beboere. Hovedprincipperne synes at være, at forvaltningen varetager alt drift og vedligehold og afregner hele eller dele af udgiften med pågældende forsyningsselskab; alternativt at forsyningen står for driften og afholder udgiften.

Der er endnu ikke gjort praktiske erfaringer med de punktvis driftudgifter, der først forventes afholdt ca. 10 år efter anlæg, f.eks. udskiftning af filterjord eller affræsning og pålægning af nyt slidlag på permeabel asfalt. De foreløbige erfaringer peger på, at driften kan tilrettelægges som tilsvarende arealtyper (busket, staudebede,

sandfangsbrønde), men at der også er behov for afklaring af, hvorledes nye konstruktioner og arealer designes og driftes mest optimalt. Det gælder f.eks. for permeabel asfalt og belægninger af betonbelægningssten samt indløb til vejbede. Tiltag til sikring af forsat god infiltration i vejbedenes delvist beplantede bund er desuden en udfordring.

## 7.5 Merværdi

Mulige synergieffekter i LAR-projekter kan beskrives iht. deres bidrag til bedre naturressourceforvaltning, øget livskvalitet og ift. hvordan projekterne bidrager gennem innovation og transition (Sørup et al. 2019).

Med naturressourceforvaltning menes de langsigtede vilkår for opretholdelse af civilisationen, hvilket omfatter grundvand- og ferskvandsbeskyttelse, minimering af forbruget af ikke fornybare materialer, herunder fossil energi, samt understøttelse af biodiversiteten.

Livskvalitet omfatter tiltag med fokus på at afbøde varmeeffekt, skabe æstetisk attraktive byrum, forbedre muligheder for rekreation, forbedre muligheden for cykling og gang mv.

Innovation og transition omfatter borgerinvolvering, test af nye løsninger eller nye sammenkoblinger af eksisterende løsninger, monitorering og dokumentation samt vidensspredningsaktiviteter.

Gennemgangen af eksempelprojekterne viser, naturligt nok, at forvaltning af naturressourcer er centralt, hvor der arbejdes med fuld infiltration (*Agerlandsvej*, *Bredagervej*, *Helenevej*, m.fl.), eller delvis infiltration, hvor det er muligt. Filterjord benyttes i udstrakt grad for at sikre en vis tilbageholdelse af miljøskadelige stoffer. I nogle tilfælde benyttes DPF-anlæg som renseteknologi. Formålet med infiltration er typisk at aflaste systemet nedstrøms og sekundært at fremme grundvandsdannelse. At styrke biodiversiteten ved at tilså med hjemmehørende vilde urter har været en del af projektet på *Viekær* og *Langelinje*.

I eksemplerne bruges vejbede i udstrakt grad til dels at forskønne ved tilplantning af haveprægede stauder og urter, dels som trafikregulerende foranstaltninger, der potentielt bidrager med et mere trafiksikkert miljø og attraktive vejrum. Projekterne benytter sig typisk af samme materialer som konventionelle veje; granit, beton, asfalt, pullerter og traditionel opstribning med vejmarkering. Projektet *Bredagervej* har været underlagt en særlig æstetisk bearbejdning, der ligger ud over konventionel design af vejanlæg. På *Karensvej* er der anvendt klinker. *Søndergade* er et eksempel på en vej, hvor regnvandet gøres til et dekorativt element ved transport i rende, og hvor ombygningen også omfatter opstilling af bænke. De tidligste af eksemplerne (anlagt 2011-14) må betragtes som innovative og eksperimenterende idet mange materialer og konstruktionsprincipper er nye og hidtil ubenyttet. Projekterne *Agerlandsvej*, *Bredagervej*, *Bredballe*, *Ved Renden* er anlagt som kombinerede demonstrations- og testanlæg. På samme veje pågår dokumentation af vejens infiltrationsevne, og dette gælder også projekterne *Agerlandsvej*, *Porskjærvej*, *Helenevej*. På *Viekær* er der

gennemført målinger af infiltrationsevnen og faskinekapacitet med henblik på at forbedre vejbedenes infiltrationsevne.

## 7.6 Eksempler

### Agerlandsvej



<b>Sted</b>	Agerlandsvej, Odense
<b>Anlagt</b>	2014
<b>LAR-elementer</b>	Permeabel befæstelse
<b>Planlægning</b>	Beboere i området oplevede med jævne mellemrum at få vand i kælderen, så der var behov for at udvide kapaciteten lokalt i afløbssystemet. Den eksisterende ledning var relativ ny, men vejbelægningen var slidt og krævende en udskiftning. Løsningen blev bortgravning af eksisterende vejkasse og anlæg af permeabel belægning med en vejkasse der tillader opmagasinering af regnvand forud for infiltration. Vejen skal sikre opretholdelse af eksisterende serviceniveau (10 års gentagelsesperiode). Vejen tjener desuden som et pilotprojekt ift. at gøre erfaringer med nye teknologier.
<b>Projekt</b>	Den eksisterende vejkasse er gravet væk ned til råjorden, som blev 'ribbet' (fjerne smearing) for at øge nedsivning. Den nye vejkasse er opbygget af 40 cm drænende bærelag samt i alt 8 cm permeabel asfalt. Der er etableret overløbsriste som smalle kantstenriste, der ved kraftige regnskyl kan lede regnvandet direkte ned i bærelaget. På grund af vejens længdefald er der etableret tværgående bentonitmembraner med ca. 20-25 ms mellemrum for at sikre en optimal udnyttelse af magasineringsvolumen i vejassen. Samme membraner er udlagt langs vejassens kant mod fortov, for at sikre at vandet holdes i vejassen. Stikledninger er afproppet med Dantocrude for at vandet ikke løber langs ledningsgrave ind til husene.

