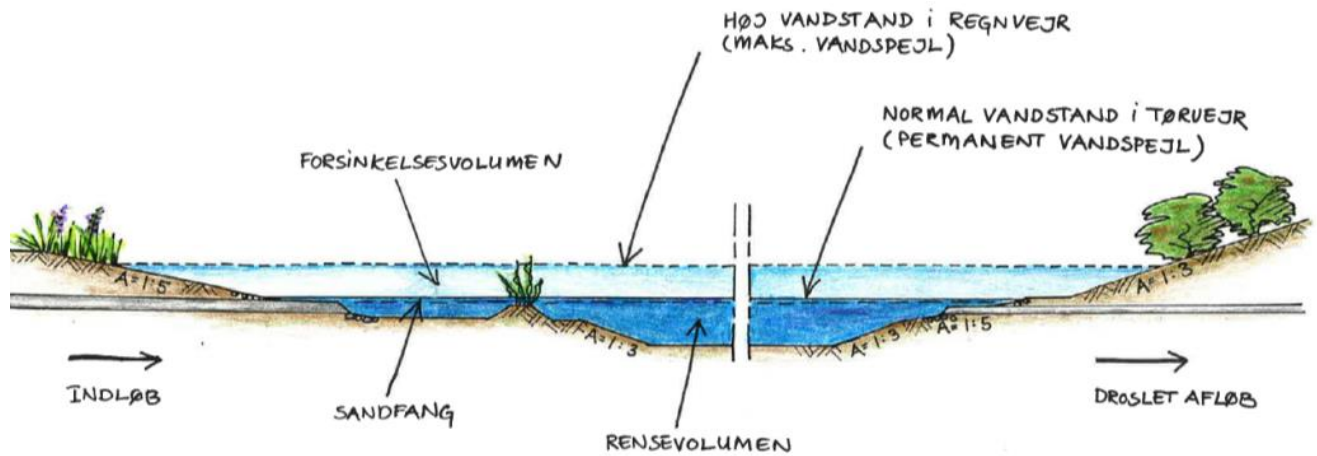


Aarhus Kommune – Gældende design og dimensio- neringskrav

TEKNIK OG MILJØ
Plan, Byggeri og Miljø
Aarhus Kommune

Grundvand og Spildevand
Karen Blixens Boulevard 7
8220 Brabrand



Indhold

1	Formål	3
2	Introduktion.....	3
3	Afledning af regnvand til det offentlige afløbssystem.....	4
3.1	Tilslutningstilladelse og tilslutningsaccept	4
3.2	Maksimal afledning og afløbskoefficienter	4
3.3	Fastsættelse af afløbskoefficienter	6
3.4	Oplandsbeskrivelse – Byggefeltsopgørelse	7
3.5	Afløbskoefficienter i ”Ny By”	8
3.6	Afløbskoefficienter i eksisterende by	9
4	Grundvandsbeskyttelse	10
4.1	Zonekort for grundvandsbeskyttelse	10
4.2	Nedsivningspraksis	10
5	Hydraulisk dimensionering	11
5.1	Nedbørsdata til hydraulisk dimensionering	11
5.2	Serviceniveau – Dimensionsgivende regn	11
5.3	Sikkerhedsfaktorer	13
5.4	Dimensioneringskriterier	14
5.5	Dimensioneringskriterier for åbne render og ledninger	16
5.6	Bassindimensionering ved tilslutning til ledningssystem	19
5.7	Dimensionering af forsinkelsesanlæg ved udledning til recipient.	23
5.8	Dimensionering for nedsivningsanlæg og filterbassiner	24
6	Design og anlægskrav til regnvandsanlæg	27
6.1	Adgangsvej	27
6.2	Sandfang	27
6.3	Sandfang ifm. regnvandsbassiner	27
6.4	Olieudsklier	29
6.5	Design af våde regnvandsbassiner	30
6.6	Design af infiltrationsbassiner og filterbassiner	33
6.7	Åbne render, grøfter og wadier.....	34
6.8	Filterjord.....	35
7	Ekstremregn	39
8	Ordliste	40
9	Reference.....	41

1 Formål

Formålet med dette notat er at præcisere Aarhus Kommunes gældende dimensioneringskrav for håndtering af tag- og overfladevand.

Ved fornyelse af Aarhus Vands eksisterende systemer henvises til spildevandsplanen og Aarhus Vands projekthåndbog.

Sagsbehandling vil altid blive behandlet med udgangspunkt i det konkrete projekt og kendskab til de lokale forhold.

2 Introduktion

På Aarhus Kommunes hjemmeside findes der en række vejledninger og skemaer som kan anvendes i forbindelse med ansøgningen om enten udledning eller nedsivning af regnvand:

<https://www.aarhus.dk/borger/bolig-byggeri-og-miljoe/miljoe-og-kloak/vand-og-kloak/hvad-goer-du-med-dit-regnvand/#:~:text=Afledning%20via%20Aarhus%20Vands%20kloaksystem,med%20din%20ans%C3%B8gning%20om%20byggetilladelse.>

Vilkår for udledning og nedsivning af tag- og overfladevand vil i hver enkelte sag udarbejdes med udgangspunkt i et konkret kendskab til de lokale forhold, såsom jordbundsforhold, forureningskilder og recipienternes følsomhed.

I de følgende afsnit er der beskrevet de generelt gældende krav for dimensionering af anlæg til håndtering af tag- og overfladevand.

