Notat

Skitseprojekt LAR-vej Strandbakken

Projekt:	Udfærdiget af: Ezra Rémy
Projektnummer:	Dato: 25. maj 2020
Projektleder:	Kontrolleret af:

Til	:	
Fra	:	Ezra Rémy
Bilag	:	
Kopi til	:	

1. Indhold

Indhold

Notat 1
1. Indhold 1
2. Generelt 3
   2.1. Indledning 3
   2.2. Baggrund 4
3. Fysiske forhold 6
   3.1. Området generelt 6
   3.2. Vejmæssige forhold 6
   3.3. Topografi 6
   3.4. Jordbundsforhold 8
      3.4.1. Geoteknik generelt 8
      3.4.2. Geotekniske undersøgelser 9
      3.4.3. Nedsivningspotentiale 11
      3.4.4. Grundvand 11
      3.4.5. Forurening 12
   Afløbssystem 12
   3.5. Øvrige ledninger 13
      3.5.1. Generelt 13
      3.5.2. Vand 13

Sweco
Ørestads Boulevard 41
DK-2300 København S

Telefon +45 72 20 72 07
Fax +45 72 42 89 00
www.sweco.dk

Sweco Danmark A/S
CVR nr. 48233511
Reg. kontor København

Ezra Rémy
Senior Projektleder

ezra.remy@sweco.dk

3.5.3. Fjernvarme 14
4. Øvrige forhold 15
4.1. Myndigheder og naturbeskyttelse 15
4.1.1. Generelt 15
4.1.2. Tilladelser 15
4.2. Grundejerforeningen og øvrige interessenter 15
4.3. Oversvømmelser og strømninger ekstremregn 15
5. Løsninger testanlæg 17
5.1. Generelt 17
5.2. Løsningsplacering 17
5.3. Løsningstyper og dimensionering 18
5.3.1. Generelt vedr. dimensionering 18
5.3.2. Generelt vedr. løsninger 19
5.3.3. Løsning A grøft 20
5.3.4. Løsning B vejbed 20
5.4. Løsninger Strandbakken 107/109 21
5.4.1. Generelt 21
5.4.2. Løsning A grøft 22
5.4.3. Løsning B vejbed 23
5.5. Løsninger Strandbakken 116 og 142 24
5.5.1. Generelt 24
5.5.2. Løsning A grøft 26
5.5.3. Løsning B vejbed 27
5.6. Overslag 28
6. Anbefalinger 29
8. Referencer 30
9. Appendiks: Løsningstype grøft 31
9.1. Generelt 31
9.2. Rensning 34
9.3. Div. tegninger 35
9.4. Referencefoto 41

2. Generelt

2.1. Indledning

Nærværende skitseprojekt er udarbejdet for Kalundborg Forsyning (KF) i samarbejde med Grundejerforeningen Strandbakken, og beskriver potentialet for LAR-anlæg (Lokal Afledning af Regnvand) til håndtering af vejvand ved nedsivning i parcelhusområdet Strandbakken, Kalundborg, samt en beskrivelse af mulige løsninger. Formålet med dette er at reducere tilledning af regnvand til det eksisterende fællessystem, med henblik på klimatilpasning af dette, og derved reducere risikoen for opstuvning og overløb af opblandet spildevand, samt undgå at transportere og rense regnvand, der i stedet kan tilføres grundvandet i lokalområdet. Et andet formål er at medvirke til at skybrudssikre området ifm. med ekstremregn ved at håndtere og forsinke regnvandet steder, hvor det ikke forvolder skader.



Figur 1 Strandbakken

Skitseprojektet beskriver etableringen af 3 - 4 test anlæg på to forskellige lokaliteter i Strandbakken. Ideen er at disse 4 testløsninger kan skaleres således at hele området på sigt kan afkobles, og de erfaringer, der indhøstes ved anlæg og drift af testanlæggene vil således være værdifulde både for grundejerforeningen og i forhold til forsyningens ønske om i større skala at håndtere vej- og tagvand ved LAR-metoder som nedsivning, terrænnær forsinkelse samt rensning og afledning til lokale recipienter.

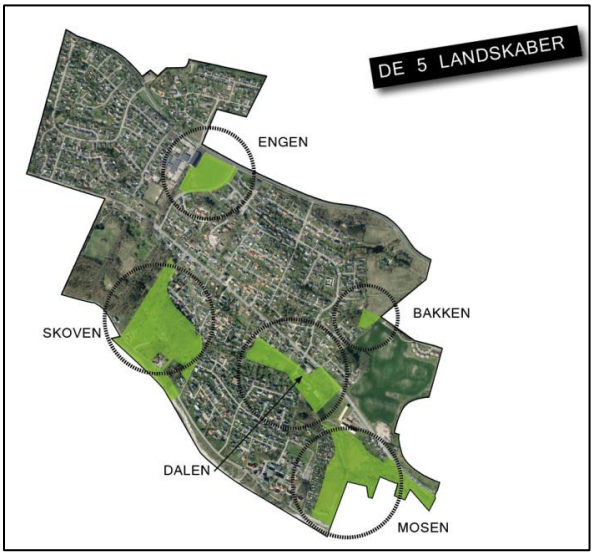
Skitseprojektet er udarbejdet på det foreliggende tilgængelige materiale (hjemmesider, KF´s tidligere udarbejdede projektmateriale, databaser, VA-GIS, Kommunens Web-GIS mv.) samt en besigtigelse. Der er desuden udført nedsivningstests, grundvandspejling og geotekniske undersøgelser ifm. udarbejdelsen (Geoteknik, 2020).



Figur 2 Skærmbillede fra Scalgo. Bygninger og veje Strandbakken, Kalundborg.

2.2. Baggrund

I forbindelse med klimatilpasningsprojektet “De 5 Landskaber” i 2016 udpegedes 5 områder i den nordvestlige del af Kalundborg som løsningsområder for klimatilpasning, hvor 3 af disse tilstøder Strandbakken, se Figur 3. Et af områder disse var ”Dalen”, der grænser op til Strandbakken på den nordlige side, se Figur 4. I projektforløbet blev grundejerforeningen kontaktet mhp. deltagelse i projektet. Der var fra GF opbakning til at indgå i et samarbejde og dialog, og der blev derfor afholdt møder med kommunen omkring disse forhold.



Figur 3 De 5 Landskaber

Klimatilpasningsprojektet blev af forskellige årsager sat i bero i 2017, men Kalundborg Forsyning fastholdt kontakten med GF Strandbakken og i slutningen af 2019 blev der indgået en aftale mellem forsyning og GF omkring udarbejdelse af et mindre projekt for etablering af 2 – 4 LAR-testanlæg på Strandbakken, som beskrives i nærværende notat.



Figur 4 "Dalen" fra De 5 Landskaber, Strandbakken kan ses mod syd

3. Fysiske forhold

3.1. Området generelt

Strandbakken består af et mindre netværk af veje og rummer udelukkende villa/parcelhusbebyggelse, se Figur 5. Der er i området 134 villaer og ca. 2000 m veje. Vejene er privat fællesvej og ejes dermed i fællesskab af områdets beboere organiseret i Grundejerforeningen Strandbakken (GFS).

Eneste tilkørselsmuligheder til området er fra Kystvejen i syd eller Granlystien i vest.

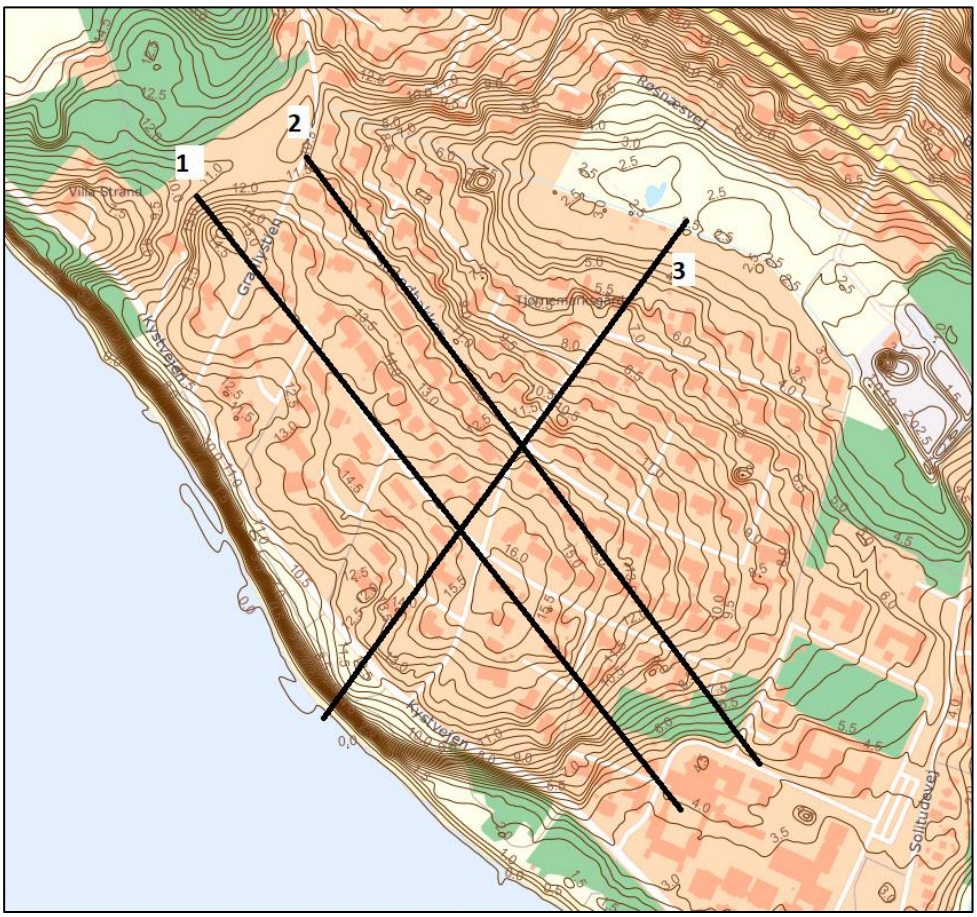


Figur 5 Strandbakken

3.2. Vejmæssige forhold

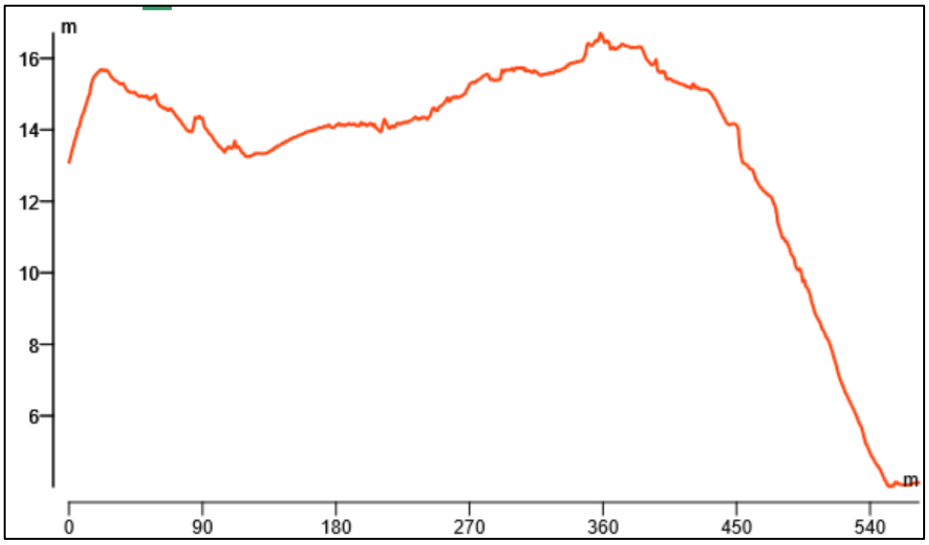
3.3. Topografi

Nedenfor på Figur 7, Figur 8 og Figur 9 ses faldforholdene i Strandbakkenkvarteret. Det bemærkes, at området er ret kuperet, og at det generelt falder ”udad” fra det sydlige toppunkt (16,5 m) og at der er en ”højderyg” mellem dette toppunkt og det mere nordlige toppunkt (15,5 m). Som det ses på figurerne er der tale om ret dramatiske fald mod syd (Kystvejen, stranden) og øst (Kystvejen, Synscenter Refsnæs).