	<p>Vejen er anlagt med prøvetagningsbrønde, der desuden giver mulighed for et kig ind i anlægget under overfladen. Overløbsristene forventes ikke at være nødvendige. Det primære formål med disse er at sikre at beboerne er trygge.</p>
<b>Anlæg</b>	<p>De tværgående membraner har fået asfalten til at hæve sig lige over membranen, hvilket ikke er hensigtsmæssigt. Erfaringen fra udlæg af permeabel asfalt er, at manuel udlægning så vidt muligt skal undgås.</p>
<b>Drift</b>	<p>For at gøre erfaringer med driften, herunder opretholdelse af infiltrationsevne, foretager NCC hvert andet år en oprensning af den sydlige side af vejen, mens den nordlige side forbliver uoprenset. Foreløbige test af infiltrationsevnen viser forsat høj infiltrationsevne på hele vejen, uanset om den er oprenset eller ej. Beboerne på vejen har bemærket at tøvand i vinterhalvåret forsvinder hurtigere fra overfladen sammenlignet med omkringliggende veje. Der bruges ingen glatførebekæmpelse.</p> <p>Vejen er opført som vandteknisk anlæg i LER, og der er lavet anvisning til hvordan man skal forholde sig i det tilfælde man søger gravetilladelse.</p>
<b>Økonomi/ finansiering</b>	<p>Samlede anlægsudgifter på 1,3 mio. kr. Til sammenligning var budgettet på etablering af ny større ledning i vejen ca. 1 mio. kr. og et nyt slidlag, som var nødvendigt, ville koste ca. 0,1 mio. Enhedsprisen pr. anlagt m<sup>3</sup> bassinkapacitet er ca. 10.800 kr.</p>
<b>Merværdi</b>	<p>Anlægget bidrager til lokal grundvandsdannelse. Projektet indeholder desuden en del innovation, og infiltrationsevnen dokumenteres forsat hvilket bidrager til teknologiudvikling.</p>
<b>Kontakt</b>	<p>Martin Westerboe Sørensen, VandCenter Syd Tlf.: +45 4080 8454, e-mail: <a href="mailto:mws@vandcenter.dk">mws@vandcenter.dk</a> Michael Brask, NCC Tlf.: +45 2333 2714, e-mail: <a href="mailto:mcb@ncc.dk">mcb@ncc.dk</a></p>
<b>Mere info</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <a href="http://www.laridanmark.dk/agerlandvej-odense/forside/35676">http://www.laridanmark.dk/agerlandvej-odense/forside/35676</a></li> <li>▪ <a href="http://www.vandcenter.dk/nyheder/2014/09-agerlandsvej">http://www.vandcenter.dk/nyheder/2014/09-agerlandsvej</a></li> <li>▪ <a href="https://www.geoteknik.dk/Nyheder/2016/10/14/Vandet-siver-gennem-fynsk-villavej">https://www.geoteknik.dk/Nyheder/2016/10/14/Vandet-siver-gennem-fynsk-villavej</a></li> </ul>

## Bredagervej



<b>Sted</b>	Bredagervej, Tårnby
<b>Anlagt</b>	2017
<b>LAR-elementer</b>	Permeabel befæstelse, opmagasinering
<b>Planlægning</b>	Støttet udviklingsprojekt, der har til formål at udvikle og dokumentere nye LAR-teknikker i samarbejde mellem kommune, forsyning og producenter. Gentagne oversvømmelser i dagligvarebutik var den direkte anledning til anlæg på Bredagervej. Formålet med anlægget er at opmagasinere ekstremregn og rense vejvand, samt gennemføre et byrums-integreret design. Arbejdet startede med en behovsbeskrivelse i 2014 (Fase 1) og siden fulgte en fase med udvikling, projektering, anlæg og drift (Fase 2).
<b>Projekt</b>	Projektet, der er en prototype (AkvaVejen), omfatter 765 m <sup>2</sup> vejareal, der inkluderer parkering og vendeplads. Systemløsningen indbefatter at regnvand infiltrerer gennem permeabel asfalt til et øvre permeabelt bærelag, hvorfra det ledes på en betonitmembran til brønde med mekaniske og kemiske filtre. Hensigten er på sigt at gøre det muligt, at genanvende regnvandet rekreativt, eller lade det infiltrere lokalt. I prototypen ledes regnvandet fra rensebrønde til afløbssystemet, indtil et monitoreringssystem og dialog med embedslægen har påvist, at regnvandet efter filtrering kan benyttes lokalt. Anlægget fungerer derfor hydraulisk foreløbigt som et forsinkelses-element med droslet afløb til eksisterende ledningsnet.
<b>Anlæg</b>	I forbindelse med tolkning af analyseresultater fra vandprøver er der opstået tvivl om, hvorvidt alt regnvand ledes til filtersystemet, og om resultater dermed er repræsentative, og det anbefales fremover at foretage en tæthedsprøvning i forbindelse med anlæg. En anden erfaring er, at adgang til brønde fremover bør placeres udenfor parkeringsområdet (f.eks. på vejareal) for at sikre uhindret adgang.

<b>Drift</b>	Efter anlæg blev der holdt et møde på stedet, hvor projektets partnere gennemgik anlæggets opbygning og funktion til driftsfolk i Tårnby Kommune. Der er udarbejdet en driftsmanual. Driftsudgifter er anslået til ca. 7.000 kr. årligt for vedligehold af belægningen.
<b>Økonomi/ finansiering</b>	Projektets samlede omkostninger var 4,9 mio. kr. hvoraf blot 2,3 mio. kr. ( $\approx 3.000$ kr./m <sup>2</sup> ) er anlægsudgifter og sammenlignelige med projekter der ikke omfatter dokumentation/udviklingsdimensionen. Projektgruppen vurderer, at prisen kan komme ned på 2.300 kr./m <sup>2</sup> ved fremtidige anlæg. I det konkrete projekt er udgiften til et traditionelt rørbassin med samme kapacitet beregnet til 3.200 kr./m <sup>2</sup> . Projektet er finansieret af Klimatilpasningspartnerskabet, som består af Markedsmodningsfonden, Tårnby Kommune, Tårnby Forsyning, København Kommune og HOFOR.
<b>Merværdi</b>	Ambitionen var at inddrage borgere ved at placere filtreringssystemet på privat grund, og dermed muliggøre rekreativ brug af vandet i en lokal boligforening. Men pga. projektets innovative karakter var det uvist, om systemet ville virke efter hensigten, og usikkerhed om de økonomiske konsekvenser ved en evt. senere sløjfning betød, at systemet blev placeret på offentlig vej, hvor det kan forblive. Et mindre areal langs vejen er formgivet i samarbejde mellem beboere og landskabsarkitekt, men (endnu) ikke udført. Projektet omfatter i dag en særlig bemaling på asfalten og infoskilt med QR-kode, hvor man kan se/læse mere om projektet, hvilket skaber lokal opmærksomhed og fokus. Indenfor det tekniske felt inkluderer projektet en del innovation.
<b>Kontakt</b>	Michael Brask, NCC Tlf.: +45 2333 2714, e-mail: <a href="mailto:mcb@ncc.dk">mcb@ncc.dk</a>
<b>Mere info</b>	Projektet er beskrevet i detaljer i 'Fase 2 – Slutrapport' der sammen med 'Drift og vedligeholdelsesmanual' kan downloades via Markedsmodningsfondens hjemmeside: <a href="https://markedsmodningsfonden.dk/klimatilpasningspartnerskabet">https://markedsmodningsfonden.dk/klimatilpasningspartnerskabet</a>