3 Afledning af regnvand til det offentlige afløbssystem

Borgere og virksomheder har tilslutningspligt og tilslutningsret, når de ligger i et kloakopland. Kloakoplandstypen viser om der er tilslutningsret og tilslutningspligt for både husspildevand og tag- og overfladevand, eller kun for husspildevand. Kloakoplandstypen for et område eller matrikel kan findes på:

<https://gisportalen.aarhus.dk/miljoe-og-natur/spildevandsplan/>

3.1 Tilslutningstilladelse og tilslutningsaccept

Aarhus Kommune giver tilladelse til kloaktilslutning i forbindelse med nybyggeri samt tilbygninger, der kræver byggetilladelse.

Desuden skal der ved tilslutning til det offentlige afløbssystem i Aarhus Kommune opnås tilslutningsaccept hos Aarhus Vand. Dette opnås normalt i forbindelse med byggetilladelsen. Ved denne accept oplyser Aarhus Vand den acceptable maksimale afledningsret i l/s (herefter kaldet "afløbstal").

Formålet med en regulering af tilslutningen af regnvand er, at der kun ledes den mængde regnvand til det offentlige afløbssystem, som afløbssystemet er dimensioneret til, så borgere og virksomheder undgår oversvømmelser som følge af kapacitetsproblemer i det eksisterende afløbssystem.

3.2 Maksimal afledning og afløbskoefficienter

Regulering af den maksimale afløbskoefficient har ingen konsekvenser for eksisterende byggeri - den har kun konsekvenser ved nybyggeri, nyopførelse samt til-/ombygninger.

Tabel 3-1. Krav ved afledning eller tilslutning til afløbssystem

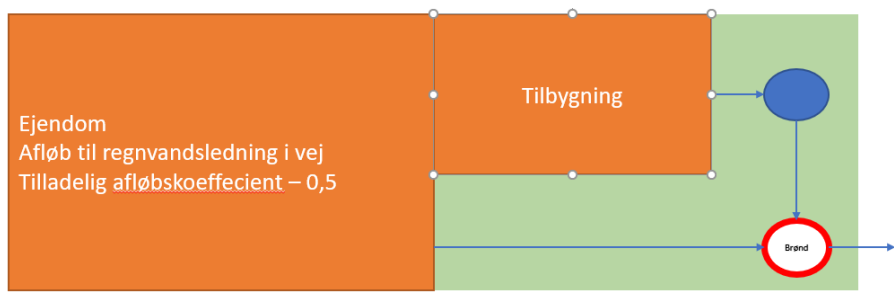
Parameter	Gældende krav/vilkår	Bemærkninger
Afløbstal (l/s)	Rekvireres fra Aarhus Vand	Afløbstallet vurderes i den enkelte sag, og udarbejdes med udgangspunkt i et konkret kendskab til eksisterende lovlige tilslutninger. Ved overskridelse af afløbstallet vil der blive sat krav om vandbremse og forsinkelsesvolumen.
Forsinkelsesvolumen (m ³)	Se afsnit 5.5.45.2	Vurderes i den enkelte sag, og udarbejdes med udgangspunkt i et konkret kendskab til lokale forhold.
Rensekrav	Rekvireres fra Aarhus Kommune	Vurderes i den enkelte sag, og udarbejdes med udgangspunkt i et konkret kendskab til lokale forhold.

Hvis en ejendom ønskes befæstet mere, end den maksimale afløbskoefficient giver mulighed for, skal vandet nedsives eller på anden måde forsinkes på egen grund, så den maksimale vandafledning fra ejendommen er i overensstemmelse med den maksimale afløbskoefficient.

I den enkelte sag vil der blive taget stilling til den "maksimale afløbskoefficient" på baggrund af de faktiske forhold og hvad der måtte findes af tidligere sager for ejendommen(e) eller området.

FAKTABOKS – AFLØBSKOEFFICIENT Afløbskoefficienten angiver, hvor stor en del af det regnvand, der falder på en grund, som må ledes væk fra arealet til afløbssystemet.	FAKTABOKS – AFLØBSTAL Afløbstallet (l/s) er beregnet på baggrund af grundens afløbskoefficient, grundareal samt den regnintensitet, der er anvendt til dimensionering af det offentlige afløbssystem på det tidspunkt, hvor det er anlagt.
---	--

Opførelse af nye tilbygninger til det eksisterende byggeri medfører typisk, at der afledes en større mængde regnvand fra ejendommen til det offentlige afløbssystem. I praksis betyder dette, at der ved overskridelse af den tilladte afløbskoefficient skal etableres separat opsamling af den "ekstra regnmængde". Dette kan f.eks. være ved opsamling og forsinkelse af vand fra tilbygningen eller på anden vis sikre, at afledningsretten til det offentlige afløbssystem ikke overskrides.



Figur 1. Ejendom med tilslutning til det offentlige afløbssystem. Tilbygning med håndtering af vand på egen grund.

3.3 Fastsættelse af afløbskoefficienter

Afløbskoefficienter anvendes ved dimensionering af anlæg til håndtering af regnvand ved tilslutninger og udledning af overfladevand. Det fremgår af tabel 2 hvilke afløbskoefficienter der gælder for forskellige typer overflader.

Tabel 3-2. Afløbskoefficienten er den faktor, som udtrykker hvor stor en del af nedbøren, der afstrømmer til afløbssystemet. Den resterende del af regnen nedsiver og bliver tilbageholdt i overfladen.