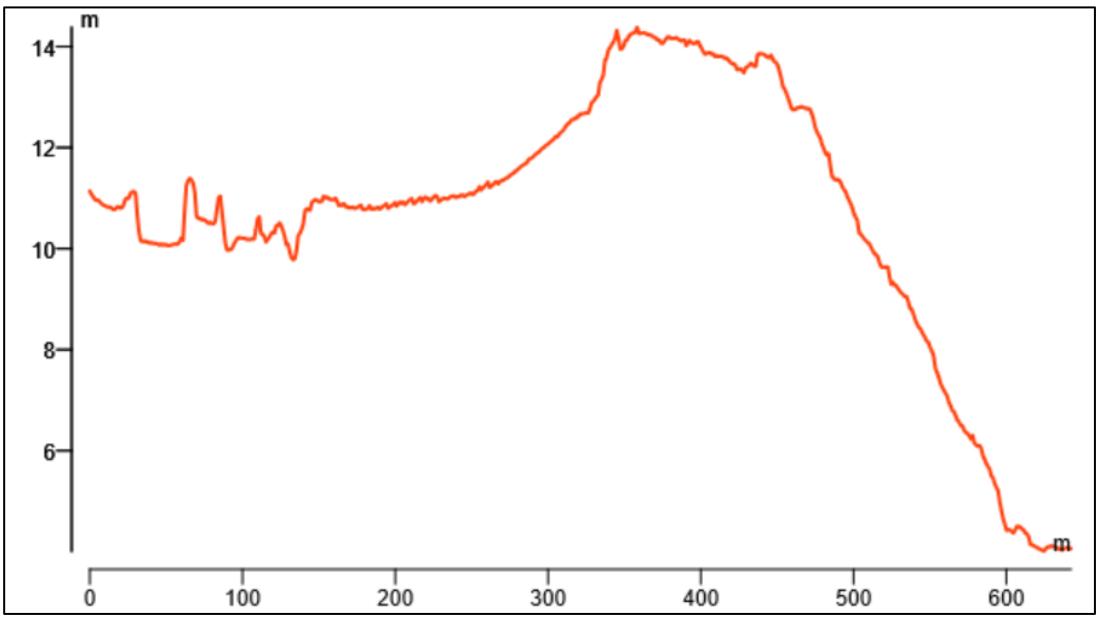


Figur 6 Topografi 0,5 m højdekurver og angivelse af placering af snit

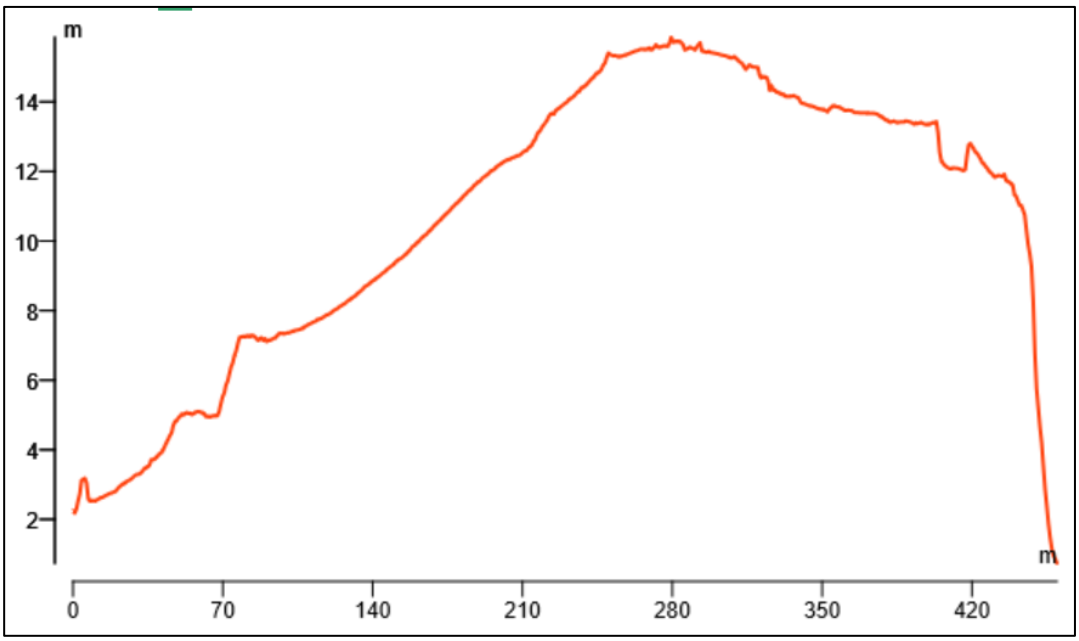
Nedenstående tre figurer viser snit henholdsvis V – Ø (figur 1 og 2) og N – S (figur 3)



Figur 7 Snit 1 (V-Ø)



Figur 8Snit 2 (V-Ø)



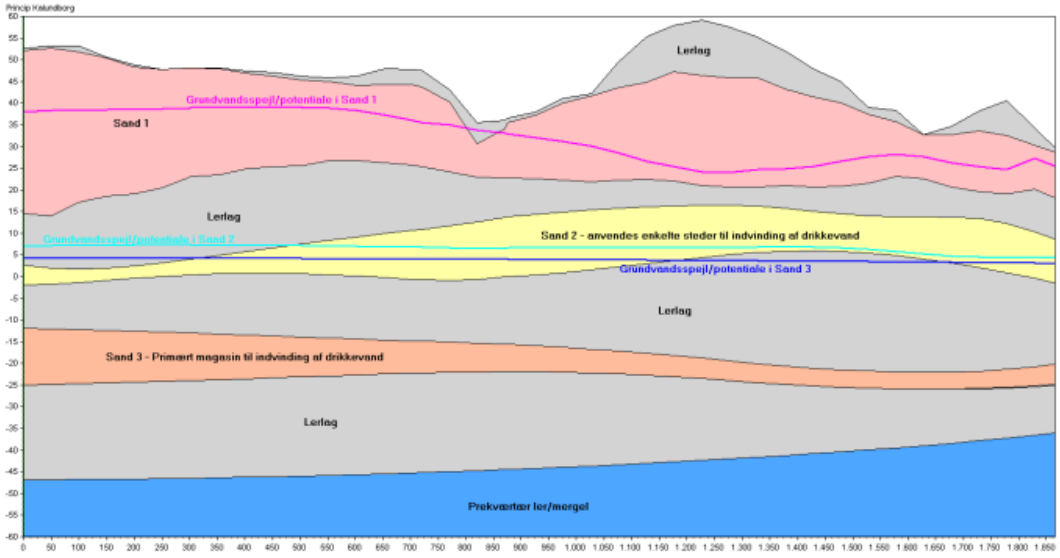
Figur 9 Snit 3 (N-S)

3.4. Jordbundsforhold

3.4.1. Geoteknik generelt

Der er af Rambøll i forbindelse med de 5 Landskaber i år 2016 udført en hydrologisk undersøgelse, hvoraf det fremgår, at områdets geologi er temmelig kompliceret. Undersøgelsen viser, at jordbunden generelt og særlig i dybden består overvejende af sand, der har meget gode nedsivningsegenskaber, men

(desværre) også, at sandlaget er overlejret af forekomster af relativ fed moræneler med mindre gode til relativt dårlige nedsivningsegenskaber. Se Figur 10.



Figur 10 Geologisk snit ved Byens Mose/Strandbakken

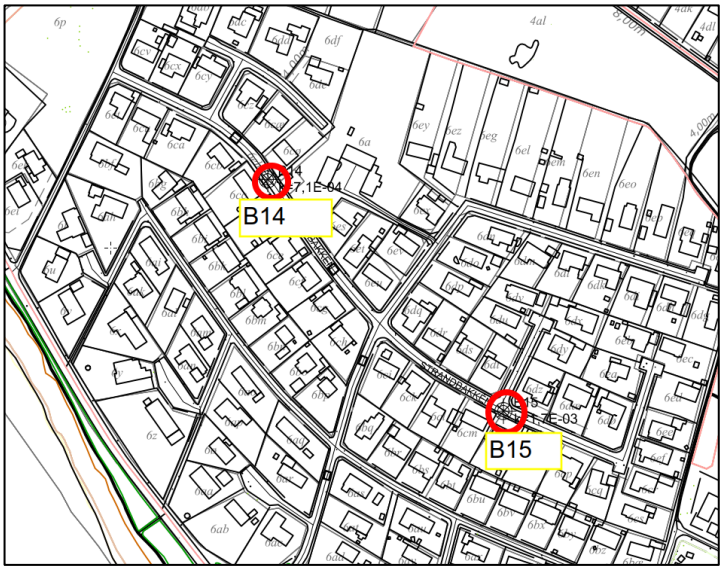
Figur 11 nedenfor viser, at der centralt i Strandbakken-området er mere end 3 m ler over det førstkommende sandlag (vist med mørk brun). Udenom dette et område, hvor der er ml. 1 – 3 m ler over sandlaget (lys/mellembrun) og det resterende område har mindre end 1 m ler over sandlaget (gullig).



Figur 11 Lerforkomst over sandlaget (Rambøll, 2016))

3.4.2. Geotekniske undersøgelser

I forbindelse med projektet de 5 landskaber blev der der i 2015 udført 2 geotekniske boringer (MOE, 2015) (til 2,0 m dybde) og nedsivningstest (i 2,0 m dybde) i Strandbakken-området, B14 og B15. Nedenfor ses boringsplaceringen.



Figur 12 Boringsplaceringer MOE 2015

I forbindelse med udarbejdelse af nærværende skitseprojekt, er der i 2020 ligeledes udført 2 geotekniske boringer (til 4,0 m dybde) i Strandbakken ved de udpegede mulige placeringer for LAR-løsninger og nedsivningstest (i ca. 1,2 m dybde). (Geoteknik, 2020)



Figur 13 Boringsplaceringer Franck 2020

Generelt viser MOE 2015, at der umiddelbart under et fyldlag på ml. 0,5 – 1,5 forefindes rene sandlag, hvorimod Franck 2020 viser et fyld/lerlag på ca. 2 m dybde underlejret af sandlaget.

3.4.3. Nedsivningspotentiale

De to geotekniske undersøgelser og nedsivningstest viser en relativ stor variation i både geologi og hydraulisk ledningsevne. Som beskrevet tidligere, er geologien i området ikke simpel, og placeringen og afstanden til den centrale leransamling er derfor afgørende for jordprøvernes beskaffenhed og dermed også den fundne nedsivningsegnethed. Desuden er boringerne ikke ført til samme dybde og nedsivningstestene foretaget i forskellig dybde - henholdsvis 2,0 m (MOE) hvilket vil sige i sandlaget, hvorimod boringen foretaget i forbindelse med skitseprojektet er udført i 1,2 m dybde, hvilket er mere retvisende i forhold til overfladenedsivning.

De først udførte geotekniske undersøgelser i 2015 (MOE, 2015) viste således, at der er endog meget gode nedsivningsforhold i området. Nedsivningstesten blev som nævnt udført 2,2 m.u.t. - og altså i en dybde, hvor jordbunden hovedsageligt består af sandjord, jf. afsnit 3.4.1.

Nedenstående tabel viser den fundne hydrauliske ledningsevne K:

B14	$7{,}1 \cdot 10^{-4}$
B15	$1{,}7 \cdot 10^{-3}$

Tabel 1 Nedsivningsevne boringer 14 og 15 (MOE, 2015)

Den senere (Geoteknik, 2020) udførte geotekniske undersøgelser viser, at der er middelgode nedsivningsforhold i området, idet nedsivningstesten blev udført 1,2 m.u.t. og altså i en dybde, hvor jordbunden hovedsageligt består af moræneler.

Nedenstående tabel viser den fundne hydrauliske ledningsevne K:

B1	$6{,}7*10^{-6}$
B2	$1{,}2*10^{-5}$

Tabel 2 Nedsivningsevne boringer 1 og 2

	Hydraulisk ledningsevne (m/s)	
Godt	>	1.00E-05
Middel	1.00E-06 til	1.00E-05
Dårlig	<	1.00E-06

Figur 14 Kategorisering af ledningsevne

3.4.4. Grundvand

Der er ikke I seneste udførte boringer (Geoteknik, 2020) ved de påtænkte løsningsplaceringer fundet grundvand, og det vurderes derfor, at grundvandsstanden ikke vil udgøre et problem i forbindelse med etablering af nedsivningsløsninger.

3.4.5. Forurening

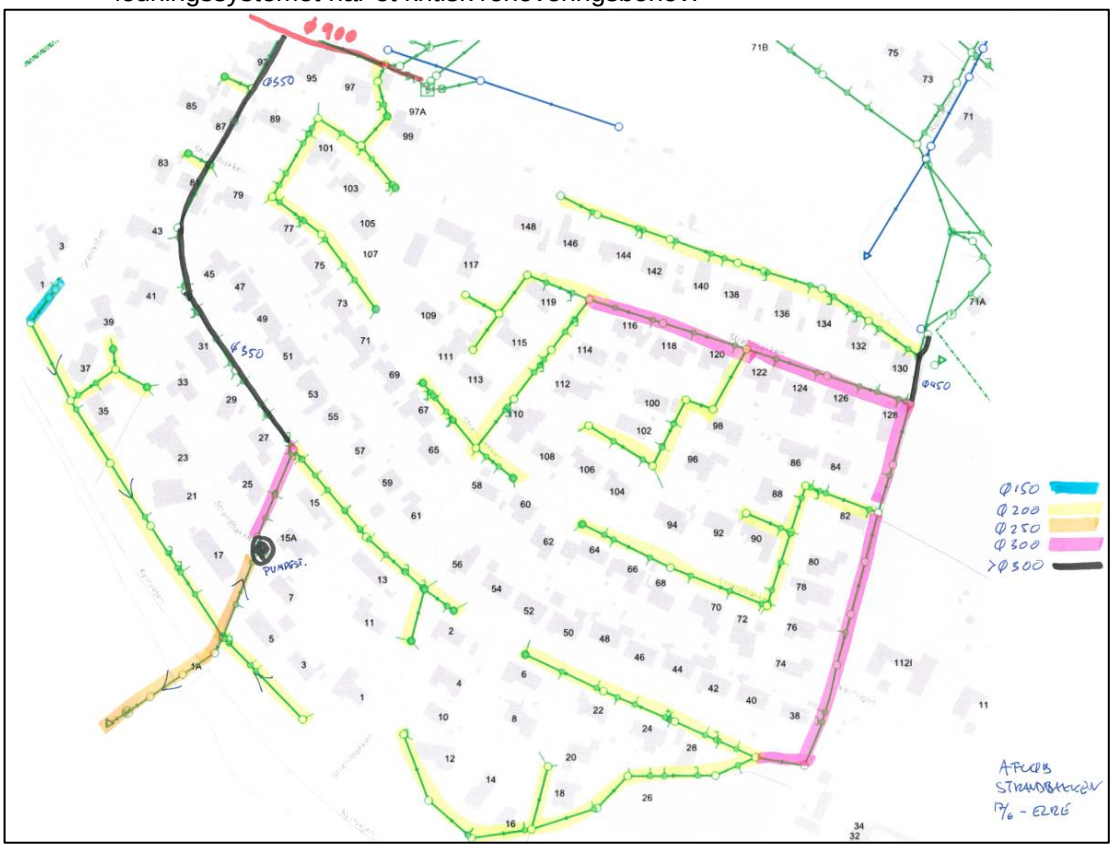
Der er udtaget og analyseret miljøprøver i forbindelse med de geotekniske undersøgelser foretaget i forbindelse med nærværende skitseprojekt (Miljø, 2020). Der er i prøverne, udtaget til analyse, ikke konstateret tegn på kemisk forurening, der overskrider grænseværdierne for kategori 1 (ren jord).