## Bredballe



<b>Sted</b>	Bredballe, Strandvejen ud for nr. 140-142, Tirsbæk, Vejle
<b>Anlagt</b>	2012
<b>LAR-elementer</b>	Vejbede
<b>Planlægning</b>	Problemer med badevandskvaliteten ved Tirsbæk Strand, samt ønsket om at afprøve nye metoder til håndtering af regnafstrømning, førte til samarbejdet mellem Vejle Spildevand og Vejle Kommune om etablering af vejbede. Formålet er at reducere mængden af urensset spildevand, der ledes ud i Vejle Fjord. Bedene er dimensioneret til gældende serviceniveau i området, som er en 5-års hændelse.
<b>Projekt</b>	Projektet består af to aflange vejbede, hvortil der er koblet ca. 800 m <sup>2</sup> vejareal. Jordbunden dræner godt ( $K = 7,5E-7 - 6,8E-5$ m/s) og afstand til grundvandsspejl vurderes til ca. 5 m. Vejen har et længdefald på 60-70 o/oo, og anlægget er derfor opbygget som kaskader, der muliggør sektionsvis opstuvning af afstrømning. Hver af de to vejbede er opbygget i 8 sektioner, hver med 50 cm filterjord beplantet med engelsk græs, guldjordbær og røllike. I nederste bed er der etableret en 6 m dyb infiltrationsbrønd af hensyn til at sikre størst mulig lokal infiltration. Der er etableret overløb fra bede til traditionelt regnvandsbassin nedstrøms.
<b>Anlæg</b>	Test af renseseffektivitet er omtalt i Filterjord – Erfaringer og status i DK 2019.
<b>Drift</b>	Efter anlæg viste test af infiltrationshastigheden i bedene at anlægget kan håndtere en 20-års hændelse. Det forventes dog at kapaciteten med tiden vil falde pga. tilslemning af overfladen som resultat af partikler, der føres ind i bedet og lejrer sig i overfladen.
<b>Økonomi/finansiering</b>	Projektet er finansieret af Vejle Spildevand på vejareal stillet til rådighed af Vejle Kommune. Vejle Spildevand anslår udgiften til

	at være 465 kr. pr. m <sup>2</sup> håndteret opland og 22.150 kr. pr. m <sup>3</sup> etableret magasineringsvolumen.
<b>Merværdi</b>	Vejbedene er anlagt med tanke på at skabe et grønt element på vejen, der tillige virker trafikregulerende ved at indsnævre vejens bredde og skabe en chikane, der får bilister til at sænke farten.
<b>Kontakt</b>	Gitte Bisgaard, Vejle Spildevand Tlf.: +45 7641 3750, e-mail: <a href="mailto:gitbi@vejlespildevand.dk">gitbi@vejlespildevand.dk</a> Peter Duus-Nielsen, Orbicon (rådgiver) Tlf.: +45 2167 9610, e-mail: <a href="mailto:duus@orbicon.dk">duus@orbicon.dk</a>
<b>Mere info</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <a href="http://www.laridanmark.dk/nedsivning-og-rensning-af-vejvand-i-vejle/forside/32544">http://www.laridanmark.dk/nedsivning-og-rensning-af-vejvand-i-vejle/forside/32544</a></li> <li>▪ <a href="http://www.vandibyer.dk/media/1092/notat-om-udviklingen-af-larokonomi.pdf">http://www.vandibyer.dk/media/1092/notat-om-udviklingen-af-larokonomi.pdf</a></li> <li>▪ <a href="https://static-curis.ku.dk/portal/files/235426356/Filterjord_web.pdf">https://static-curis.ku.dk/portal/files/235426356/Filterjord_web.pdf</a></li> <li>▪ <a href="https://projekter.aau.dk/projekter/files/213889696/Speciale_Peter_Overvad_Jensen_FINAL.pdf">https://projekter.aau.dk/projekter/files/213889696/Speciale_Peter_Overvad_Jensen_FINAL.pdf</a></li> <li>▪ Filterjord – Erfaringer og status i DK 2019. <a href="https://static-curis.ku.dk/portal/files/235426356/Filterjord_web.pdf">https://static-curis.ku.dk/portal/files/235426356/Filterjord_web.pdf</a></li> </ul>

### Ved Renden



<b>Sted</b>	Ved renden, Dyssegård
<b>Anlagt</b>	2014
<b>LAR-elementer</b>	Grøft
<b>Planlægning</b>	Da vejen skulle reetableres efter gravearbejde i forbindelse med bassinledning, blev der etableret en grøft med det formål at afvande den lokale vej forud for udledning til lokal recipient. Anlægget er dimensioneret til en 5-års hændelse med klimafaktor 1,5.

<b>Projekt</b>	Projektet omfatter 2500 m <sup>2</sup> vejareal (600 løbende metervej og fortov) hvor regnvand ledes på tværs af fortov og vej til grøft opbygget med 40 cm græsdækket filterjord og 20 cm filtergrus. Under filtergruset er der etableret en membran, der sikrer tørholdelse af vejkasse og længst mulig opholdstid før vandet løber mod Søborghusrenden gennem grøftens side. Et dræn i filtergrus koblet til sandfangsbrønd med udløb til Søborghusrenden sikrer dræning af grøften, og at kapaciteten dermed opretholdes.
<b>Anlæg</b>	
<b>Drift</b>	Fra anlæg og frem til 2016 er der løbende udtaget prøver af filterjorden, og lavet målinger af vandkvaliteten efter regnvandet har gennemstrømmet filterjorden. Resultaterne viser en god renseseffekt.
<b>Økonomi/finansiering</b>	Projektet er finansieret af Nordvand.
<b>Merværdi</b>	Anlægget bidrager til en naturlig afstrømning og grundvandsdannelse.
<b>Kontakt</b>	Thomas H Larsen, Orbicon Tlf.: +45 2159 8156, e-mail: <a href="mailto:thla@orbicon.dk">thla@orbicon.dk</a>
<b>Mere info</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <a href="http://www.laridanmark.dk/nedsivning-og-rensning-af-vejvand-i-vejle/forside/32544">http://www.laridanmark.dk/nedsivning-og-rensning-af-vejvand-i-vejle/forside/32544</a></li> </ul>