Overflade	Afløbskoefficient
Fuldt befæstede områder f.eks. asfalterede veje	0,9
Tagflader	0,9
Flisebelægning	0,7
Grusmacadam (komprimeret SG o. lign.)	0,5
Græsarmering	0,4
Grusareal	0,3
Grønne tage	Se tabel 3
Grønne områder	Se tabel 3

Ved anvendelse af disse afløbskoefficienter er arealerne per definition reduceret (dvs. den hydrologiske reduktionsfaktor er allerede indregnet).

Ved bassindimensioneringsberegning på dette grundlag, hvor den hydrologiske reduktionsfaktor måtte indgå (fx regnearket fra Skrift 30 til bassindimensionering), skal den hydrologiske reduktionsfaktor derfor sættes til 1.

I Aarhus Kommune er det besluttet, at følgende afløbskoefficienter skal benyttes ved etablering af grønne tage, hvor der både er taget højde for peak-reduktion og peak-forsinkelse[1].

Tabel 3-3: Afløbskoefficienter for "grønne tage"

Beplantning	Tykkelse af vækstlag	Afløbskoefficient
Mos og stenurt	20 – 60 mm	0,8
Mos, stenurt og andre mindre planter	60 – 150 mm	0,7
Græs og mindre planter	150 – 500 mm	0,6
Græsplæne og større planter/mindre træer	>500 mm	0,5
Græsplæne og større planter/mindre træer	>1000 mm	0,1

3.4 Oplandsbeskrivelse – Byggefeltsopgørelse

I mindre og ukomplekse oplande kan beregningen af det reducerede areal foretages på en simplere måde, som i afsnit 3.4.1.

For store arealer og komplekse tilslutninger skal afløbsforholdene undersøges nærmere. Her vurderes eller fastlægges befæstelsesgraden for hele området og bruges som beregningsgrundlag for dimensioneringen. Befæstelsesgraden er den andel af det samlede opland, som er befæstet med fliser, bygninger, asfalt eller en anden slags tæt overflade, hvor vandet ikke kan trænge igennem.

3.4.1 Eksempel – simpel beregning af det reducerede areal

I Tabel 3-44 er vist et eksempel på beregning af det reducerede areal for en grundstørrelse på 1.100 m², hvoraf 250 m² er tagflade, 100 m² er fliser, 40 m² er græsarmeret parkering og 710 m² er grønt område. Når afløbskoefficienterne ganges på det befæstede areal, findes det "reducerede areal", der er det areal med en (semi)impermeabel flade, der reelt afledes vand fra. Det reducerede areal benyttes beregningsmæssigt til dimensioneringen.

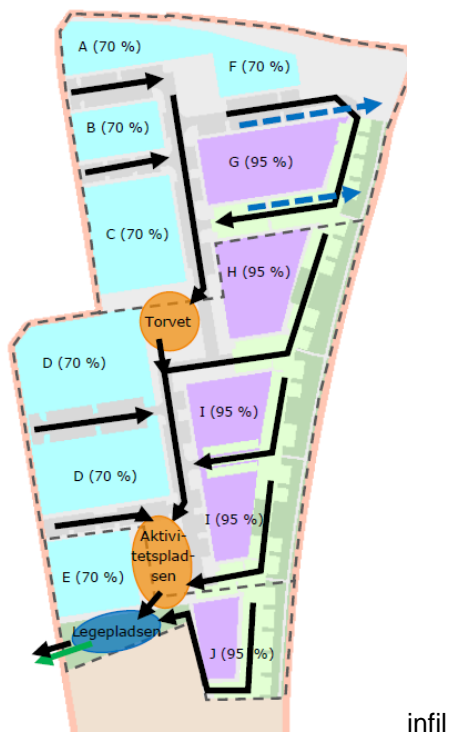
Tabel 3-4. Beregning af reduceret areal for f.eks. et parcelhus.

Befæstelsestype	Areal (m ²) A	Afløbskoefficient ϕ	Reduceret areal (m ²) A·ϕ
Tag	250	0,9	225
Fliser	100	0,7	70
Græsarmering	40	0,4	16
Grønt	710	0,1	71
Sum	1100	-	382

3.4.2 Eksempel – komplekse afløbsforhold

Afløbskoefficienterne angives indenfor for de enkelte deloplande og/eller byggefelter som illustreret i Figur 2. Den samlede afløbskoefficient for området er

grundlag for dimensionering af afløbssystemet for området. Det betyder, at såfremt befæstelsesgraden og dermed afløbskoefficienten øges i forhold til de angivne værdier, skal der etableres forsinkelse i det enkelte delområde inden tilslutning til afløbssystemet. Oplandsbeskrivelserne gennemgås og kvalitetssikres af rådgiveren. Desuden angiver den grønne pil omtrentligt udledningspunkt til forsyningens afløbssystem, og sorte pile viser forventede strømningsveje for både serviceniveau- og ekstremregn.



Figur 2. Situationsplan med afløbskoefficienter for de enkelte deloplande eller byggefelt. Ref. NIRAS

3.5 Afløbskoefficienter i "Ny By"

Afløbskoefficienter for "Ny By" afhænger af den arealanvendelse, der er angivet i kommuneplanen og lokalplanen, f.eks. erhvervsområder, boligområde mm. I alle tilfælde skal der etableres anlæg til håndtering af tag- og overfladevand i overensstemmelse med lokalplanen.