Jorden bliver i henhold til Sjællandsvejledningen klassificeret som klasse 0 jord. De udførte analyser indikerer således ikke, at der skulle være nogen miljømæssige problemer forbundet med overfladejorden.

Afløbssystem

Nedenfor ses eksisterende afløbssystem. Kvarteret er fælleskloakeret og afløbsvandet ledes primært mod nord til afskærende ledning, der leder vandet til rensning på Kalundborg Centralrenseanlæg. De fleste ledninger i kvarteret er af mindre dimension (ø200 bt.). Der er ikke i forbindelse med skitseprojektet udført hydrauliske beregninger eller analyse af eksisterende afløbssystem.

Ledningssystemet er etableret ifm. udstykningen af villaområdet i 1960´erne og er derfor af ældre dato. Der er ikke udført tilstandsvurdering eller analyseret TV-inspektion ifm. skitseprojektet men der er ikke umiddelbare indikationer på at ledningssystemet har et kritisk renoveringsbehov.



Figur 15 Afløbsledninger Strandbakken fra VA-GIS

Nedenfor ses placeringen af nedløbsriste i kvarteret. Løsningerne i skitseprojektet er placeret under hensyn til placeringen af nedløbsriste, og det vurderes ikke hensigtsmæssigt at nedlægge nedløbsbrønde.



Figur 16 Nedløbsriste

3.5. Øvrige ledninger

3.5.1. Generelt

Der er ikke indhentet LER-oplysninger ifm. nærværende skitseprojekt. Nedenstående ledningsoplysninger er hentet på nettet og i KF´s interne database og beskriver således de overordnede ledningsforhold.

I forbindelse med udførelsen af anlægget og en videre detailplanlægning, skal der indhentes oplysninger i LER-registret for placering af el, tele mv.

3.5.2. Vand

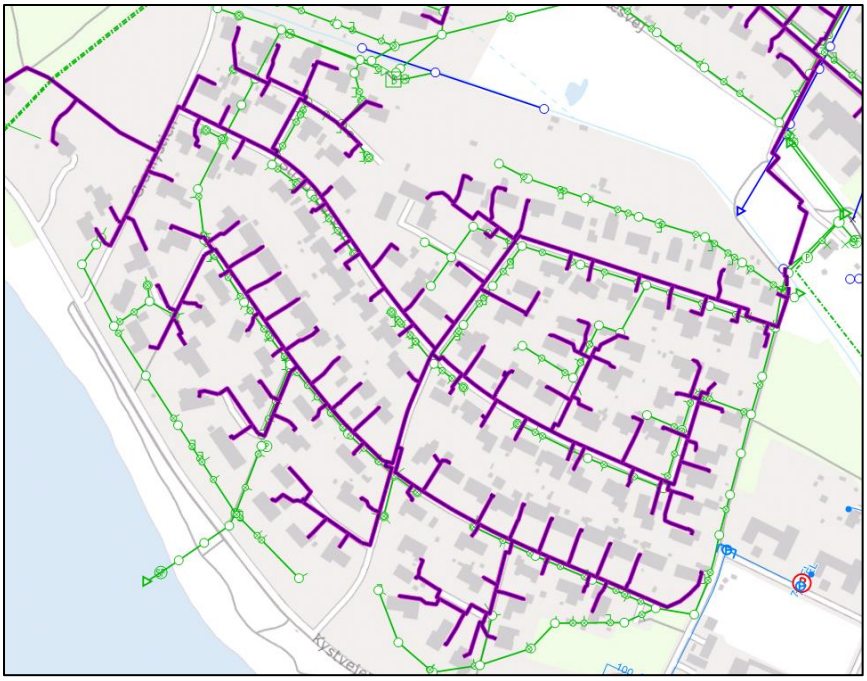
Vand leveres af Hjorthøj Vandværk, www.hhvv.dk. Vandledningerne berører ikke de påtænkte anlægsplaceringer.



Figur 17 Vandledninger Strandbakken

3.5.3. Fjernvarme

Fjernvarmen leveres af Kalundborg Forsyning. Ledningerne ligger på de relevante projektplaceringer i fortovet (i nordlig side af vejen). Det vurderes ikke, at placeringen vil være problematisk i forhold til etablering af grøfter/regnbede på lokaliteterne, men placeringen skal godkendes af Kalundborg Forsyning Fjernvarme



Figur 18 Fjernvarme og afløb Strandbakken

4. Øvrige forhold

4.1. Myndigheder og naturbeskyttelse

4.1.1. Generelt

Der er ingen fredninger eller forhold vedr. naturbeskyttelse, der er relevante for nærværende projekt.

4.1.2. Tilladelser

Ifm. med udførelsen af anlægsprojektet skal der søges nedsivningstilladelse hos Kalundborg Kommune.

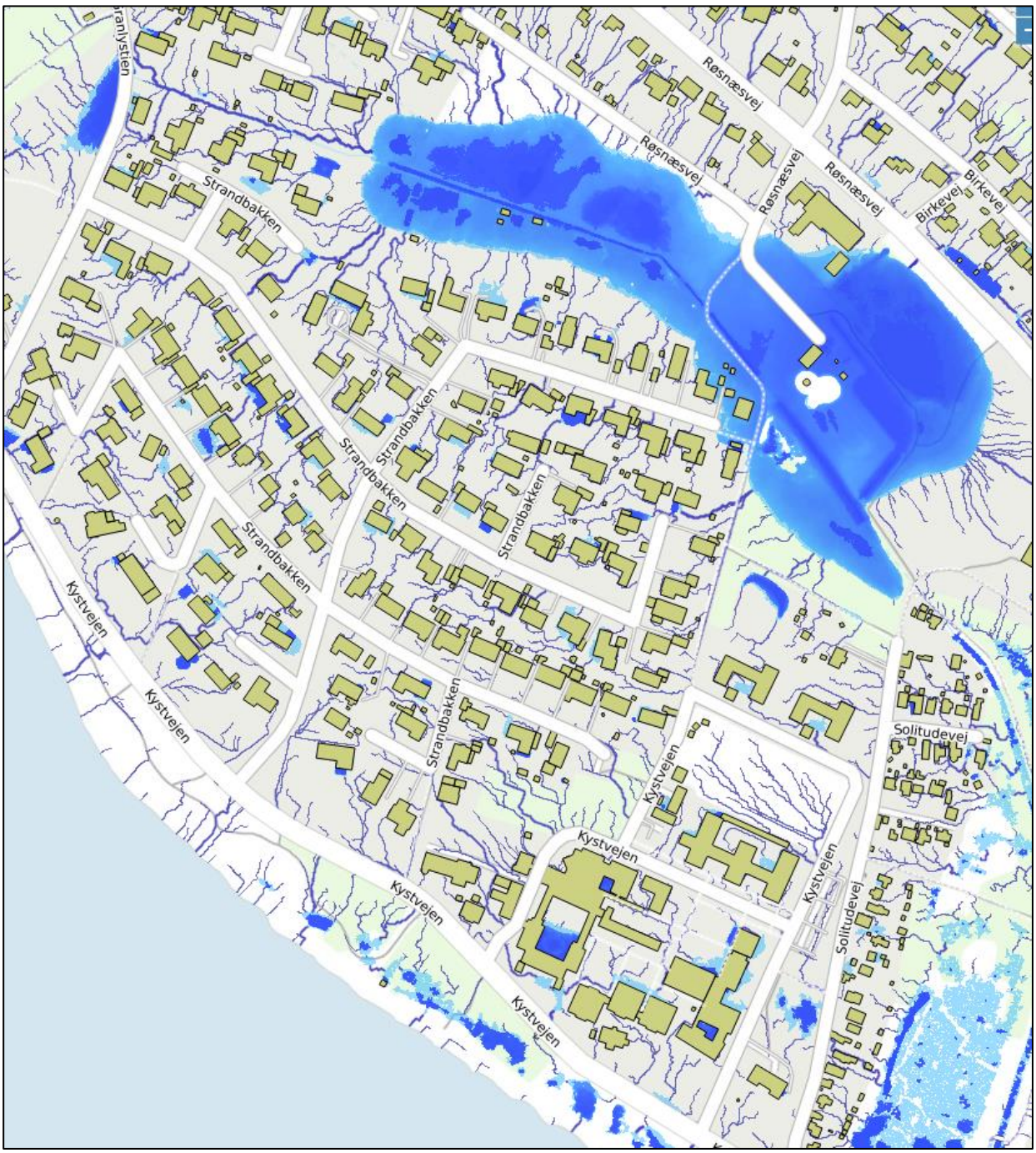
4.2. Grundejerforeningen og øvrige interessenter

Grundejerforeningen Starndbakken (GFS) repræsenterer beboerne i kvarteret. Der har inden udførelsen af nærværende skitseprojekt været en grundig dialog mellem KF og GFS. Der er ligeledes afholdt to besigtigelser med deltagelse af GFS og KF. Skitseprojektets grundlæggende ideer og metoder er drøftet i bestyrelsen for GFS, og der er opbakning til at gå videre med projektet i bestyrelsen. Løsningsplaceringen er ligeledes godkendt af bestyrelsen efter et oplæg/besigtigelse fra GFS´s repræsentanter og KF.

4.3. Oversvømmelser og strømninger ekstremregn

Nedenstående Figur 19 er et udprint fra det hydrauliske beregningsprogram Scalgo. Beregningen er uden nedsivning/afløbssystem, og viser ved en 50 mm regnhændelse oversvømmelser hvor der står mere end 50 mm vand og strømninger med mere end 100 m^2 opland.

Figuren viser, at området generelt jf. topografien og jordbundsforholdene ikke har en særlig stor oversvømmelsesrisiko, men at der i ekstreme regnsituationer kan opstå oversvømmelser, der breder sig ud fra dalen ved renseanlægget til de nærmeste bygninger, hvor særligt nr. 130 og nr. 132 (øverste højre hjørne) er i risikozonen. I det oversvømmelserne breder sig fra et større lavpunktsområde, er det vanskeligt at implementere foranstaltninger til at modvirke disse. For de mest udsatte bygninger kan det være hensigtsmæssigt at etablere jordvolde eller lignende, der kan tilbageholde vandet udenfor matriklen i ekstreme situationer. Øvrige berørte bygninger bør efterses mhp. lokal klimasikring af kælder nedgange, lyskasser og lignende.



Figur 19 Strømninger og oversvømmelser (Scalgo)

5. *Løsninger testanlæg*

5.1. Generelt

De generelle forhold som gennemgået tidligere peger på, at der er et potentiale for afkobling og nedsivning af regnvand i Strandbakken-kvarteret. I boligområder er der typisk overordnet to forskellige LAR-løsningstyper: Private løsninger, typisk anlagt af den enkelte lodsejer, der primært håndterer tagvand, og fælles løsninger, der håndterer vej- og pladsvand. De private løsninger etableres på frivillig basis af den enkelte lodsejer, der har mulighed for at få tilbagebetalt en del af tilslutningsbidraget, hvis alt regnvandet afkobles (ml. 20 – 25.000 kr.), se også afsnit 5.3.1.

Kalundborg Forsyning er som et led i sin afkoblingsstrategi som før nævnt interesseret i at samarbejde med GF Strandbakken om at etablere et antal testanlæg i kvarteret til at afprøve og kvalificere potentialet for reduktion af tilledning af regnvand til fællessystemet ved etablering af LAR-løsninger til håndtering af vejvand.

Tabel 3 nedenfor viser en oversigt over de teoretiske samlede regnvandsmængder og driftsomkostninger for oplandet Strandbakken

Areal:		**Årlig regnvandsmængde:**	**Årlig driftsomkostning:**
Bygninger	30.015 m^2	18.489 m^3	92.445 kr.
Veje	14.695 m^2	9.052 m^3	45.260 kr.
Totalt areal	44.710 m^2	27.541 m^3	137.705 kr.