### Helenevej



<b>Sted</b>	Helenevej, Frederiksberg
<b>Anlagt</b>	2014
<b>LAR-elementer</b>	Permeabel befæstelse, opmagasinering
<b>Planlægning</b>	Den private fællesvej, der betjener syv ejendomme, var i dårlig tilstand og fik påbud om udbedring. Da området har været præget af gentagne oversvømmelser som følge af ekstrem regn, overtog Frederiksberg Kommune vejen og ombyggede

	den til permeabel belægning med magasinering i vejassen. Beboerne bidrog med hvad der svarer til estimeret udgift på udbedring. Der var ingen afvanding af vejen i området, der er fælleskloakeret. Den nye vej er dimensioneret til ekstremregn med et overløb til afløbssystemet.
<b>Projekt</b>	Vejen (ca. 600 m <sup>2</sup> ) er anlagt med betonlåsesten med infiltration gennem fuger og afretningslag til et drænende bærelag med en lagtykkelse på 40 cm. Vejen har et længdefald på ca. 60 cm (10 ‰), og ønsket om at udnytte vejassens opmagasineringskapacitet bedst muligt, førte til etablering af tværgående membraner for hver ca. 20 m, hvorved vejen er opdelt i fem selvstændige sektioner. Membranerne er opbygget af Dantocrude, der er ført op til afretningslaget. På den måde er bærelaget delt op i 5 underjordiske bassiner. Samme materiale er anvendt omkring forsyningsledninger ved stikledninger til de enkelte ejendomme.
<b>Anlæg</b>	I forbindelse med bortgravning af eksisterende vejbelægning og vejkasse blev der udtaget prøver på planum for at sikre at infiltration sker gennem ren jord. For en af sektionerne måtte der udgraves endnu 20 cm før jorden var ren.
<b>Drift</b>	Vejen fejes lejlighedsvist med en fejmaskine og der foretages beskæring af overhængende grene af hensyn til at bevare et frirumsprofil. Belægningens infiltrationsevne er dokumenteret ved test i 2014 og 2015, der begge år viste en infiltrationsevne på 1200-1300 mm/t. Materialet der var brugt til tværgående membraner, har løftet belægningen, og i 2017 blev belægningen umiddelbart over membraner lagt om (i niveau), og der har ikke siden været problemer. I samme forbindelse blev fugematerialet udskiftet på hele vejbelægningen.
<b>Økonomi/finansiering</b>	920.000 kr. Finansieringen er afholdt af Frederiksberg Forsyning med bidrag fra beboere.
<b>Merværdi</b>	Projektet bidrager til lokal grundvandsdannelse.
<b>Kontakt</b>	Helle Rye Westphall, Frederiksberg Forsyning A/S Tlf.: +45 3818 5325, e-mail: <a href="mailto:hrw@frb-forsyning.dk">hrw@frb-forsyning.dk</a>
<b>Mere info</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <a href="http://www.laridanmark.dk/nedsivning-af-vejevand-paa-helenevej-frederiksberg/forside/35253">http://www.laridanmark.dk/nedsivning-af-vejevand-paa-helenevej-frederiksberg/forside/35253</a></li> <li>▪ <a href="https://www.danskbeton.dk/klimasikring/helenevej/">https://www.danskbeton.dk/klimasikring/helenevej/</a></li> <li>▪ <a href="http://asp.vejtid.dk/Artikler/2014/12/7983.pdf">http://asp.vejtid.dk/Artikler/2014/12/7983.pdf</a></li> </ul>

## Køge Vandværk (KLAR)

<b>Sted</b>	Køge Vandværk, 4600, Køge Kommune
<b>Anlagt</b>	Nyanlagt i 2017 i forbindelse med byggeriet af det nye vandværk.
<b>LAR-elementer</b>	Permeabel belægning uden nedsivning
<b>Planlægning</b>	LAR-projektet blev udarbejdet som en del af afvandingsprojektet for det nye vandværk til KLAR forsyning. Løsningen blev valgt på baggrund af bygherrens ønske om at håndtere store dele af afvandingen inden for matriklen. Planen var at infiltrere regnvand på grunden, men da geotekniske undersøgelser viste dårlig infiltrationsevne, blev anlægget ændret så det udelukkende fungerer som et forsinkelsesbassin.
<b>Projekt</b>	LAR-anlægget er etableret på en tidligere ubebygget matrikel.  Parkeringspladsen er etableret med permeabel asfalt på adgangsveje og vendearealer og parkeringsbåserne er anlagt med græsarmering. Parkeringsbåserne har fald mod asfalten. I bunden af befæstelsen er der lagt topslidsede drænledninger som leder infiltreret regnvand videre til ledning, der i sidste ende ledes til rensning i fælleskloaksystemet. Der er sat en række spulebrønde til rensning af drænledningerne.  For at sikre tilbageholdelse og jævn udledning blev der anlagt en vandbremse i tilslutningsbrønden inden udløbet til det resterende afvandingssystem. Tilslutningsbrønden blev anlagt med overløb ved regnhændelser med en gentagelsesperiode større en 5 år.  Parkeringspladsen er ca. 1.500m <sup>2</sup> stor, og tilbageholdelsen foregår i poreluftvoluminet af stabilgruslaget og bundsikringslaget, som blev udført i et åbent graderet materiale.
<b>Anlæg</b>	Geotekniske forundersøgelser med permeabilitetsundersøgelser viste, at undergrunden er lerjord med dårlig

	<p>infiltrationsevne, hvorfor LAR-anlægget blev re-designet med tanke på tilbageholdelse frem for infiltration.</p> <p>Udløbet til det resterende regnvandssystem bliver styret med en vandbremse. LAR-anlægget er anlagt med et overløb i tilfælde af regnhændelser med en gentagelsesperiode på over 5 år.</p>
<b>Drift</b>	<p>Brugerne af parkeringspladsen oplever ikke gener ved brugen af LAR-anlægget. Der er endnu ikke indtruffet en regnhændelse, der har givet anledning til stuvninger i systemet, som har nået overfladen på parkeringspladsen.</p> <p>Den permeable asfalt er blevet driftet og oprenset en gang om året siden anlæg.</p>
<b>Merværdi</b>	<p>Planen var at regnvandet fra LAR-anlægget skulle benyttes ved en udendørs vandlegeplads ved vandværksbygningen, men pga. terrænforholdene blev det droppet undervejs.</p>
<b>Økonomi/ finansiering</b>	<p>Parkeringspladsen blev anlagt som en del af KLAR Forsynings nye vandværk. Det anslås at omkostningerne var på 2.0 mio. kr.</p>
<b>Kontakt</b>	<p>KLAR Forsyning Vasebækvej 40 <a href="mailto:Klar@klarforsyning.dk">Klar@klarforsyning.dk</a></p>
<b>Mere info</b>	<p>Køge Kommune, Torvet 1 4600 Køge Miljøafdelingen</p>