For områder der er lokalplanlagt, og hvor der foreligger en regnvandshåndteringsplan skal der som udgangspunkt anvendes afløbskoefficienterne fastsat i denne.

I alle tilfælde skal det sikres, at der afsættes det nødvendige areal til håndtering af regnvand. Det er ligeledes vigtigt, at de nødvendige arealudlæg til placering af regnvandsbassin, traceer for afløbssystemet mv. også fastlægges tidligt i processen.

3.6 Afløbskoefficienter i eksisterende by

I eksisterende byområder gælder, at der ikke kan tilsluttes mere regnvand end det afløbstal (l/s), der beregnes på baggrund af områdets eksisterende afløbskoefficient, grundareal samt dimensionssgivende regnintensitet på det tidspunkt, hvor det offentlige kloakanlæg blev udført.

Afløbskoefficienter og afløbstal rekvireres af Aarhus Vand i forbindelse med evt. byggesag.

I den enkelte sag vil der blive taget stilling til den "maksimale tilladelige afløbskoefficient" på baggrund af de faktiske forhold og hvad der måtte findes af tidligere sager for ejendommen(e), medmindre andet er meddelt i en tilslutningstilladelse.

4 Grundvandsbeskyttelse

4.1 Zonekort for grundvandsbeskyttelse

Grundvandsbeskyttelsen er inddelt i 3 beskyttelsesniveauer efter grundvands-sårbarhed. Det kan have betydning for, hvordan og hvilke krav der sættes til det enkelt projekt. Derfor skal du først undersøge, om dit projekt ligger i et område med grundvandsbeskyttelse.

Det gør du via kortet i linket:

<http://webgis.aarhus.dk/minimaps/nedsivningszoner.html>

- I de grønne områder er nedsivning via faskine og fra terræn tilladt.
- I de gule områder er det kun nedsivning af regnvand fra terræn, der er tilladt. Nedsivning fra terræn kan enten være via et regnbed eller en lavning i græsplænen.
- I de røde områder er nedsivning af regnvand som udgangspunkt ikke tilladt på grund af særlig grundvandsbeskyttelse.

4.2 Nedsivningspraksis

Dette afsnit omhandler håndtering af regnvand fra tagflader og andre befæstede arealer herunder terrasser, indkørsler mv.

4.2.1 Grønt område

Tag- og overfladevand kan nedsives fra f.eks. faskiner, regnbede, wadier mm. Det forudsættes, at der ikke tillades brug af pesticider, algemidler og andre bekæmpelsesmidler, hvorfor der ikke ønskes og ikke tillades nedsivning af forureningskomponenter. Anvendes der byggematerialer med væsentligt indhold af forurenende stoffer kan der stilles særlige vilkår.

4.2.2 Gult område

Tag- og overfladevand Regnvandet kan nedsives fra terræn fra f.eks. regnbede, wadier, græsplæne, nedsivningsbassiner mm. Der gives som udgangspunkt ikke tilladelse til nedsivning fra faskiner. Nedsivning af overfladevand skal ske igennem filterjord eller på anden måde renses for at sikre tilbageholdelse af miljøfremmede stoffer bedst muligt. Der tillades ikke brug af pesticider, algemidler og andre bekæmpelsesmidler. Anvendes der byggematerialer med væsentligt indhold af forurenende stoffer kan der stilles særlige vilkår.

4.2.3 Rødt område

Der er i området stort behov for beskyttelse af grundvandet. Nedsivning af overfladevand tillades som udgangspunkt ikke. Alt overfladevand fra

befæstede arealer skal opsamles og afledes til recipient (sø, vandløb eller havet). Bassiner og anlæg til håndtering af overfladevand indenfor området skal etableres med tæt bund og må som udgangspunkt ikke etableres indenfor områder omfattet af grundvandsbeskyttelseszonen for boringsnære beskyttelsesområder (BNBO).

5 Hydraulisk dimensionering

I det følgende foretages en gennemgang af de principper og dimensioneringskriterier, der ligger til grund for den hydrauliske dimensionering af anlæg til håndtering af tag- og overfladevand i Aarhus Kommune.

Aarhus Kommune og Aarhus Vand anvender som udgangspunkt de kriterier der er anbefalet, jf. spildevandskomiteens skrift 27, 29, 30 og 31 eller senere revisioner af disse [2]. Dimensioneringskriterierne har betydning for, hvor store anlæggene bliver, og hvor tit der opstår kritiske opstuvninger, der kan resultere i oversvømmelser til terræn.

Ved analyse af hydraulisk komplicerede og/eller større områder anvendes Aarhus Vands projekthåndbog. Projekthåndbogen kan rekvireres ved henvendelse til Aarhus Vand A/S.

5.1 Nedbørsdata til hydraulisk dimensionering

Nedbøren i Aarhus Kommune bliver målt flere steder og kan bruges som input til at dimensionere forsinkelsesvolumenet. Aarhus Kommune og Aarhus Vand har tradition for at bruge en repræsentativ regnmåler. Her anvendes regnmåleren på Viby Renseanlæg, som har målt nedbør siden 1. januar 1979.

Tabel 5-1. Regnmåler der som udgangspunkt skal anvendes til dimensionering

Parameter	Gældende krav/ vilkår	Bemærkninger
Regnmåler:	Viby måleren Stations No.: 5177 Utmx: 571099 Utmy: 6220681	Årsmiddelnedbør: 707 mm jf. [2]

5.2 Serviceniveau – Dimensionsgivende regn

Serviceniveauet fastsætter, hvor ofte Kommunalbestyrelsen vil tillade, at vand fra kloaksystemet optræder på terræn, det vil sige udenfor kloaksystemet og potentielt til gene for borgerne. Serviceniveauet svarer til minimumskravet i Spildevandskomiteens Skrift 27 for tilladelig gentagelsesperiode ved opstuvning til terræn. Dette serviceniveau kan ikke forventes overholdt i ældre kloakoplande.