Tabel 3 Årsnedbør og driftsomkostninger Stranbakken

Årsnedbør er sat til 616 mm i henhold til tal fra regnmåler 29142 i Kalundborg jf. SVK regneark "Reginalregnrække_ver_4.1". Arealerne er Geodanmark data (bygninger og vejmidte brudt) hentet via Scalgo. Veje er antaget at være 6 m. bredde. Det er antaget, at alt det vand der falder på vejene og tagene løber i kloakken. Driftsomkostninger er sat til 5 kr/ m^3

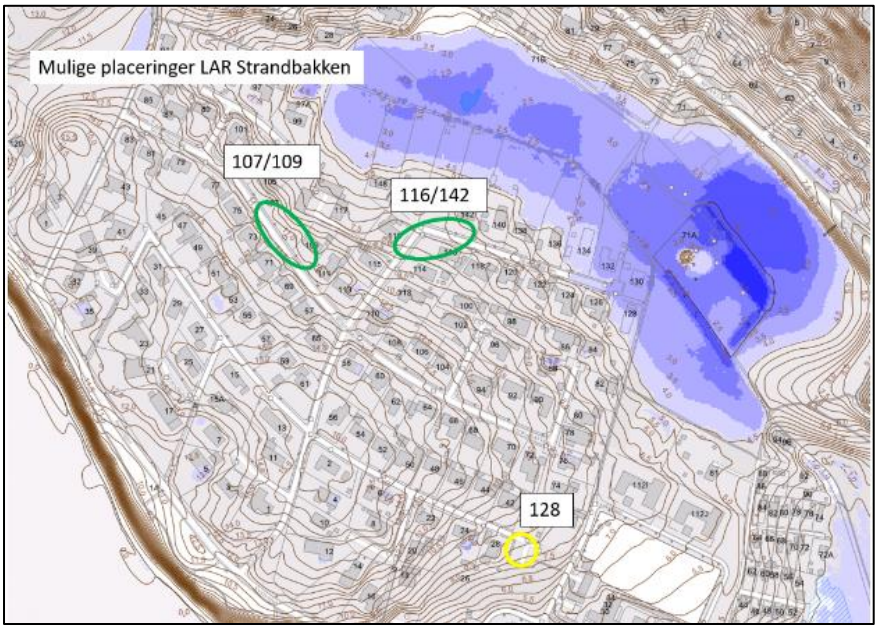
Som, det ses af ovenstående er det i grove tal 2/3 af regnvandet, der stammer fra tagarealerne og 1/3, der stammer fra vejarealerne. Det er således et stort potentiale, der ligger i afkoblingen af tagarealerne, men ligeledes en betragtelig mængde, der hidrører fra vejene. Begge indsatser er således vigtige mhp. at reducere tilledningen til fællessystemet. Forsyningen har udover tilbagebetalingen af tilslutningsbidraget ikke pt. muligheder for at medfinansiere anlæg på privat grund, hvorfor nærværende skitseprojekt udelukkende omhandler løsninger i vej, og de private indsatser vil således ikke blive behandlet yderligere.

5.2. Løsningsplacering

Placeringen af løsningerne er valgt på baggrund af en besigtigelse af forskellige lokaliteter udpeget dels på baggrund af de hydrauliske forhold og dels efter forslag fra og aftale med de enkelte berørte lodsejere. Der er valgt to lokaliteter: ved nr

107/109 og ved nr. 116/142, se Figur 20. En tredje mulig placering (ved nr. 128) blev fravalgt, da en del af løsningen berører en matrikel, der ikke er en del af GF Strandbakken.

De specifikke løsninger for de enkelte delområder vil blive beskrevet i afsnit 5.4 og 5.5.



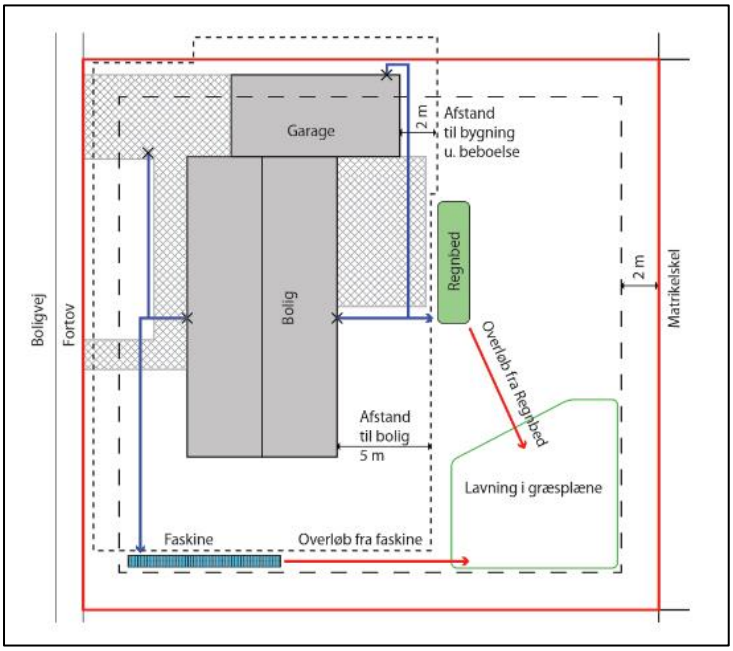
Figur 20 Placering løsninger

5.3. Løsningstyper og dimensionering

5.3.1. Generelt vedr. dimensionering

Den vigtigste parameter i forbindelse med dimensioneringen af LAR-anlæg er den hydrauliske ledningsevne K, der angiver hvor meget vand et givet areal kan nedsive pr. sekund. K er primært bestemt af jordtypen, hvor friktionsjorde (sand, grus) har en meget høj infiltrationskapacitet og kohæsionsjorde (typisk lerjord) har en lav evne til at nedsive, og en meget fed lerjord tillader stort set ingen nedsivning.

LAR-anlæg dimensioneres typisk til en 5-års regnhændelse, hvilket nødvendiggør et forsinkelsesvolumen enten over/under jorden, da infiltrationskapaciteten af det enkelte anlæg, afhængig af pladsforholdene, som regel ikke vil kunne håndtere sådanne regnmængder. I sammenhæng med dette dimensionsgivende volumen kan desuden indtænkes et andet volumen, der kan tåle at blive oversvømmet i forbindelse med ekstremregn. Se figur nedenfor, der også viser afstandskrav ifm. LAR-anlæg.



Figur 21 Generelle krav til afstandsforhold for LAR-anlæg

Dimensioneringen af LAR-løsningerne beskrevet i de følgende afsnit er udført ved hjælp af et regneark udgivet af Spildevandskomiteen (SVK 2015).

5.3.2. Generelt vedr. løsninger

Som beskrevet i afsnit 3.4.3 er der på begge de undersøgte lokaliteter - der svarer til de to lokaliteter vist med grøn på Figur 20 - fundet et ler- og fyldlag med middelgode nedsivningsegenskaber ned til ca. 2 meter under terræn, hvorefter der er fundet sand med endog meget gode nedsivningsegenskaber til bunden af boringen. Dette giver overordnet to muligheder for valg af løsninger, grøft eller vejbed. Dette under forudsætning af, at der etableres terrænnære løsninger (hvilket er ønsket hos både forsyning og GF), i modsætning til eksempelvis underjordiske faskiner.

Udover løsningernes geometri og jordbundsforholdene er der ikke principiel forskel på de to løsninger. For begge gælder, at løsningerne etableres i eksisterende græsbeklædt fortov. Mulden afgraves og henlægges i depot, og der graves et U-formet profil med 30 cm (+ muldtykkelsen ca 30 – 40 cm) til dybdepunktet af grøft/vejbed regnet fra overside af vejbelægningen. Der fjernes min. 30 cm kantsten til indløb ved punkterne angivet med pile på Figur 26 og Figur 29, samt Figur 36 og Figur 39. Ved indløb placeres nødde- eller håndsten til erosionsskiring

Herefter genudlægges muldjorden, evt. med tilsætning af sand, og der eftersås med græsblandding efter behov.

Eksisterende vejbrønde sløjfes ikke, men afblændes

I de efterfølgende afsnit 5.3.3 og 5.3.4 beskrives disse to løsningstyper hver for sig, hvorefter de to løsningstyper gennemgås på de to forskellige lokaliteter i afsnit 5.4 og 5.5.

5.3.3. Løsning A grøft

Forudsætninger:

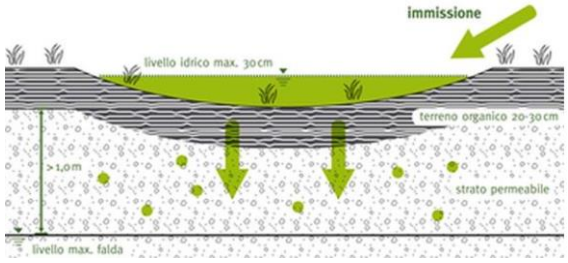
Hydraulisk ledningsevne: 6,7 *10^-6 (107 og 109), 1,2 * 10^-5 (116 og 142) (Geoteknik, 2020) (moræneler)

Opland: Halvdelen vejens bredde, til næste nedløbsbrønd opstrøms.

Løsning:

Der etableres en grøft med bredde som fortov af ca. 30 cm dybde i ler/fyldlaget, der afsluttes med ca. 30 – 40 cm muld, hvilket pga. de mindre gode nedsivningsegenskaber giver en relativt omfangsrig (lang) grøfteløsning.

Se figurer nedenfor, Tabel 4 og i øvrigt appendiks afsnit 7.



Snit grøft



Foto grøft

Nr.	Adresse	B Vej (m)	L opland vej (m)	A opland vej (m2)	Opland sum	L løsning (m) (SVK)	B løsning og fortov	A løsn (m2)	H kantsten
1	v. 142	6	53	159	159	**16**	2	32	6-7 cm
2	v. nr. 116	6	46	138	138	**13**	1,8	23,4	6-7 cm
3	v. nr. 107	6,5	36	117	117	**15**	1,8	27	3-4 cm
4	v. nr. 109	6,5	50	162,5	162,5	**20**	1,8	36	3-4 cm
5	v.nr. 28	5	80	200	1040	**NA**	NA		NA

Tabel 4 Oversigt dimensionering løsn. A grøft

5.3.4. Løsning B vejbed

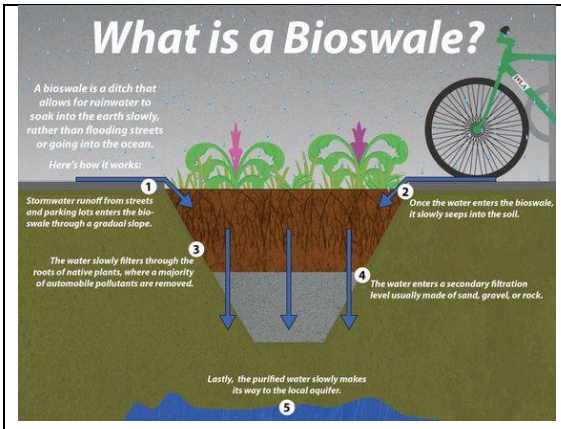
Forudsætninger:

Hydraulisk ledningsevne: 0,7*e-4 (boring 14 (MOE, 2015)) (sand)

Opland: Halvdelen vejens bredde, til næste nedløbsbrønd opstrøms.

Løsning**:** Lerjorden (1 – 1,5 m) udskiftes med sand og der etableres et mindre vejbed, af ca. 30 cm dybde med bredde som fortov, der afsluttes med 30 – 40 cm muld.

Se figur, Tabel 5 og foto nedenfor og i øvrigt appendiks afsnit 7.



Snit vejbed (gråt lag=sand)



Foto vejbed

Nr.	Adresse	B Vej (m)	L opland vej (m)	A opland vej (m2)	Opland sum	L løsning (m) (SVK)	B løsning og fortov	A løsn (m2)	H kantsten
1	v. 142	6	53	159	159	**3,5**	2	7	6-7 cm
2	v. nr. 116	6	46	138	138	**3,5**	1,8	6,3	6-7 cm
3	v. nr. 107	6,5	36	117	117	**3,5**	1,5	5,25	3-4 cm
4	v. nr. 109	6,5	50	162,5	162,5	**4,5**	1,5	6,75	3-4 cm
5	v.nr. 28	5	80	200	1040	**NA**	NA		NA

Tabel 5 Oversigt dimensionering løsn. B regnbed

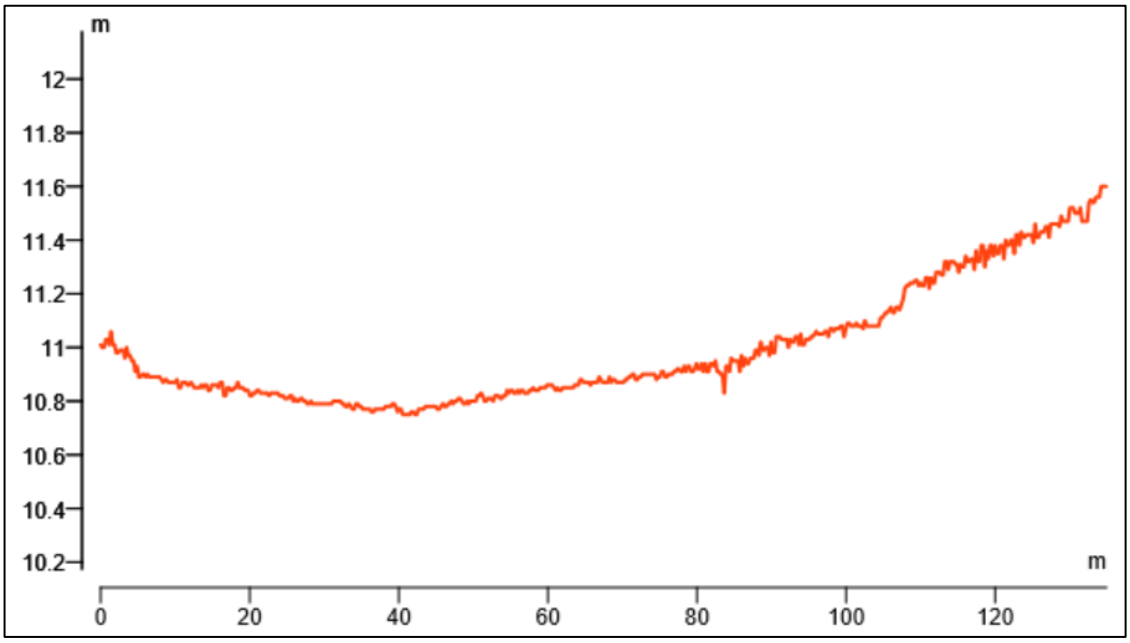
5.4. Løsninger Strandbakken 107/109

5.4.1. Generelt



Figur 22 Foto Strandbakken 109 mod øst

Figur 23 viser en længdeprofil af vejen ud for 107/109, centret omkring det midterste indløb jf. Figur 26. Som det ses på Figur 23 ligger lavpunktet omtrent ved det vestlige indløb og vejen er relativt flad på hele løsningsstrækningen, hvilket er en fordel, da man derved ikke behøver at etablere bræmmer på tværs af grøfter for at forhindre vandet i at samles på midten.