### Langelinie



<b>Sted</b>	Langelinie, Odense
<b>Anlagt</b>	2018

<b>LAR-elementer</b>	Vejbede
<b>Planlægning</b>	Vejene var nedslidte og skulle i forvejen renoveres.
<b>Projekt</b>	<p>Projektet omfatter 1,3 km<sup>2</sup> vejareal, hvor der er etableret 32 vejbede med et samlet areal på 576 m<sup>2</sup>.</p> <p>I hvert bed er anlagt en vandreende i cortenstål fra indløb og på tværs af bedet, for at fordele vandet jævnt og dermed udnytte rensningen gennem filterjord maksimalt. Flere af vejbedene er forsynet med overløb fra de underliggende faskiner til ledningsgraven under vejen. Det er en løsning, der er brugt de steder hvor nedsivningen er dårlig, som et billigt og effektivt alternativ til anlæggelse af flere regnvandskassetter eller permeable bærelag. Vejbedene fungerer som hensigtsmæssige trafikchikaner, der hjælper til at overholde den nye fartdæmpning på 30 km/t.</p>
<b>Anlæg</b>	
<b>Drift</b>	
<b>Økonomi/finansiering</b>	
<b>Merværdi</b>	
<b>Kontakt</b>	<p>Per Hallager, Vandcenter Syd          E-mail: <a href="mailto:ph@vandcenter.dk">ph@vandcenter.dk</a></p>
<b>Mere info</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <a href="http://www.vandcenter.dk/her-arbejder-vi/langelinie">http://www.vandcenter.dk/her-arbejder-vi/langelinie</a></li> <li>▪ <a href="https://www.envidan.dk/cases/klimasikring-af-langelinie">https://www.envidan.dk/cases/klimasikring-af-langelinie</a></li> <li>▪ <a href="https://ign.ku.dk/efteruddannelse-kurser/kurser-temadage-og-konferencer/afholdte-konferencer/2017/planter-i-klimatilpasningen/Optimering_af_kosystemtjenester_Langelinie_12102017.pdf">https://ign.ku.dk/efteruddannelse-kurser/kurser-temadage-og-konferencer/afholdte-konferencer/2017/planter-i-klimatilpasningen/Optimering_af_kosystemtjenester_Langelinie_12102017.pdf</a></li> </ul>

### Lindevangen



<b>Sted</b>	Lindevangen, 2660 Brøndby Strand
<b>Anlagt</b>	Færdiganlagt 2011 ved ombygning af eksisterende vej.
<b>LAR-elementer</b>	Vejbede med faskine.

<b>Planlægning</b>	Projektet er et tidligt udviklingsprojekt med fokus på at tilvejebringe erfaringer og tilvejebringe dokumentation, samt udforske mulige synergieffekter i relation til trafik og forskønnelse. Foruden vejbedene er der anlagt forskellige LAR-løsninger i 16 private haver. Vejbedene er dimensioneret til en 3-års hændelse med klimafaktor (1,5). Projektgruppen vurderede dog efterfølgende, at anlægget formentlig har en kapacitet svarende til en 10-års regn.
<b>Projekt</b>	Projektet omfatter 6 vejbede, hver ca. 16 m <sup>2</sup> med et magasineringsvolumen på 112 m <sup>3</sup> , hvortil der er koblet et opland på 2.400 m <sup>2</sup> (vejareal). Bedene er beplantet med græsser, stauder og mindre buske i filterjord med underliggende faskinekassette, hvorfra vandet infiltrerer lokalt. Ved regnhændelser større end bedenes kapacitet ledes regnvand langs kantsten til udvalgt vejrist, der fortsat er koblet på det eksisterende afløbssystem.
<b>Anlæg</b>	BiV-notat (link nedenfor) opsummerer en del praktiske erfaringer fra anlægsfasen, bl.a. udfordringen med at føre vand frem til vejbed på tværs af traditionelt profileret vej med pilehøjde i tilpas terrænnær højde til at fordele vandet over filterjordsoverfladen. I forbindelse med anlæg blev der foretaget nedsivningstest ved fem ejendomme, der viste stor variation med et gennemsnit på $K = 3,26E-6$ m/s. Grundvand 2,5 m under terræn.
<b>Drift</b>	BiV-notat (link nedenfor) opsummerer en del praktiske erfaringer fra driften og indbefatter bl.a. forslag til bedre sedimentfang ved indløb i bed (forbassin) af hensyn til efterfølgende drift. I 2015 opsummeres driftsudgifterne til at udgøre 15.000 kr. ekskl. moms/årligt i etableringsfasen (1-2 år) og 6.000 kr. ekskl. moms/årligt efterfølgende for de seks bede. Arbejdet omfatter lugning/beskæring og oprensning af 'forbassin' 2-3 gange årligt.
<b>Merværdi</b>	Beboerne har medvirket aktivt i valg af planter til vejbede og til valg og udformning af regnvandsløsninger i egne haver. Bede er placeret så de virker som chikaner og hastigheden er ved påbud sænket til 30 km/t.
<b>Økonomi/finansiering</b>	Udviklingsprojekt finansieret af Brøndby Kommune, Brøndby Kloakforsyning (nu del af Hofor) m.fl. Anlægsomkostningerne er opgjort til ca. 1 mio. kr.
<b>Kontakt</b>	?
<b>Mere info</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <a href="http://www.laridanmark.dk/vejbede-paa-lindevang-i-broendby/forside/32848">http://www.laridanmark.dk/vejbede-paa-lindevang-i-broendby/forside/32848</a></li> </ul> Konstruktionsprincip og erfaringer fra drift og monitorering: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <a href="https://www.teknologisk.dk/_/media/63060_BiV-notat%2010%20Erfaringsopsamling%20for%20alle%20Byer%20i%20Vandbalance%20projekter.pdf">https://www.teknologisk.dk/_/media/63060_BiV-notat%2010%20Erfaringsopsamling%20for%20alle%20Byer%20i%20Vandbalance%20projekter.pdf</a></li> </ul>