Aarhus Kommunes serviceniveau er for alle nye og fuldt fornyede kloakoplande og er formuleret som følger:

Der må ikke forekomme oversvømmelse til ejendommens stueplan i naturligt terræn hyppigere end:

- Én gang hvert tiende år (T=10) i fælleskloakerede områder
- Én gang hvert femte år (T=5) i separatkloakerede områder

Udover acceptkriterier for opstuvning til terræn, skal der ligeledes sikres ved dimensionering af nye systemer, at overskridelse af ledningskapacitet/ledningstop ikke må forekomme hyppigere end:

- Én gang hvert andet år (T=2) i fælleskloakerede områder
- Én gang pr. år (T=1) i separatkloakerede områder

Den dimensionsgivende regnintensitet for ovenstående gentagelsesperioder kan fastsættes ud fra Tabel 5-2.

Valg af afstrømningstid på 10 minutter afspejler afledning af overfladevand fra villagrunde og mindre boligarealer. Ved større installationer kan der regnes med mindre regnintensiteter, dvs. hvis det ved en forsinkelsesberegning påvises at være tilladeligt.

Tabel 5-2. Dimensionsgivende middelintensiteter for 10 minutter, uden sikkerhedsfaktor

	T=1 år, l/s/ha	T=2 år, l/s/ha	T=5 år, l/s/ha	T=10 år, l/s/ha
10 min	111	137	177	212

De anførte middelintensiteter svarer til landsregnrækkens regnskyl med en varighed på 10 minutter jf. Spildevandskomiteens skrift nr. 30 for lokation af Viby Renseanlæg med en årsmiddelnedbør 707 mm.

5.3 Sikkerhedsfaktorer

For at tage hensyn til usikkerheder i forudsætningerne som f.eks. fremtidig udvikling (klimaændringer) og ændringer i befæstede arealer, anvendes en sikkerhedsfaktor i regnearkene. Valg af sikkerhedsfaktorer på regndata i henhold til Spildevandskomitéens Skrift nr. 30 [2] fastsættes på baggrund af viden om lokale forhold og levetid af anlæg.

Generelt fastlægges afløbssystemets dimensioner med følgende sikkerhedsfaktorer, som angivet i tabel 6.

Tabel 5-3. Anbefalede klimafaktorer jf. Spildevandskomitéens skrifter.

**For usikkerhedsfaktoren på Åbne render anvendes der som udgangspunkt en faktor 1,2, men kan afviges ved faglig begrundelse. F.eks. ved validerede modeller kan faktor nedjusteres til 1,0.*

Parameter	Ledninger	Åbne render	Forsinkelsesbassiner	Nedsivningsanlæg, fx faskiner, regnbede
Klimafaktor, standard	1,2 ved T=2 1,3 ved T=10 1,4 ved T=100	1,2 ved T=2 1,3 ved T=10 1,4 ved T=100		
Usikkerhed på regndata og beregninger mm.	1,2	1,2*	1,2 ved T=10	1,2 ved T=10

Den samlede sikkerhedsfaktor findes ved at gange faktorer for klima, fortætning og usikkerhed sammen.

Fastsættelse af den enkelte sikkerhedsfaktor sker indenfor rammerne fastsat af den/de enkelte myndigheder og fastlægges i de enkelte projekter.

5.4 Dimensioneringskriterier

Generelt, for at der kan gennemføres hydraulisk analyse uden brug af hydrauliske modeller, skal følgende forudsætninger som minimum være opfyldt:

1. Den samlede afstrømningstid er mindre end 10 minutter
2. Afløbssystemets struktur kan betragtes som værende simpel (ren træstruktur – aldrig mere end én udgående ledning fra en brønd)
3. Der kan ikke forekomme tilbagestuvning i afløbssystemet grundet bassinopfyldning eller ved kapacitetsproblemer i nedstrømsliggende ledninger.
4. Der er ikke serieforbundne bassiner i oplandet.

Ved analyse af hydraulisk komplicerede og/eller større områder anvendes Aarhus Vands projekthåndbog. Projekthåndbogen kan rekvireres ved henvendelse til Aarhus Vand A/S.

5.4.1 Beregning af forsinkelsesvolumen

For simple hydrauliske systemer anbefaler Aarhus Kommune, at man anvender *Spildevandskomitéens* seneste regneark til beregning af forsinkelsesvolumen

Til beregning af nødvendigt forsinkelsesvolumen under mere komplicerede forhold (koblede bassiner) skal der anvendes mere avancerede metoder end *Spildevandskomitéens* regneark.