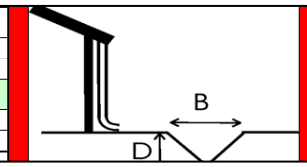
Figur 23 længdeprofil vej v Nr. 107

5.4.2. Løsning A grøft

Idet de to grøfter 107 0g 109 fylder næsten hele fortovslængden, ved den udvalgte matrikel slås de to grøfter sammen til en samlet grøft af 35 m længde.

Dimensionering:

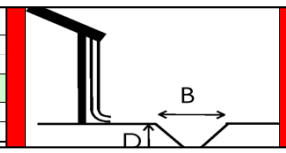
Grøft / wadi, V-formet		
Bredde (kronekant)	1,8	m
Længde grøft	15,0	m
Dybde	**0,31**	**m**
Dræn kapacitet, gns-snit	9,56E-02	l/s
Samlet opland (befæstet areal + eget areal)	144,0	m²



Hjælpestørrelser, grøft			
Opstuvningsvolumen		4,16	[m³]
Regn, der holdes umiddelbart		28,90	[mm]
Regn, der siver pr døgn		57,37	[mm/døgn]
Tømmetid	12 timer	4,35E+04	[s]
Afløbstal		6,64E+00	[l/sek/ha]

Figur 24 grøft v. nr. 107

Grøft / wadi, V-formet		
Bredde (kronekant)	1,8	m
Længde grøft	20,0	m
Dybde	**0,32**	**m**
Dræn kapacitet, gns-snit	1,28E-01	l/s
Samlet opland (befæstet areal + eget areal)	198,5	m²



Hjælpestørrelser, grøft			
Opstuvningsvolumen		5,80	[m³]
Regn, der holdes umiddelbart		29,20	[mm]
Regn, der siver pr døgn		55,75	[mm/døgn]
Tømmetid	13 timer	4,53E+04	[s]
Afløbstal		6,45E+00	[l/sek/ha]

Figur 25 grøft v. nr. 109

Løsninger plan



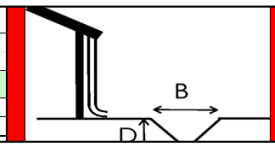
Figur 26 Grøft v. 107/109

5.4.3. Løsning B vejbed

Pga. den gode nedsivningsevne grundet udskiftning af lerjorden med sand kan der etableres 2 stk. mindre vejbede, se Figur 29.

Dimensionering

Grøft / wadi, V-formet		
Bredde (kronekant)	1,5	m
Længde grøft	3,5	m
Dybde	**0,26**	**m**
Dræn kapacitet, gns-snit	1,95E+00	l/s
Samlet opland (befæstet areal + eget areal)	122,3	m²

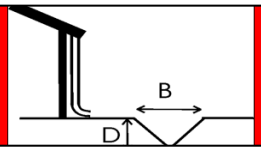


Hjælpestørrelser, grøft			
Opstuvningsvolumen		0,69	[m³]
Regn, der holdes umiddelbart		5,64	[mm]
Regn, der siver pr døgn		1376,01	[mm/døgn]
Tømmetid	timer	3,54E+02	[s]
Afløbstal		1,59E+02	[l/sek/ha]

Figur 27 Vejbed v. nr 107

Grøft nr 109

Grøft / wadi, V-formet		
Bredde (kronekant)	1,5	m
Længde grøft	4,5	m
Dybde	**0,30**	**m**
Dræn kapacitet, gns-snit	2,55E+00	l/s
Samlet opland (befæstet areal + eget areal)	169,3	m²



Hjælpestørrelser, grøft			
Opstuvningsvolumen		1,02	[m³]
Regn, der holdes umiddelbart		6,05	[mm]
Regn, der siver pr døgn		1301,09	[mm/døgn]
Tømmetid	timer	4,02E+02	[s]
Afløbstal		1,51E+02	[l/sek/ha]

Figur 28 Vejbed v. nr. 109

Løsninger plan



Figur 29 Vejbed v. nr. 107/109

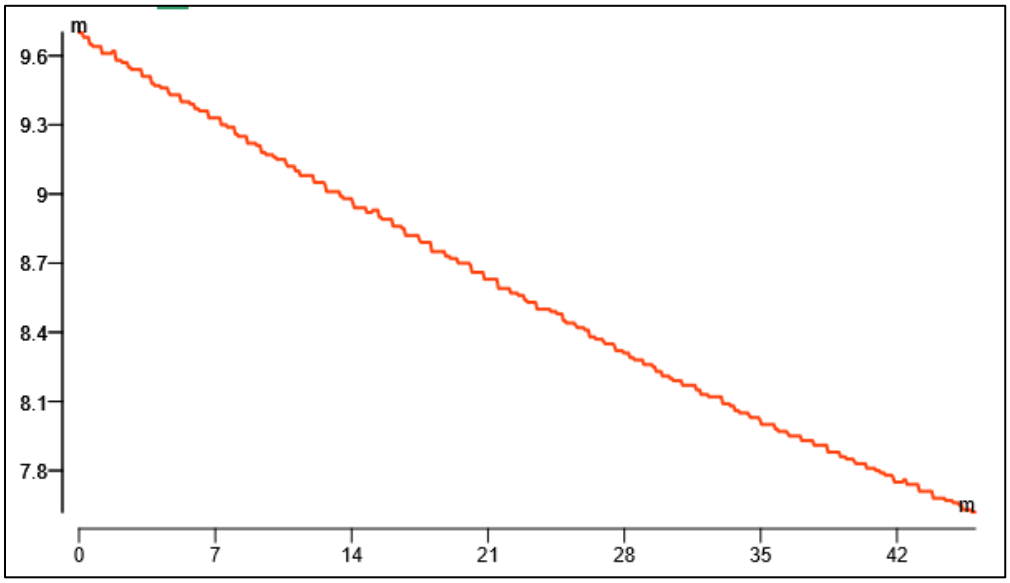
5.5. Løsninger Strandbakken 116 og 142

5.5.1. Generelt



Figur 30 Foto Strandbakken v. nr 116

Nr. 116: Som det fremgår af Figur 31, der er en længdeprofil fra hjørnet v. nr. 116 og ca. 50 m tilbage, er der et meget jævnt, men noget stejlt fald på ca. 40 promille. Dette betyder, at der bør etableres lerbræmmer på tværs af grøfter (Figur 36 løsning A) for at kunne udnytte hele grøftens længde til nedsivning og forsinkelse af regnvandet.

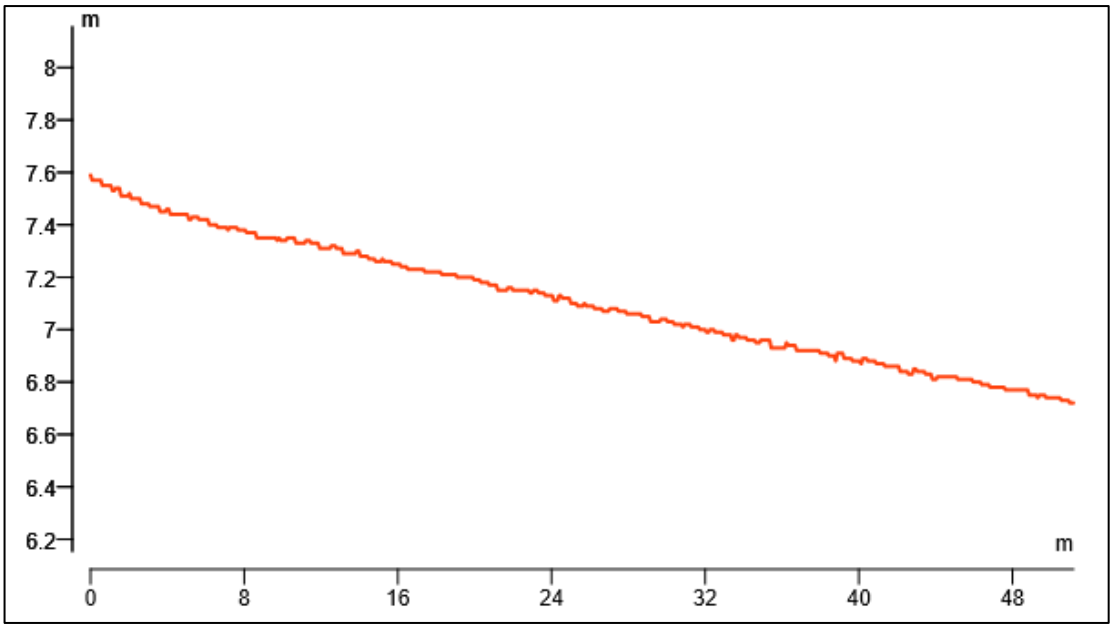


Figur 31 længdeprofil Nr. 116



Figur 32 Foto v. nr. 142

Nr. 142: Faldforholdene ved nr. 142 er knap så stejle som ved nr. 116 (ca. 15 promille), hvorfor det forventeligt ikke er nødvendigt at etablere lerbræmmer til at tilbageholde vandet.



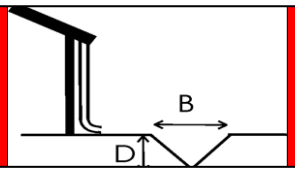
Figur 33 længdeprofil v. Nr. 142

5.5.2. Løsning A grøft

Der etableres to særskilte grøfter ved nr. 116 og 142.

Dimensionering

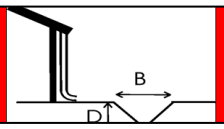
Grøft / wadi, V-formet		
Bredde (kronekant)	2	m
Længde grøft	16,0	m
Dybde	**0,29**	**m**
Dræn kapacitet, gns-snit	2,00E-01	l/s
Samlet opland (befæstet areal + eget areal)	191,0	m²



Hjælpestørrelser, grøft		
Opstuvningsvolumen	4,66	[m³]
Regn, der holdes umiddelbart	24,40	[mm
Regn, der siver pr døgn	90,46	[mm
Tømmetid 6 timer	2,33E+04	[s]
Afløbstal	1,05E+01	[l/sel

Figur 34 Dimensioner grøft nr. 116

Grøft / wadi, V-formet		
Bredde (kronekant)	1,8	m
Længde grøft	13,0	m
Dybde	**0,30**	**m**
Dræn kapacitet, gns-snit	1,48E-01	l/s
Samlet opland (befæstet areal + eget areal)	140,4	m²



Hjælpestørrelser, grøft		
Opstuvningsvolumen	3,46	[m³]
Regn, der holdes umiddelbart	24,63	[mm]
Regn, der siver pr døgn	90,94	[mm/døgn]
Tømmetid 7 timer	2,34E+04	[s]
Afløbstal	1,05E+01	[l/sek/ha]

Figur 35 Dimensioner grøft v. nr. 142

Løsninger plan



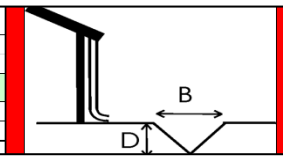
Figur 36 Grøft v. nr. 116 og 142

5.5.3. Løsning B vejbed

Lerjorden udskiftes med sand og der etableres to mindre vejbede ved nr. 116 og 142.

Dimensionering

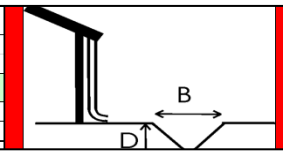
Grøft / wadi, V-formet		
Bredde (kronekant)	1,5	m
Længde grøft	3,5	m
Dybde	**0,26**	**m**
Dræn kapacitet, gns-snit	1,95E+00	l/s
Samlet opland (befæstet areal + eget areal)	122,3	m²



Hjælpestørrelser, grøft			
Opstuvningsvolumen		0,69	[m³]
Regn, der holdes umiddelbart		5,64	[mm]
Regn, der siver pr døgn		1376,01	[mm/døgn]
Tømmetid	timer	3,54E+02	[s]
Afløbstal		1,59E+02	[l/sek/ha]

Figur 37 Dimensioner vejbed nr. 116

Grøft / wadi, V-formet		
Bredde (kronekant)	2	m
Længde grøft	3,5	m
Dybde	**0,28**	**m**
Dræn kapacitet, gns-snit	2,54E+00	l/s
Samlet opland (befæstet areal + eget areal)	166,0	m²



Hjælpestørrelser, grøft			
Opstuvningsvolumen		0,98	[m³]
Regn, der holdes umiddelbart		5,92	[mm]
Regn, der siver pr døgn		1324,55	[mm/døgn]
Tømmetid	timer	3,86E+02	[s]
Afløbstal		1,53E+02	[l/sek/ha]

Figur 38 Dimensioner vejbed v. nr. 142

Løsninger plan



Figur 39 Vejbed v. nr. 116 og 142

5.6. Overslag

Overslaget er baseret på enhedspriser og kan variere ift. den endelige løsningsudformning og valg af entreprenør.