## Porskjærvej



<b>Sted</b>	Porskjærvej mellem Toftevej og Grønnevej, 8464 Galten
<b>Anlagt</b>	2016 ved ombygning af eksisterende vej
<b>LAR-elementer</b>	Permeabel belægning
<b>Planlægning</b>	I et lavtbeliggende boligområde med stor risiko for oversvømmelser er eksisterende asfalt på kørebanen udskiftet med permeabel asfalt anlagt på en dyb vejkasse til opmagasinering af regnvand. Sammen med en nyetableret vådbassingør projektet det muligt at forsinke ekstremregn så oversvømmelser undgås. Området er separatkloakeret.
<b>Projekt</b>	<p>På den lavest beliggende del af Porskærvej er ca. 185 løbende m vejbelægning og vejkasse bortgravet og udskiftet med en vejkasse med et permeabelt bærelag med en tykkelse på 120 cm, hvorpå der er udlagt permeabelt asfalt. Området er med særlige drikkevandsinteresser og der er derfor udlagt en membran langs vejkassens bund og sider og et bunddræn leder regnvand til en regnvandssø.</p> <p>Regnvand fra den ikke ombyggede del af Porskærvej ledes på overfladen til den permeable del.</p> <p>Den ombyggede vejkasse giver mulighed for opmagasinering af ca. 400 m<sup>3</sup> regnvand og bassinet ca. 1000 m<sup>3</sup>.</p>
<b>Drift</b>	Den permeable asfalt er oprenset to gange siden anlæg. Test af infiltrationsevnen i 2016 (kort efter anlæg) viste meget høj infiltrationsevne (hastighed: 3 sek. målt med Beckers apparat).
<b>Kontakt</b>	Torsten Schriver Niewald, Skanderborg Forsyning E-mail: <a href="mailto:tsn@skanderborgforsyning.dk">tsn@skanderborgforsyning.dk</a>
<b>Mere info</b>	<a href="http://www.laridanmark.dk/porskjaervej-galten-skybrudsvej/forside/38981">http://www.laridanmark.dk/porskjaervej-galten-skybrudsvej/forside/38981</a>

## Rugvænget



<b>Sted</b>	Rugvænget, Majsvænget, Hvedevænget og Bygvænget, Hjørring
<b>Anlagt</b>	2018
<b>LAR-elementer</b>	Vandrende
<b>Planlægning</b>	
<b>Projekt</b>	<p>820 m vej<sup>2)</sup> x 4,5 m bred = 3.690 m<sup>2</sup> vejareal + overløb fra lodsejerne efter en T=5.</p> <p>Samlet opland på 7,2 ha, hvoraf 0,8 ha er vejanlæg. Vejen er anlagt på ny med 25 % fald mod midten af vejen, hvor vandet samles og 75 % (0,6 ha) ledes til en naturlig lavning, der fungerer som et tørbassin, mens de 25 % ledes gennem en nyanlagt grøft. Fra både bassin og grøft er der overløb til et engareal, hvorfra vandet selv finder ned til en eksisterende sø<sup>5)</sup>. Den eksisterende sø har et yderligere volumen på 1.800 m<sup>3</sup> ved stuvning på 1 m, som vandet kan stige inden det oversvømmer omkringliggende stiforløb.</p> <p>En præmis for projektet har været at alle lodsejerne på vejen skulle håndtere regnafstrømning (minimum en 5-års hændelse) lokalt på egen grund, hvilket de omkring 60 ejere skulle blive enig om. De har i forbindelse med regnvandhåndteringen fået tilbagebetalt en del af tilslutningsbidraget. De har desuden fået lov til at lave overløb til vejen, hvilket øger serviceniveauet på vejen, da kloakken ellers kun vil have et serviceniveau på en 5-års hændelse.</p>
<b>Drift</b>	Der udføres ikke kommunal glatførebekæmpelse på vejene.
<b>Økonomi/finansiering</b>	

<b>Kontakt</b>	Søren Kromann Mandrup, Hjørring Kommune E-mail: <a href="mailto:skm@hjoerring.dk">skm@hjoerring.dk</a>
<b>Mere info</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <a href="https://vendelboposten.dk/nyheder/fremtidens-villavej-bjergby-viser-vejen/eccb2233-f812-4892-8057-f912735a83d9">https://vendelboposten.dk/nyheder/fremtidens-villavej-bjergby-viser-vejen/eccb2233-f812-4892-8057-f912735a83d9</a></li> <li>▪ <a href="https://www.tv2nord.dk/artikel/bjergbys-borgere-har-selv-designet-her-er-fremtidens-villavej">https://www.tv2nord.dk/artikel/bjergbys-borgere-har-selv-designet-her-er-fremtidens-villavej</a> <a href="http://asp.vejtid.dk/Artikler/2018/09/9064.pdf">http://asp.vejtid.dk/Artikler/2018/09/9064.pdf</a></li> </ul>

### Søndergade



<b>Sted</b>	Søndergade fra Grønnegade til Smedegade, 5500 Middelfart
<b>Anlagt</b>	2016
<b>LAR-elementer</b>	Vandrende/kanal
<b>Planlægning</b>	
<b>Projekt</b>	<p>Vejen er anlagt med ensidigt fald på vejprofilen mod det nordlige fortov, hvor der er anlagt en kanal i beton, der indgår i fortovet som en kantstensløsning, der fungerer som et transportelement. Det er en lille tæt gade i indre by, så vandet fra de tilstødende huse løber også ud på terræn og ned i regnvandsløsningerne. Vandet der kommer fra de nordlige huse, løber i vandrender på tværs af fortovet, mens vand fra sydsiden ledes ud på kørebanen og videre til kanalen gennem små huller i "kantstenen".</p> <p>Kanalen er opbygget af et betonelement med cortenståldele, der enten lukker kanalen som et låg, skaber en øvre lille rende eller hænger med regnbede i toppen af kanalen.</p> <p>Søndergade er en del af projektet "Vandvejen".</p>
<b>Drift</b>	
<b>Økonomi/</b>	2 mio. kr. i anlægsbudget og ca. 9 mio. i udviklingsbudget.

---

## finansiering

---

### Kontakt

Pernille Svane, Middelfart Spildevandscenter  
Tlf: +45 8888 4880/+45 3033 5344, e-mail:  
[PSV@middelfartspildevand.dk](mailto:PSV@middelfartspildevand.dk)  
Simon Toft Ingertsen, Envidan  
Tlf: +45 4063 0300, e-mail: [sti@envidan.dk](mailto:sti@envidan.dk)  
Lars Ladehoff, Colas  
Tlf.: +45 4034 6564, E-mail: [ll@colas.dk](mailto:ll@colas.dk)

### Mere info

- <http://www.laridanmark.dk/afkobling-af-vejvand-i-soendergade-i-middelfart/forside/37459>
  - <https://www.vandvejen.org/sondergade>
  - <https://www.envidan.dk/cases/vandvejen-i-middelfart>
  - <https://www.colas.dk/vi-tilbyder/innovation-og-udvikling/klimatilpasning-med-vandvejen/>
- 

## Viekær



### Sted

Viekær, 2950 Vedbæk, Rudersdal Kommune

### Anlagt

Færdiganlagt 2015 ved ombygning af eksisterende vej.

### LAR-elementer

Grøft og vejbed med faskine.