F. eks kan programmet WPD anvendes, som beskrevet i denne vejledning: *Vejledning til beregning af udledte stofmængder fra koblede bassiner og LAR-løsninger* [3]

- <https://www.aarhus.dk/media/5482/vejledning-til-beregning-af-udledte-stofmaengder-fra-koblede-bassiner-og-lar-loesninger.pdf>
- <http://separatvand.dk/wdp.html>

Parameter	Anbefalinger	Bemærkninger
Regnvandsbassiner	https://ida.dk/media/3007/regionalregnrække_ver_4_1.xls	
Faskiner	https://ida.dk/media/3003/opdateret-lar-dimensionering-regneark.xlsx	Når man dimensionerer nedsivningsanlæg ved brug af SVK-regnearket, så melder programmet en fejl hvis tømme tiden bliver for lang. Det er ikke fordi SVK-regnearket anbefaler en bestemt tømme tid, men er blot et udtryk for at tømme tiden er for lang pga. leret undergrund (dårlige nedsivningsevne) og beregninger stoppes. Nedsivning er derfor ikke muligt...
Regnbede og Nedsivning fra grønne arealer	https://ida.dk/media/3003/opdateret-lar-dimensionering-regneark.xlsx	

5.4.2 Tømme tid

Når man dimensionerer forsinkelses anlæg, er det vigtigt at vurdere tømme tiden. Bliver tømme tiden for lang vil der være risiko for at forsinkelses anlæg vil gå i overløb oftere en forudsat.

Er tømme tiden længere end de i Tabel 5-4 anbefalede tømme tider skal der foretages en yderlig vurdering af om sikkerhedsfaktorerne beskrevet i Tabel 5-3 er anvendelige.

Uanset hvad skal der tages en risikovurdering af, hvor vandet løber hen ved en overbelastning. Det skal sikres, at vandet ikke strømmer mod bygninger eller anden infrastruktur som evt. kan beskadiges.

Der er også forskel på mindre og større LAR-anlæg.

Tabel 5-4. Anbefalede Tømme tid for forsinkelses anlæg i Aarhus Kommune

Parameter	Gældende krav/vilkår	Bemærkninger
Regnvandsbassiner	72 timer	
Faskiner	144 time	Anvendes SVK-regnearket til dimensionering Der er også forskel på mindre og større LAR-anlæg. Ved større LAR-anlæg bør historiske regn anvendes til dimensionering

LAR-anlæg: Regnbede og Nedsivning fra grønnearealer	Tømmetiden må maksimalt være 72 timer, og det anbefales at tømmetiden er kortere. Der skal dimensioneres efter en tømmetid på 24 timer med en gentagelse periode på 1 år.	Korte tømmetider fremmer varieret planteliv samt reducerer "tilklogning" af infiltrationsoverfladen. Det bør derfor tilstræbes at holde tømmetiden i den lave ende af det angivne interval.
---	---	--

5.5 Dimensioneringskriterier for åbne render og ledninger

5.5.1 Åbne render og grøfter

Dimensionsgivende regnmængder til grøfter/renderer findes på samme måde som ved almindelig dimensionering af regnvandssystemer.

Der tages udgangspunkt i et funktionskrav om opstuvning til terræn sjældnere end én gang hvert femte år ($T=5$).

Dimensioner på grøften/renderen dimensioneres efter fald i m/m samt ruheden, hvilket afhænger af om grøften/renderen består af græs, sten, jord, betonfliser osv.

Ved anlæg af kanaler og grøfter er det vigtigt at sikre, at vandhastigheden i disse ikke bliver for høj. En høj vandhastighed vil give anledning til erosion af bund og sider i kanalerne, hvilket medfører en hurtig nedslidning af anlæggene og dermed højere driftsomkostninger.

Tabel 5-5. Dimensioneringskrav for render og grøfter

Parameter	Gældende krav/vilkår	Bemærkninger
Dimensionsgivende regnintensitet	276 l/s/ha	5 års regnintensitet 177 l/s/ha Klimafaktor = 1,30 Modelusikkerhed = 1,20 Samlet faktor = 1,56 $177 * 1,56 = 276$ l/s/ha
Maksimal vandhastighed	0,3 m/s	
Maksimalt fald	10 ‰	Slyng kan anvendes i områder med gode pladsforhold. Vandtrapper kan anvendes ved stejle faldforhold.
Manningtal	Kantstensafstrømning: 40 m ^{1/3} /s Betonstøbte: 60 m ^{1/3} /s Minimal vegetation: 33 m ^{1/3} /s Vegetation: 15 m ^{1/3} /s	
Erosionssikring	Der skal etableres erosionssikring i grøfter og trug af jord med vandhastigheder over 0,3 m/s og/eller stort længdefald (større end ca. 10 ‰). Erosionssikring af bund og grøftesider kan foretages med stensikringer eller med betonflader, fliser e.lign.	
Indløb og udløb	Ved rørindløb anbefales indløbet anlagt min. 0,05 m over grøftebunden for at undgå tilslemning af røret. Rørudløb placeres min 20 cm over bund for udløb af rør til grøft. Derudover skal alle ind- og udløb sikres mod erosion ved f.eks. at placere sten ved ind og udløb.	

5.5.2 Ledninger

Der tages udgangspunkt i et funktionskrav på opstuvning til terræn sjældnere end én gang hvert femte år for separatkloakerede områder (T=5) og én gang hvert tiende år for fælleskloakerede områder (T=10), hvilket skønnes opfyldt ved dimensionering af fuldtløbende rør med en regnintensitet for en 1 års hændelse (T=1) og 2 års hændelse (T=2) for hhv. separatkloakerede og fælleskloakerede områder.

Kriteriet for stuvning til terræn kan eventuelt efterfølgende kontrolleres af grundejer vha. modelberegninger ved anvendelse af en lokal regnserie, fx hvor ledningsdybder er mindre end 2 m.