Overslag Løsn. A (grøft) alle steder:

nr. 107 og 109	35	lbm	700	kr/lbm	Pris:	24500	kr
nr. 116	13	lbm	700	kr/lbm	Pris:	9100	kr
nr. 142	16	lbm	700	kr/lbm	Pris:	11200	kr
					Sum:	**44800**	kr

Overslag Løsn. A (grøft) 107 og 109, Løsn. B (vejbed + udskiftning ler/sand) 116 og 142:

nr. 107 og 109	35	lbm	700	kr/lbm	Pris:	24500	kr
nr. 116	6,5	m2	550	kr/lbm	Pris:	3575	kr
nr. 142	7	lbm	550	kr/lbm	Pris:	3850	kr
Udskift sand	16	m3	600	kr/m3	Pris:	9600	kr
					Sum:	**41525**	kr

6. Anbefalinger

Risici

Der vurderes ikke at være nogen særlige risici forbundet med projektet. Eksisterende afløbssystem og nedløbsbrønde bevares, så der opnås ekstra kapacitet ifm. implementeringen, og sulle der i testperioden vise sig uhensigtsmæssigheder vil det eksisterende system uden besvær kunne retableres. Der skal være opmærksomhed på fremmede ledninger i forbindelse med anlæg og tilladelse til etableringen skal indhentes hos ledningsejere (KF).

Tidsplan

Projektering og tilbud 1 – 2 måneder, udførelse 1 – 2 uger

Driftsmæssigt

Ingen særlig drift udover klipning af græs samt friholdelse af indløb. Driften varetages af GFS

Samlet vurdering

Det anbefales, at der etableres to forskelillge løsningstyper. Henholdsvis grøft ved 107/109 og vejbed ved nr. 116 og 142

8. Referencer

Geoteknik, F. (2020). *Geoteknisk rapport parameterundersøgelse.*
Miljø, F. (2020). *Miljøteknisk notat.*
MOE. (2015). *Byens Mose Kalundborg, datarapport nedsivningsforsøg.*
Rambøll. (2016). *Vurdering af grundvandsforhold ved etablering af LAR.* xx: xx.

9. Appendiks: Løsningstype grøft

9.1. Generelt

Tagvand ledes via tagnedløb enten direkte til rende/grøft eller via traditionel stikledning til disse. Stikledningen kan alternativt udformes som en rende i beton/sten eller som lokal grøft på den enkelte parcel.
Render og grøfter, der skal aflede vejvand, skal normalt udformes, så regnvandet strømmer direkte fra vejen og ned i grøften eller renden.

Grøfter er velegnede til håndtering af vand fra mindre befæstede områder og kan f.eks. anlægges langs en bygning, en vej eller på en parkeringsplads. Derudover kan grøfter placeres på grønne områder, der ikke benyttes intensivt, f.eks. plæner til solbadning, tørrestativer og restarealer.

På grund af deres forholdsvis store arealkrav kan de være vanskelige at indpasse i tæt bebyggelse hvor pladsen er begrænset. Placering på områder, der benyttes meget, f.eks. legepladser bør undgås, da kraftigt slid vil beskadige græsset og sammentrykke de øvre jordlag. Af samme grund bør grøfter ikke anlægges, så de kan benyttes til parkering. For at forhindre parkering kan følgende foranstaltninger anvendes:

- sikre at der er rigeligt med alternative parkeringsarealer
- etablere en randbeplantning af buske
- opstille store sten eller pullerter
- anlægge en høj kantsten.

For at fremme nedsivning i grøften og dermed en øget tilbageholdelse i LAR komponenten kan grøften sektioneres med dæmninger, se figur 2.2.



Figur 2.2 Eksempel på sektionering af grøft

Dette er en specielt egnet opbygning af grøften i områder med relativt stort fald på jordoverfladen, der tillader, at renden kan bygges op med terrasser, hvor vandet som nævnt bremses af små tværgående lerdæmninger, der beskyttes mod erosion af omkringliggende sten.

På denne måde vil vandet tilbageholdes i længere tid og mere vand vil kunne sive ned. Samtidig forøges den rekreative effekt, da der står vand i renden i længere perioder. Effekten kan endvidere øges yderligere ved at anvende forhøjede overløbsriste samt evt. lave en øget tilbageholdelse ved neddrosling inden udløb til anden LAR komponent.

Vandet fra render og grøfter kan ledes videre til andre LAR-anlæg som regnbede og bassiner eller til kloak.

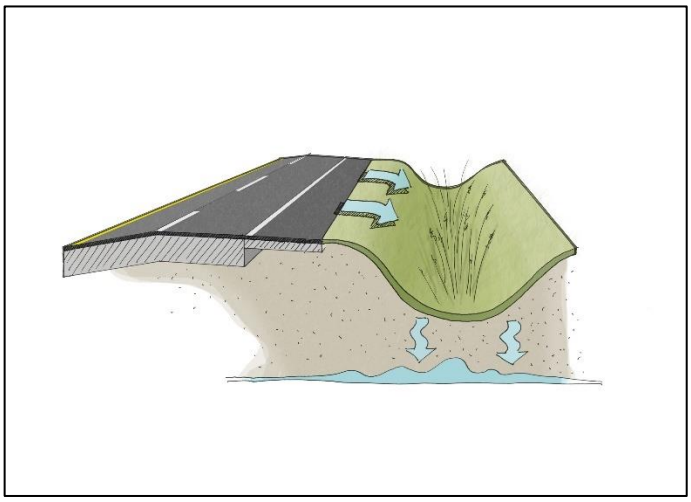
I etableringsfasen er det af afgørende betydning at undgå jordkomprimering, og kørsel med tungt maskineri må minimeres og så vidt muligt undgås, især hvis jorden er våd. Græsvegetationen skal nå at etablere sig og danne et tæt dække før grøften tages i brug. Hvis ikke der er tid til at vente på fremspiring og udvikling af et græsdække, kan der anvendes græstørv eller rullegræs.

For at opnå en grøft-beplantning, der trives godt, må det øverste lag jord bestå af mindst 30 cm god muldjord. Planterne skal kunne tåle kortvarig oversvømmelse så vel som længerevarende tørke. Planterne på grøftens sider må danne et tæt dække og have en god tæt rodstruktur for at forhindre erosion. De fleste grøfter er dækket af græs. Græsblandinger til grøfter skal kunne klare sig uden gødning. Det anbefales at benytte naturligt forekommende arter, for at truget kan fremme bynaturen. Der findes forskellige velegnede blandinger på det danske marked. Rajgræs og forskellige arter af svingel er særligt velegnede.

Grøfterne skal projekteres, så vandet ved overløb fra grøften løber til områder, hvor vandet naturligt kan bortledes, alternativt der hvor skaderne er mindst mulige hvis der ikke er noget alternativ. Det er derfor nødvendigt at se på jordoverfladens højdeforhold (koter) omkring grøften for at kunne danne sig et billede af, hvor vandet vil løbe hen ved oversvømmelse.

Tilsvarende skal der gennemføres en vurdering af potentielle skader ved en oversvømmelse af render i bymæssig bebyggelse, således at det bedst muligt sikres, at vandet samles et sted, hvor skaderne vil være uden betydning. Hvis dette ikke kan lade sig gøre, kan der etableres brønde med riste, som placeres således, at vandet fra renderne ved oversvømmelse løber igennem ristene og videre til afløbssystemet.

(Fra Københavns Kommunes LAR-projekthåndbog)



9.2. Rensning

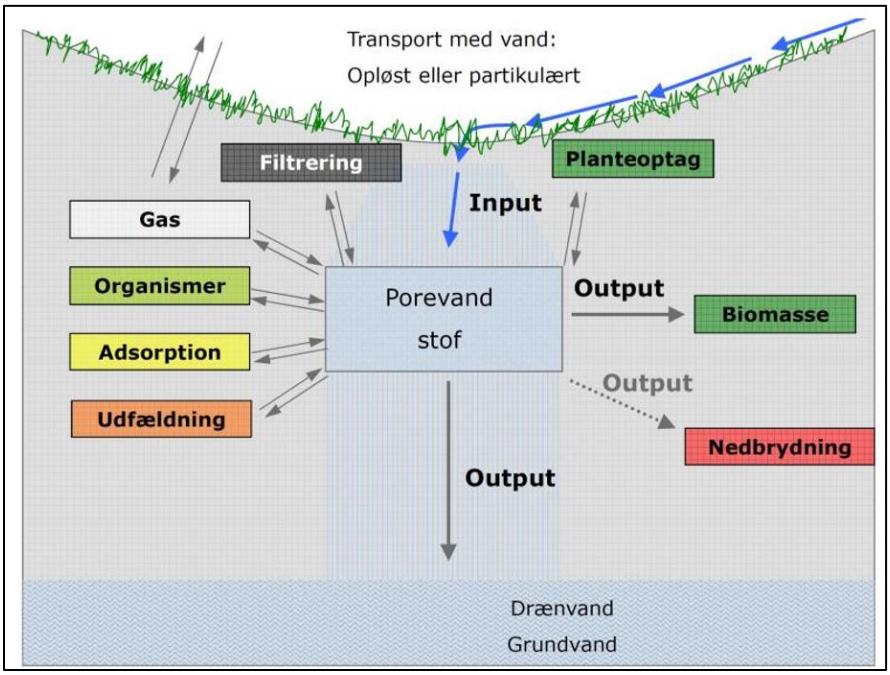
Vejvand: Vejvand kan være så kraftigt forurenet fx med olie og metaller, at regnvandet reelt bliver til "almindeligt" spildevand – og derfor ikke kan udledes via regnvandsledninger eller anvendes til rekreative formål, medmindre det bliver renset forinden.
I forbindelse med nedsivning af vejvand vælger nogle kommuner, at den første del af nedbøren (first flush) tilledes til afløbssystemet, mens den resterende del af nedbøren kan nedsives.
Miljøstyrelsen skriver i vejledningen til Spildevandsbekendtgørelsen, at vejvand, der bortledes gennem drænledninger efter nedsivning gennem græsrabatter normalt vil være renset i en sådan grad, at afledning til vandområder ikke medføre forurening, men det må afhænge af en konkret vurdering. Hvis vejvand fra mindre veje, uanset om de er offentlig eller private nedsiver i vejsiden uden at blive afledt til et nedsivningsanlæg eller et vandområde, kræves normalt ikke tilladelse,

Nedsivning tillades som udgangspunkt ikke på forurenede grunde.

Brug af pesticider og vejsalt kan forurene grundvandet, og skal som oftest derfor undgås. Der må heller ikke anvendes midler til bekæmpelse af mos på tage, hvor vandet afledes til nedsivning.

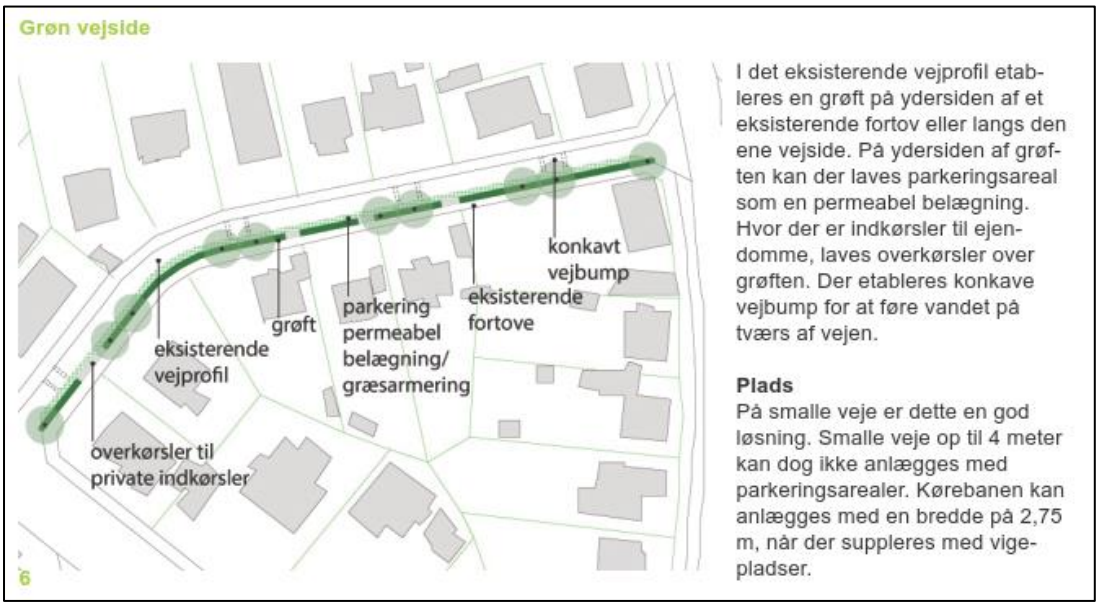
Det er kommunen, der kan stille krav om rensning af regnvandet før nedsivningen, og det er vandets kvalitet der er bestemmende for valg af rensemetode/anlægstype.