### Planlægning

Projektet er ét blandt flere i området, der er etableret for at mindske antallet af de tilfælde, hvor urensset spildevand løber i Maglemoserenden pga. kapacitetsproblemer i fælleskloak-systemet. Løsningen blev valgt frem for konventionel løsning med rørmagasin pga. lavere anlægsomkostninger. Projektet er planlagt som fuld afkobling, og anlægget er dimensioneret til ekstremregn (100-års hændelse).

### Projekt

Projektet er etableret ved at sløjfe fortovet i den ene side af vejen og erstatte dette med en lang grøft blot afbrudt af udkørsler til private grunde, hvilket reelt opdeler grøften i 19 regnbede. Ud fra en kortlægning af oplandet til de enkelte vejbede er flere af vejbedene forbundet via rør under private udkørsler. Der er enkelte steder etableret Irish Crossing for at

---

lede vand fra vejens modsatte side til vejbedene og en enkel vejbrønd er bibeholdt hvorfra vandet ledes til vejbed. For en omtale af Irish Crossing henvises til BiV-Notat 1, 2015.

Projektet omfatter 350 lbm vej med et areal på ca. 3.900 m<sup>2</sup> der afvendes til ca. 440 m<sup>2</sup> vejbede.

Bedene er ca. 35 cm dybe, foret med filterjord hvorunder der er anlagt faskine af plastkassetter.

I projekteringsfasen blev beboere tilbudt at få indflydelse på beplantningen i grøften ud for deres matrikel mod at overtage driften. Tre beboere tog mod tilbuddet, og de har ladet det indgå som en del af deres forhave ved at sløjfe hækken. Ud for de øvrige matrikler blev der sået naturgræs.

---

**Anlæg**

Der blev gennemført en geoteknisk forundersøgelse med tre prøver på Viekær og nærtliggende Holmebjerg, hvor der samtidigt blev gennemført et projekt. Infiltrationsevnen blev bestemt til  $K=8,5E-5 - 9,3E-6$  m/s. I forbindelse med anlægsarbejdet blev det vurderet, at infiltrationsevnen nok var noget mindre mellem prøvesteder, og enkelte steder blev en planlagt singels-opbygget faskine ændret til plastkassetter/kombifaskiner.

---

**Drift**

I den meget regnfulde vinter kort efter anlæg var der periodevist blankt vand på de lavest liggende dele af kørebanen. Efter en periode med monitorering af nedbør, grundvandsspejl og vandstand hhv. i grøft og faskine i to berørte vejbede blev det ene vejbed ombygget ved etablering af to singels-fyldte 'skorstene'. Formålet hermed var at gennembryde et vandstandsende jordlag og dermed forbedre bedets kapacitet gennem bedre afdræningsevne. Denne løsning blev etableret august 2016 og siden er der ikke rapport om vand på kørebanen. Singels-skorstenen fungerer som det lodrette overløbsrør beskrevet under vejbede i kapitel 4.

Beboerne har ikke været tilfredse med det 'vilde udtryk' i vejbedene, og i efteråret 2018 blev græsset udskiftet med bunddækkende buske så som bærmispel og krybende pil. Fra bedets kant og mod matrikelskel holdes græsset kort med jævnlige klipning. Pga. beplantningsudskiftningen foretages der stadig etableringsdrift med ekstra beskæring og ukrudtsbekæmpelse. Målet er drift som sammenlignelige busk og græsarealer i kommunen, samt dertil renhold af indløb til bede og spuling af faskinekassetter.

---

**Økonomi/  
finansiering**

Er et medfinansieringsprojekt på ca. 2,9 mio. kr., hvoraf 2,4 mio.kr. er forsyningens andel.

---

**Kontakt**

Jesper Hesselholdt, Rudersdal Kommune  
Tlf +45 7268 2351, e-mail: [jesh@rudersdal.dk](mailto:jesh@rudersdal.dk)

---

**Mere info**

Projektmateriale, driftsdokumenter mm. kan downloades:

- <http://www.laridanmark.dk/lar-i-rudersdal-kommune/om-ideen/37541,2>



## 8 Fotos og illustrationer

Københavns Universitet, Jan Støvring: Side 63

Københavns Universitet, Jasmina Gabriel: Side 54, 56, 58, 60, 76, 65, 68, 69, 70, 71

Teknologisk Institut, Rørcenteranvisning 026: Side 7, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 34, 35, 38, 39, 40, 41, 41, 49, 52

Figur 1: Oversigt over projektets metodetilgang .....	6
Figur 2. Afstrømningshydrograf for en by (fuldt optrukken linje) før urbanisering (stiplet linje) samt efter introduktion af LAR (rød linje). Regnen, der er blå, starter til tiden 0. Kurverne viser, hvor hurtigt regnen, der lander på overfladerne, afstrømmer fra området (kurvens stejlehed og peak), mens arealet under kurverne viser det samlede volumen (Teknologisk Institut, 2018).....	7
Figur 3. Eksempel på blue-spot kort .....	13
Figur 4. Opbygningen af en faskine .....	25
Figur 5. Afhængigt af design kan grøfter primært være et transportelement (stort fald, lille tværsnitsareal), eller både et transport- og et nedsivningselement (lille fald, så opholdstid bliver lang og med et vist magasin) .....	25
Figur 6. Med tværskot i en grøft kan magasinvolumen og dermed nedsivning øges. ....	26
Figur 7. Et vejbed med underliggende faskine.....	27
Figur 8. Billeder fra udførelse af et vejbed .....	28
Figur 9. Både selve belægningen og bærelaget skal være permeabelt, når der etableres permeable belægninger. Til venstre ses principskitse. Sætt materialet betegnes også afretningslag. Eventuelt drænrør kan placeres på bunden, eller i en vis højde. Til højre ses en permeabel belægning under opbygning. Bærelag af skærver, afretningslag af grus, og betonsten med permeable fuger.....	29
Figur 10. Forskellige typer permeable belægninger.....	30
Figur 11. Principskitse af et vådt regnvandsbassin. ....	31
Figur 13. Mindre bassin udført af plastkassetter .....	32
Figur 13. Illustration af 3-punktsmetoden, der repræsenterer de overvejelser, der er forbundet med valg af dimensionsgivende regn. (Hvor på linjen skal punktet B lægges, Teknologisk Institut, 2018). ....	35
Figur 14. Klimafaktorens størrelse ved forskellige levetider af et anlæg og forskellige overbelastningshyppigheder (gentagelsesperiode). ....	36
Figur 15. Dimensionering af faskine. Resultaterne af beregningen faskine til vejafvanding er markeret med stiplet rød.....	39
Figur 16. Dimensionering af permeabel belægning .....	40
Figur 17. Dimensionering af grøft til afvanding af 250 m <sup>2</sup> vej .....	41
Figur 18. Skitse af vejbed, hvor der ikke regnes med magasinering i det øvre vejbed..	42
Figur 19. Dimensionering af faskine .....	42
Figur 20. Dimensionering af vejbedet over faskinen.....	43
Figur 21. Vejbedet alene kan håndtere 75 m <sup>2</sup> vejareal ved en 10-års hændelse.....	43
Figur 22. Den underliggende faskine skal være 2,4 m lang .....	44