Tabel 5-6. Dimensioneringskrav for ledninger

Parameter	Gældende krav/ vilkår	Bemærkninger
Dimensionsgivende regnintensitet – Separatsystem - fuldt løbende rør	173 l/s/ha	1 års regnintensitet 111 l/s/ha Klimafaktor = 1,30 Modelusikkerhed = 1,20 Samlet faktor = 1,56 $111 * 1,56 = 173$ l/s/ha
Dimensionsgivende regnintensitet – Fællessystem - fuldt løbende rør	214 l/s/ha	2 års regnintensitet 137 l/s/ha Klimafaktor = 1,30 Modelusikkerhed = 1,20 Samlet faktor = 1,56 $137 * 1,56 = 214$ l/s/ha
Manningtal	Betonstøbte: $75 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ Plastik: $85 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$	
Indvendig ledningsdimension	Beton: Lige med handelsdimension Plastik: Producentens angivne indvendige dimension	

5.5.3 Afledning ved gravitation

Det er desuden en regel, at man som grundejer skal kunne aflede spildevand fra stueplan ved gravitation (at vandet løber af sig selv). Afledning af vand fra kælderplan er ikke omfattet af forsyningspligten, altså er det ikke kommunens eller kloakforsyningens ansvar, men den enkelte borgers. Det er derfor ejers ansvar at sikre sig, at regnvand fra kælder kan ledes til kloak, uden risiko for tilbageløb. Udløb fra kælderskakte og lyskasser skal som udgangspunkt ledes/pumpes til regnvandssystem.

5.5.4 Eksempel - Dimensionering af vandrende og ledning

En mindre grundejerforening ønsker at dimensionere en vandrende (grøft) fra tagarealer til et regnbed. Da vandrenden løber tæt ved husmur og terrasse, ønskes der, at renden ikke overbelastes oftere end hvert 5. år.

Afstrømningstiden for en mindre boligforening med tagarealer og baggård sættes til 10 minutter, og den dimensionsgivende intensitet for den åbne rende vælges fra Tabel 5-5 til 276 l/s·ha inkl. sikkerhedsfaktorer.

Tagarealerne udgør 1.200 m², og regnes som værende fuldt befæstede med en afløbskoefficient på 0,9, hvorefter den dimensionsgivende vandføring, som renden skal kunne føre, bliver:

$$Q_{\text{dim}} = 276 \text{ l/s} \cdot \text{ha} \cdot 0,9 \cdot 1.200 \text{ m}^2 / 10.000 \text{ m}^2/\text{ha} \approx 29,8 \text{ l/s}$$

Fra gårdarealerne skal overfladevandet via en ledning føres frem til regnbedet. Ledningen skal regnes fuldt løbende med den dimensionsgivende intensitet på 173 l/s·ha inkl. sikkerhedsfaktorer, jf. Tabel 5-6.

Gårdarealerne udgør 800 m² og er belagt med fliser. Afløbskoefficienten vurderes her at udgøre 0,7, og ledningen vil derfor skulle dimensioneres for følgende vandføring:

$$Q_{\text{dim}} = 173 \text{ l/s} \cdot \text{ha} \cdot 0,7 \cdot 800 \text{ m}^2 / 10.000 \text{ m}^2/\text{ha} \approx 9,7 \text{ l/s}$$

5.6 Bassindimensionering ved tilslutning til ledningssystem

Ved tilslutning af regnvand til Aarhus Vands ledningssystem skal det sikres, at den samlede belastning af Aarhus Vands system ikke overskrider det maksimalt tilladelig afløbstal (l/s). Overskrides det maksimalt tilladelige afløbstal, risikerer man at nedstrøms afløbssystemer overbelastes, hvilket medfører lokale oversvømmelser af kældre, veje, regnvandsbassiner mm.

Den ekstra regnvandsafledning fra området skal derfor holdes lokalt, og bør nedsives hvor det er muligt. I det omfang det ekstra regnvand ikke nedsives, kan det i stedet forsinkes og afledes. Der skal til dette formål dimensioneres anlæg, der kan forsinke op til en klimafremskrevet 10 års regnhændelse. Det maksimale afløb herfra sættes som udgangspunkt til 1 l/s·ha af hensyn til nedstrøms regnvandsanlæg som f.eks. forsinkelsebassiner eller regnvandsbassiner, ledninger eller nedstrøms vandområder.

Det dimensionsgivende afløbstal for forsinkelse af regnvandet samt evt. forsinkelsesvolumen fastsættes af Aarhus Kommune på baggrund af udtalelse fra Aarhus Vand i det enkelte tilfælde.

I praksis betyder dette, at der ved overskridelse af det tilladte afløbstal skal etableres separat opsamling af den "ekstra regnmængde". Dette kan fx være ved opsamling og forsinkelse af vand fra en parkeringsplads eller på anden

vis fra et fast afgrænset område, hvorfra der kan sættes en vandbremse til droslet afledning af den ekstra regnmængde til 1 l/s/ha.

5.6.1 Eksempel - Tilbygning til eksisterende byggeri

På en 5.000 m² stor matrikel, med en maksimal afløbskoefficient på 0,25 udgør hus, fliser og indkørsel, med tæt belægning, 1000 m², hvorfra regnvandet ledes til det offentlige afløbssystem. Det svarer til en afløbskoefficient på 0,20, hvorfor der ikke stilles krav om forsinkelse af regnvandsafledningen.