(Fra Rørcenter anvisning 26)



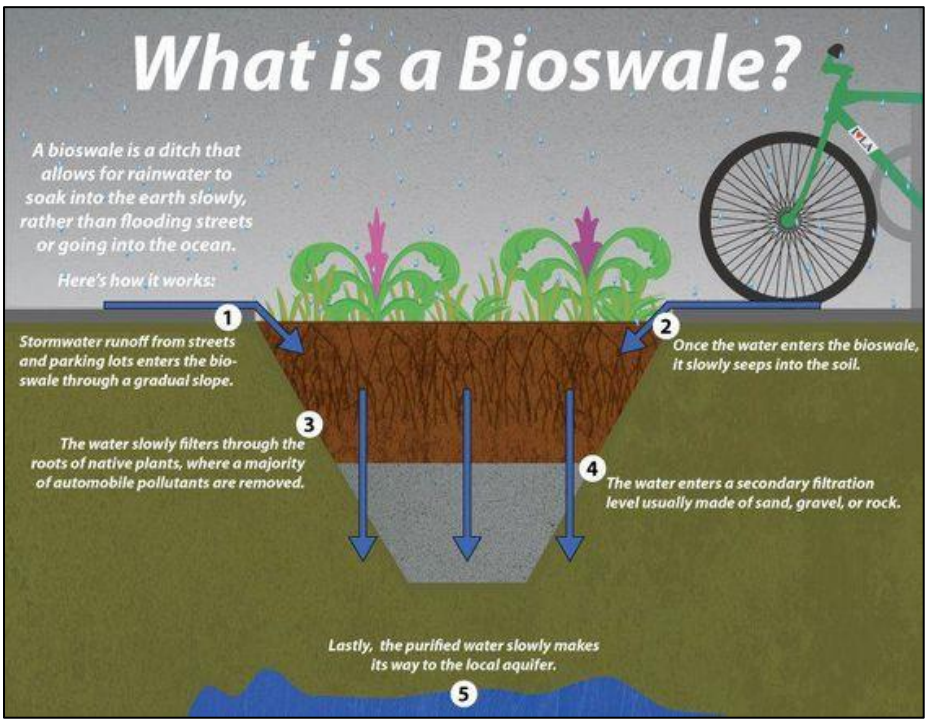
(Princip rensning i filterjord, se http://www.vandibyer.dk/projekter/afsluttede-innovationsprojekter/ip10-regn-med-kvalitet-bedre-styr-paa-afstroemningens-kvalitet-er-en-forudsaetning-for-baeredygtig-og-innovativ-klimatilpasning/)

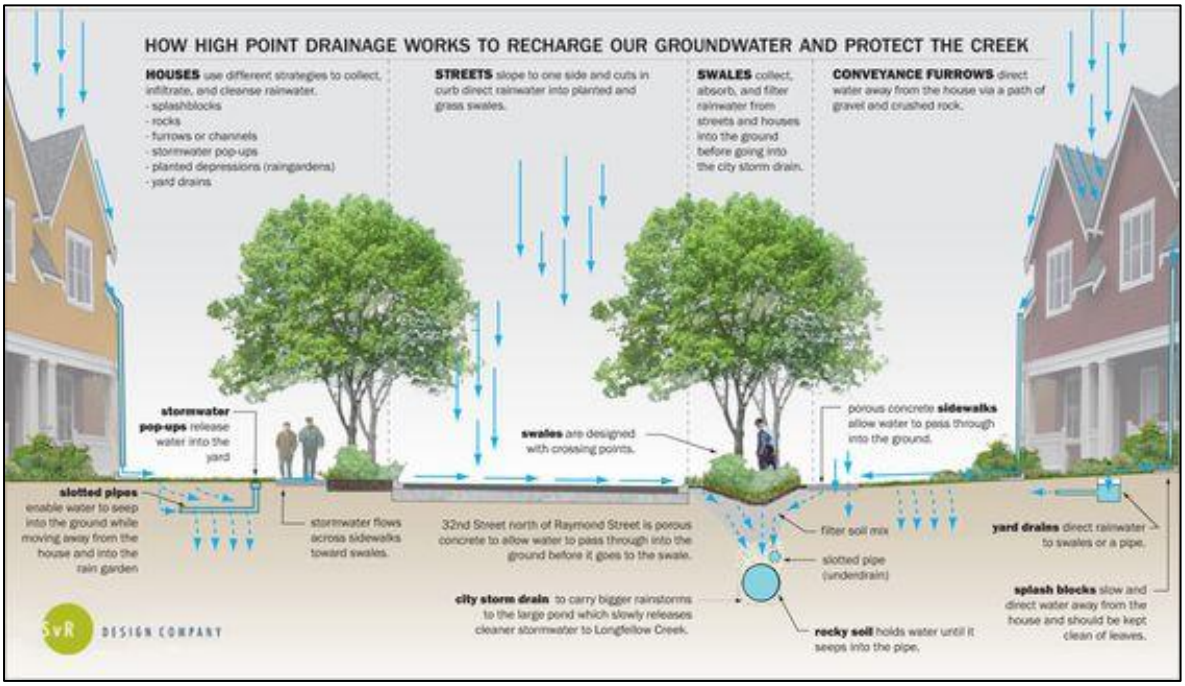
9.3. Div. tegninger

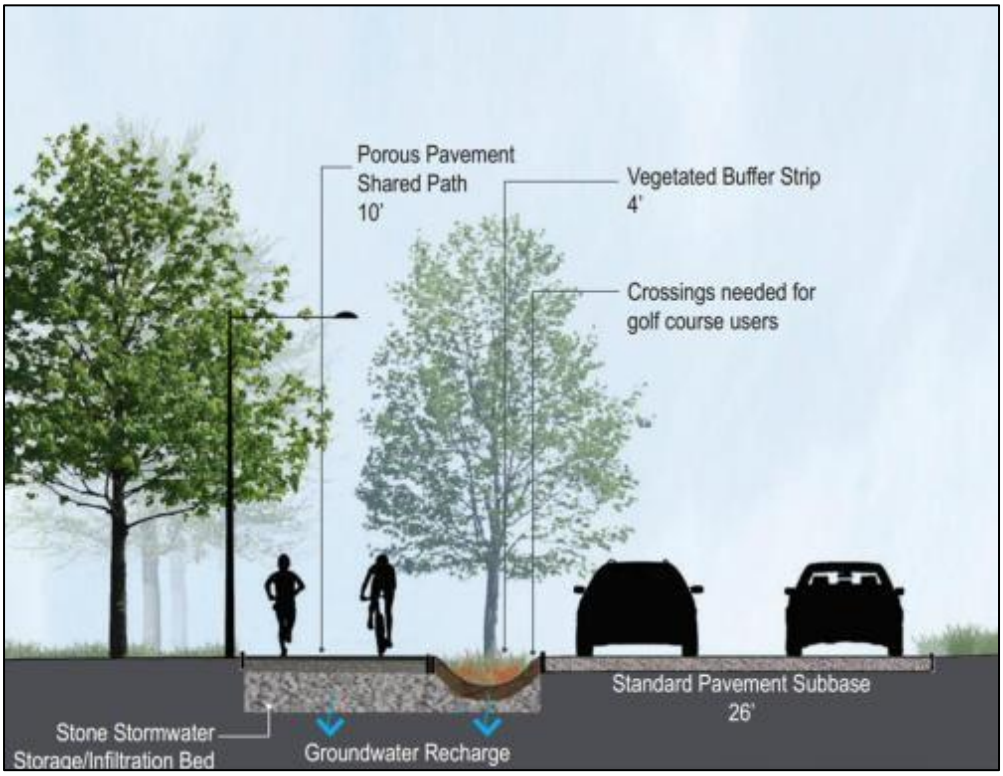


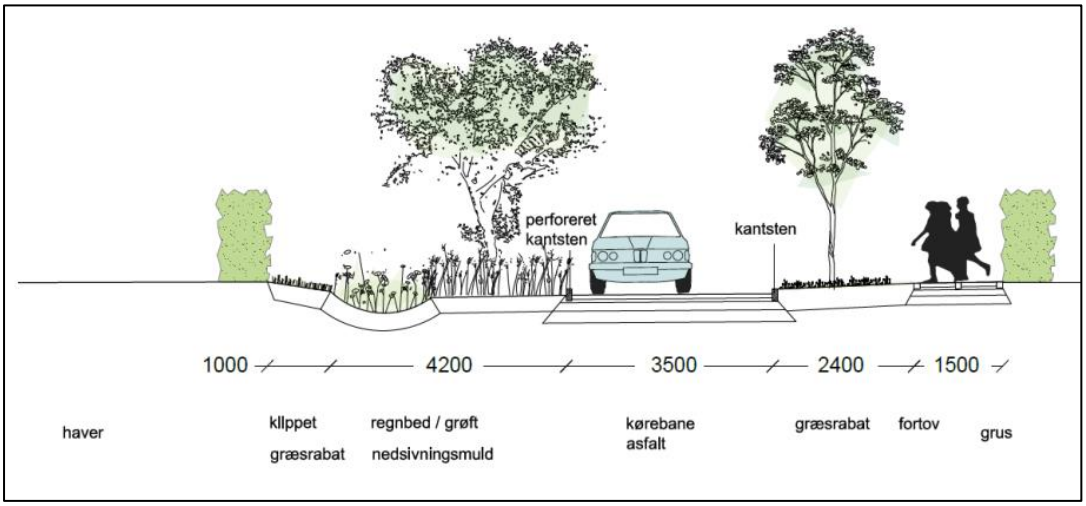
I det eksisterende vejprofil etableres en grøft på ydersiden af et eksisterende fortov eller langs den ene vejside. På ydersiden af grøften kan der laves parkeringsareal som en permeabel belægning. Hvor der er indkørsler til ejendomme, laves overkørsler over grøften. Der etableres konkave vejbump for at føre vandet på tværs af vejen.

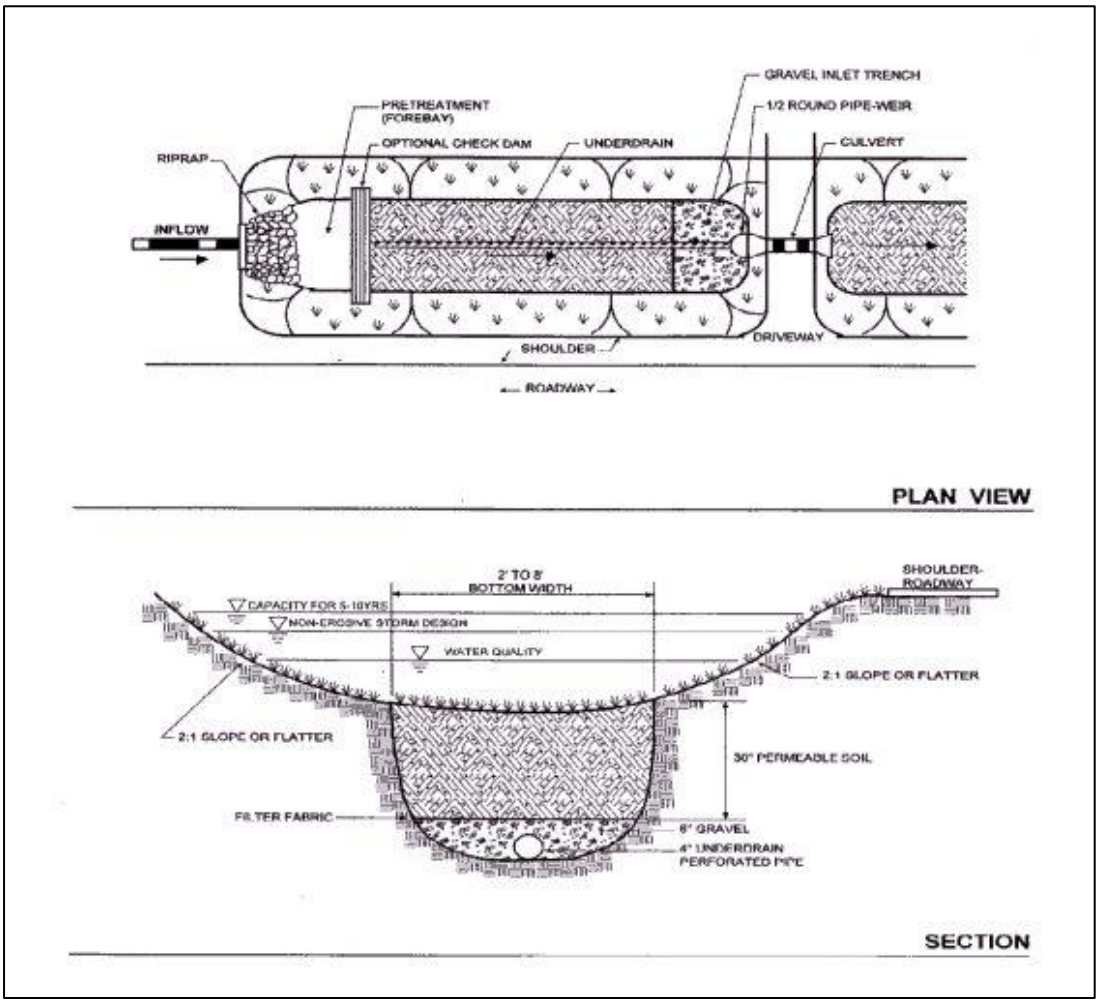
Plads
På smalle veje er dette en god løsning. Smalle veje op til 4 meter kan dog ikke anlægges med parkeringsarealer. Kørebanen kan anlægges med en bredde på 2,75 m, når der suppleres med vigepladser.