Figur 23. Bassinberegning for forsinkelse af vejvand. Med stiptet grøn er inputdata markeret. Med stiptet rød er resultatet på 31 m <sup>3</sup> samt data fra den dimensionsgivende regn vist.....	45
Figur 24. Bar jord skal kultiveres .....	51
Figur 25. Skylleskader/erosion i et nyanlæg .....	53
Figur 26. Rensning af permeable belægninger med spul/sug.....	54

Tabel 1. Afstandskrav til bygning ved nedsivningsanlæg for regnvand fra SBI-anvisning nr. 256.....	13
Tabel 2. Overblik over kritiske stoffer og stofgrupper, der kan forekomme i regnafstrømning samt deres kilder .....	17
Tabel 3. Oversigt over regnvandsløsninger og deres hydrauliske funktion.....	24
Tabel 4. Standard klimafaktorer jf. SVK29 .....	36
Tabel 5. Oversigt over vedligehold af transportveje.....	50
Tabel 6. Oversigt over vedligehold af faskiner .....	51
Tabel 7. Oversigt over vedligehold af vejbede .....	53
Tabel 8. Oversigt over vedligehold af permeable belægninger.....	55
Tabel 9. Eksempler på klimaveje i Danmark.....	57



## 9 Litteratur

### Relevante websider

[www.laridanmark.dk](http://www.laridanmark.dk)

[www.regnvandskvalitet-abc.teknologisk.dk](http://www.regnvandskvalitet-abc.teknologisk.dk)

[www.separatvand.dk](http://www.separatvand.dk)

[www.klimatilpasning.dk](http://www.klimatilpasning.dk)

[www.vandvejen.org](http://www.vandvejen.org)

[www.klikovand.dk](http://www.klikovand.dk)

### Referencer

BiV-Notat 1. (2015). *Notat om transport af vand på veje*. Byer i Vandbalance. [https://www.teknologisk.dk/\\_/media/61195\\_BiV-notat%201%20Transport%20af%20vand%20p%E5%20veje.pdf](https://www.teknologisk.dk/_/media/61195_BiV-notat%201%20Transport%20af%20vand%20p%E5%20veje.pdf)

Bjørn, M. C. (2019). *Planter til LAR-vejbede skal kunne tåle tørre forhold* (04.03-24; Videnblade Park og Landskab). Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet.

Bjørn, M. C., & Howe, A. G. (2019). *Plantevækst i filterjord* (04.03-19; Videnblade Park og Landskab). Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet.

Bjørn, M. C., Howe, A. G., & Sangill, L. K. (2019). *Forskningsbaseret anvisning i plantevalg, etablering og drift af LAR-vejbede: Optimering af økosystemtjenester og rekreativ merværdi*.

Fletcher, T. D., Shuster, W., Hunt, W. F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., Trowsdale, S., Barraud, S., Semadeni-Davies, A., Bertrand-Krajewski, J.-L., & others. (2015). *SUDS, LID, BMPs, WSUD and more—The evolution and application of terminology surrounding urban drainage*. *Urban Water Journal*, 12(7), 525–542.

Hansen, S. (2016). *Mulighedskatalog for grønne regnvandsløsninger* (p. 24). HOFOR Plan VS - Spildevand. [http://regnruten.dk/wp-content/uploads/2017/10/HOFOR\\_mulighedskatalog\\_version-1A\\_web.pdf](http://regnruten.dk/wp-content/uploads/2017/10/HOFOR_mulighedskatalog_version-1A_web.pdf)

Howe, A. G., & Bjørn, M. C. (2018). *Regnvandshåndtering i vejbede kan understøtte lokal biodiversitet* (Videnblade Park og Landskab). Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet.

Jensen, M. B. (2020). *Erfaringer med sammensætning, effekt og drift af filterjord* (07.03-07; Videnblade Park og Landskab). Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet.

Jensen, M. B., Markussen, H., & Holm, P. E. (2019). *Filterjord - erfaringer og status i DK 2019* (p. 48). Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet.

Jørgensen, K. T. (2016). *Pleje af grønne områder*. Grønt Miljø.

Kjøller, C. P., Kristoffersen, P., Tang, K., Nielsen, J. N., Højholt, M., Himmer, S., Nielsen, J. L., & Bavngaard, J. (2015). *Kvalitetsbeskrivelser for drift af grønne områder 2015*. Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet.  
<https://dag.dk/wp-content/uploads/2017/05/download.pdf>

Liu, L., Fryd, O., Jensen, M. B., Sørup, H. J. D., Arnbjerg-Nielsen, K., Dahl, M. B., & Amlani, K. U. (2019). *Blå skridt mod bæredygtige byer: Vurdering af dansk praksis for klimatilpasning* (IGN Rapport, p. 57). Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet.  
[https://research.ku.dk/search/result/?pure=en/publications/blaa-skridt-mod-baeredygtige-byer-vurdering-af-dansk-praksis-for-klimatilpasning\(fe5c37-38d9-4ab5-a5bd-eaf097a9bad3\).html](https://research.ku.dk/search/result/?pure=en/publications/blaa-skridt-mod-baeredygtige-byer-vurdering-af-dansk-praksis-for-klimatilpasning(fe5c37-38d9-4ab5-a5bd-eaf097a9bad3).html)

Monberg, R. J., Jensen, M. B., & Tvedt, T. (2018). *BioLAR kan øge byens naturkvalitet* (04.03-20; Videnblade Park og Landskab). Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet.

Sørup, H. J. D., Fryd, O., Liu, L., Arnbjerg-Nielsen, K., & Jensen, M. B. (2019). *An SDG-based framework for assessing urban stormwater management systems*. Blue-Green Systems, 1(1), 102–118.

Støvring, J. (2018a). *Bestemmelse af permeable befæstelsers infiltrationsevne* (Videnblade Park og Landskab). Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet.

Støvring, J. (2018b). *Planlægning og design af permeable befæstelser* (09.00-38; Videnblade Park og Landskab). Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet.

Tang, K., & Holgersen, S. (2010). *Normer og vejledning for anlægsgartnerarbejde 2015*. Danske Anlægsgartnere.

Teknologisk Institut. (2018). *LAR-anlæg: Vejledning i projektering, dimensionering, udførelse og drift af* (Vol. 2018).