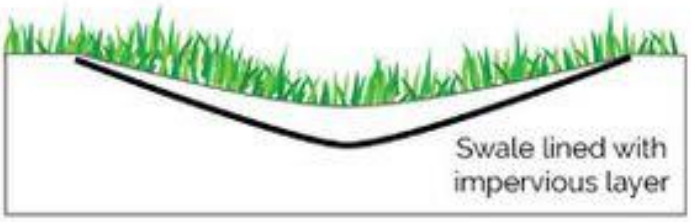

HOW HIGH POINT DRAINAGE WORKS TO RECHARGE OUR GROUNDWATER AND PROTECT THE CREEK
HOUSES use different strategies to collect, infiltrate, and cleanse rainwater.
- splashblocks
- rocks
- furrows or channels
- stormwater pop-ups
- planted depressions (raingardens)
- yard drains
STREETS slope to one side and cuts in curb direct rainwater into planted and grass swales.
SWALES collect, absorb, and filter rainwater from streets and houses into the ground before going into the city storm drain.
CONVEYANCE FURROWS direct water away from the house via a path of gravel and crushed rock.
stormwater pop-ups release water into the yard
swales are designed with crossing points.
porous concrete sidewalks allow water to pass through into the ground.
slotted pipes enable water to seep into the ground while moving away from the house and into the rain garden
stormwater flows across sidewalks toward swales.
32nd Street north of Raymond Street is porous concrete to allow water to pass through into the ground before it goes to the swale.
filter soil mix
slotted pipe (underdrain)
yard drains direct rainwater to swales or a pipe.
city storm drain to carry bigger rainstorms to the large pond which slowly releases cleaner stormwater to Longfellow Creek.
rocky soil holds water until it seeps into the pipe.
splash blocks slow and direct water away from the house and should be kept clean of leaves.
SvR DESIGN COMPANY


Porous Pavement
Shared Path
10'
Vegetated Buffer Strip
4'
Crossings needed for
golf course users
Standard Pavement Subbase
26'
Stone Stormwater
Storage/Infiltration Bed
Groundwater Recharge


perforeret kantsten
kantsten
1000
4200
3500
2400
1500
haver
klippet græsrabat
regnbed / grøft nedsivningsmuld
kørebane asfalt
græsrabat
fortov
grus

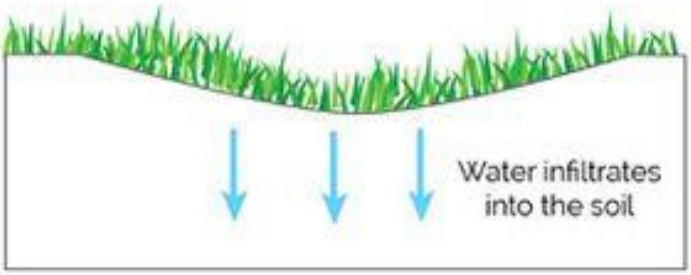

GRAVEL INLET TRENCH
PRETREATMENT (FOREBAY)
1/2 ROUND PIPE-WEIR
OPTIONAL CHECK DAM
UNDERDRAIN
CULVERT
RIPRAP
INFLOW
SHOULDER
DRIVEWAY
ROADWAY
PLAN VIEW
2' TO 8' BOTTOM WIDTH
SHOULDER-ROADWAY
CAPACITY FOR 5-10YRS
NON-EROSIVE STORM DESIGN
WATER QUALITY
2:1 SLOPE OR FLATTER
2:1 SLOPE OR FLATTER
30" PERMEABLE SOIL
FILTER FABRIC
6" GRAVEL
4" UNDERDRAIN PERFORATED PIPE
SECTION

Swale Functions



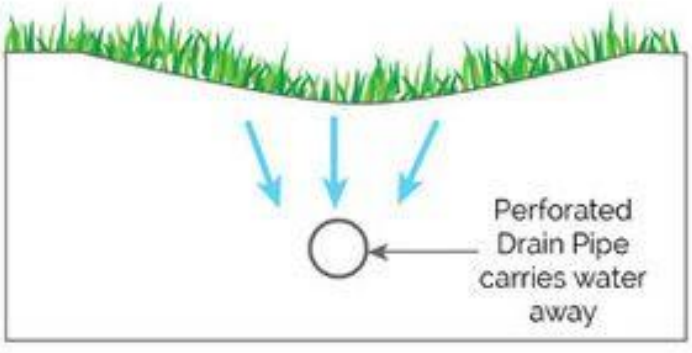
Best for soils with low infiltration rate

Swale to move water on the surface



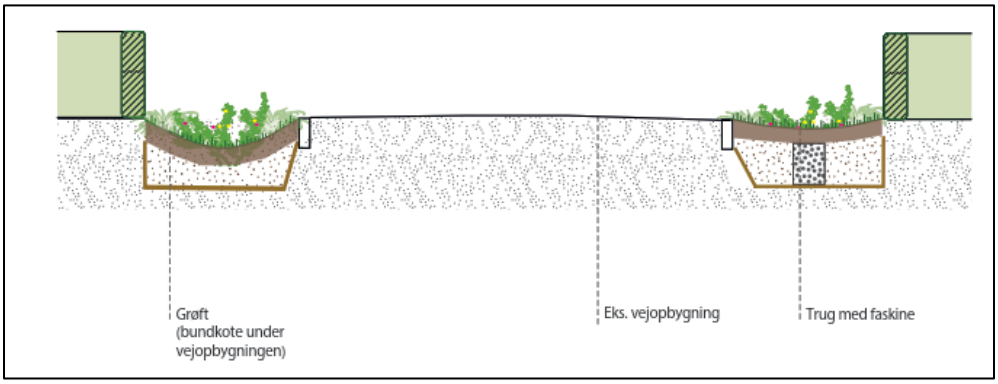
Best for soils with high infiltration rates

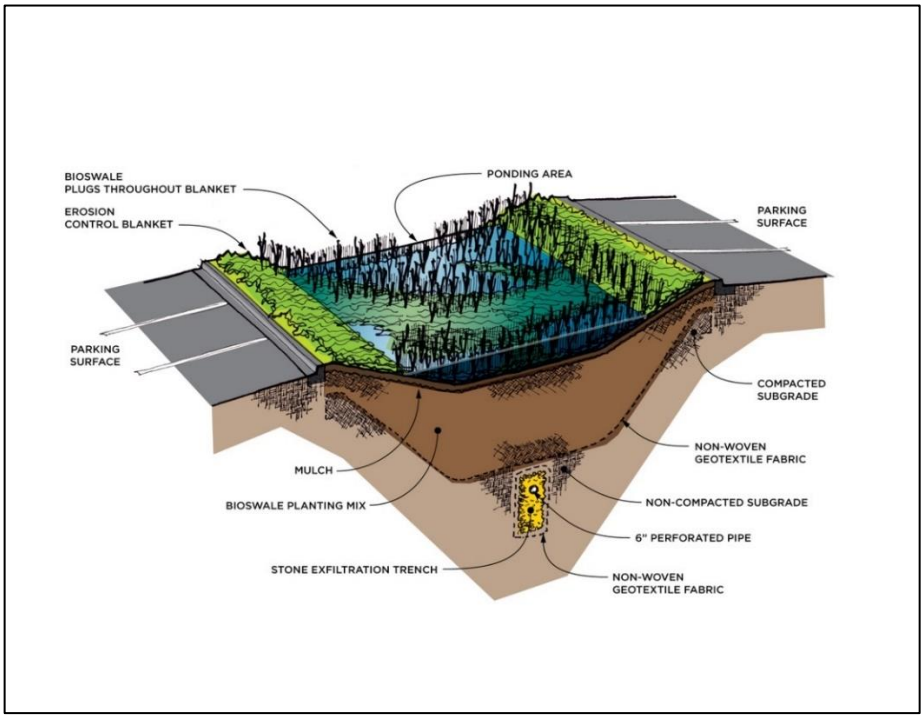
Swale for Infiltration

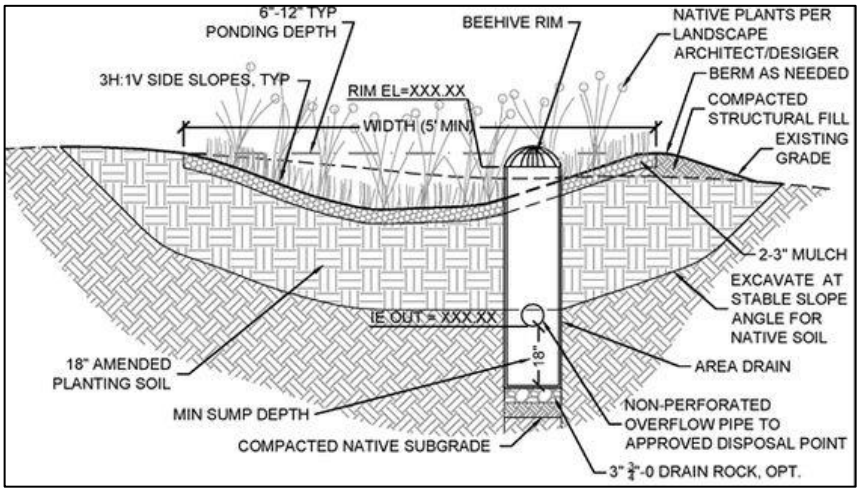


Best for climate with heavy, consistent rainfall or sites with limited infiltration

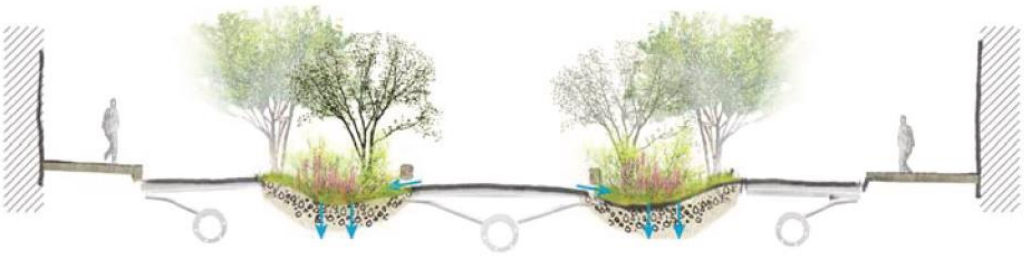
Swale-Pipe Combo to move water underground


Grøft
(bundkote under
vejopbygningen)
Eks. vejopbygning
Trug med faskine

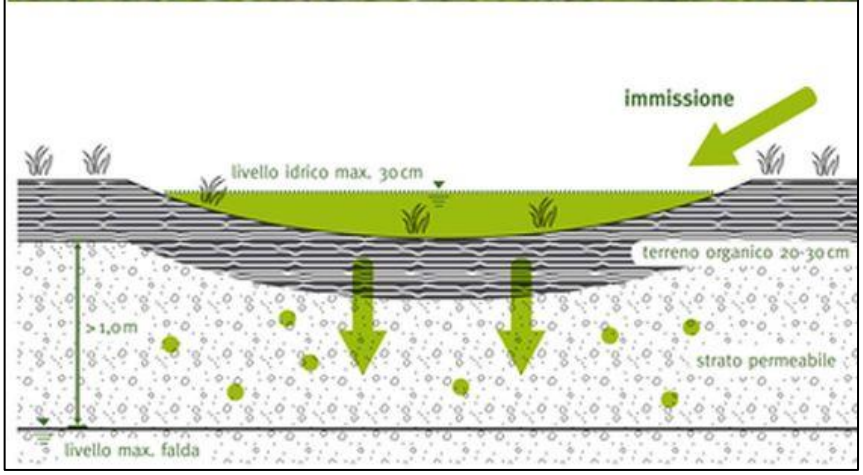

BIOSWALE
PLUGS THROUGHOUT BLANKET
EROSION
CONTROL BLANKET
PONDING AREA
PARKING
SURFACE
PARKING
SURFACE
COMPACTED
SUBGRADE
NON-WOVEN
GEOTEXTILE FABRIC
MULCH
BIOSWALE PLANTING MIX
NON-COMPACTED SUBGRADE
6" PERFORATED PIPE
STONE EXFILTRATION TRENCH
NON-WOVEN
GEOTEXTILE FABRIC


6"-12" TYP
PONDING DEPTH
BEEHIVE RIM
NATIVE PLANTS PER
LANDSCAPE
ARCHITECT/DESIGER
3H:1V SIDE SLOPES, TYP
RIM EL=XXX.XX
BERM AS NEEDED
COMPACTED
STRUCTURAL FILL
WIDTH (5' MIN)
EXISTING
GRADE
2-3" MULCH
EXCAVATE AT
STABLE SLOPE
ANGLE FOR
NATIVE SOIL
IE OUT = XXX.XX
18"
AREA DRAIN
18" AMENDED
PLANTING SOIL
MIN SUMP DEPTH
NON-PERFORATED
OVERFLOW PIPE TO
APPROVED DISPOSAL POINT
COMPACTED NATIVE SUBGRADE
3" ¾"-0 DRAIN ROCK, OPT.

Delay street rain-lane







9.4. Referencefoto



Flensborg



Hamborg



Ukendt lokation



Lørenskogvej Rødovre



Portland



USA



USA



USA



UK



Tyskland