Ejerne af ejendommen ønsker at opføre en tilbygning på 500 m². Derved vil afløbskoefficient stige til 0,30 ($1500 \text{ m}^2/5.000 \text{ m}^2 = 0,3$)

Da afledningsretten udgør 0,25 eller 1250 m², kan kun 250 m² af den nye tilbygning afledes direkte til kloak ($1500 \text{ m}^2 - 1250 \text{ m}^2 = 250 \text{ m}^2$). For at undgå at overskride den maksimale afløbskoefficient skal ejerne derfor tilbageholde regnvand på grunden. En typisk løsning vil være at aflede alt eller dele af regnvandet fra den nye bygning til nedsivning i faskine, på græsplænen eller i regnbede. Alternativt kan der på ejendommen etableres et forsinkelsesvolumen, hvorfra der sker en afledning til afløbssystemet gennem en vandbremse.

5.6.2 Eksempel – Dimensionering af forsinkelsesbassin

På en 5.000 m² stor matrikel, skal et kontorbyggeri anlægge en ny større forplads på en grund, hvor den tilladelige afløbskoefficient allerede er nået. Tag- og overfladevand fra det eksisterende byggeri afledes i dag uden forsinkelse til det offentlige regnvandssystem, og skal også gøre det i fremtiden.

Det samlede areal af den nye forplads udgør 2.000 m² red. areal. Der er ikke mulighed for at nedsive vandet, hvorfor overfladevandet afledes forsinket til regnvandssystemet. Der er opnået tilladelse til et afløb på 0,5 l/s, svarende til 1 l/s pr total opland.

For alle private boligtyper anvendes der som udgangspunkt en gentagelsesperiode på 10 år i dimensioneringen med en sikkerhedsfaktor på 1.2.

Det nødvendige forsinkelsesvolumen beregnes i SVK- regnearket til 105 m³.

Regnkurve karakteristika		Bassindimensionering opstrøms udløb	
		<i>Oplandskarakteristika</i>	
Northing (WGS84 ZONE 32)	6220681	Befæstet areal (ha)	0.2
Easting (WGS84 ZONE 32)	571099	Hydrologisk reduktionsfaktor (-)	1
Årsmiddelnedbør [mm]	707	Afskærende lednings kapacitet (l/s)	0.5
Middelværdi ekstrem døgnnedbør		NB. Frekvens- og sikkerhedsfaktorer på regnen indgår ved beregning af bassinvolumen	
DMI Klimagrid [mm/dag]	25.5	Beregnes ud fra N og E koordinater	
Gentagelsesperiode (år)	10	Defineret i Skrift 27, Faktor til beskrivels	
Sikkerhedsfaktor (Fra Skrift 27)	1.2		
Varighed (min)	Intensitet givet ovenstående input (µm/s)	Volumen af bassin	
10	25.45	105 m ³	
		Effekten af koblede regn ER inkluderet (20 % ekstra volumen)	

Figur 3. Beregning af forsinkelsesvolumen med SVK-regnearket version 4.1

Man har valgt at etablere pladsen med permeabel belægning med forsinkelsesvolumen i den underste del af vejaksen, der konstruktionsmæssigt designes til dette formål. Det vælges at anvende vaskede knuste stenmaterialer med en hulrumsprocent på 25 % til at skabe det nødvendige volumen.

Der skal således udgraves et volumen på 105 m³/0,25, i alt 420 m³ eller svarende til en ekstra tykkelse af vejaksen på 21 cm (420 m³/2000 m²).

Reelt vil en del af regnvandet i en del af året kunne nedsive – dette er der opnået tilladelse til – men i den dimensionsgivende situation med relativt højt grundvandsspejl kan der ikke regnes med fradrag til nedsivning.

5.6.3 Eksempel - Tilslutning til eksisterende afløbssystem

Projektet omhandler et nyt byggeri, hvor tag- og overfladevand fra den nye bygning (område 1) samt belægningsarealer (område 2) føres til det eksisterende offentlige regnvandssystem. Område 1 er på 1000 m² og område 2 er på 500 m².

Aarhus Vand har oplyst, at den tilladelige afløbskoefficient er på max 0,8.

Afledningen fra matriklen sker i eksisterende stikledninger, hvor der maksimalt må afledes 140 l/s/ha. De 140 l/s/ha svarer til en 2 års hændelse, hvor forsyningsledninger er fuldt løbende på det tidspunkt afløbssystemet blev dimensioneret.

Det maksimale tilladte afløbstal oplyst af Aarhus Vand er beregnet således:

$$\text{Afløbstal } (Q) = 0,80 \times 0,15 \text{ ha} \times 140 \text{ l/s/ha} = 16,8 \text{ l/s}$$

Oplandstype	Afløbskoefficient	Areal	Reduceret areal	Afledning (l/s)
Område 1	0,9	1000	900	12,6
Område 2	0,9	500	450	6,3
Samlet		1500	1350	18,9

Afløbstatlet fra område 1 (12,6 l/s) ledes direkte og uden forsinkelse til det offentlige regnvandssystem.

Område 2 skal derfor forsinke regnvandsafledningen til 4,2 l/s (16,8 l/s - 12,6 l/s) for at overholde af den maksimale tilladte afløbstal. Afløbstal (4,2 l/s) fra område 2 føres via forsinkelsesbassin og vandbremse til det offentlige regnvandssystem.

For alle private boligtyper anvendes der som udgangspunkt en gentagelsesperiode på 10 år i dimensioneringen med en sikkerhedsfaktor på 1.2.

Det nødvendige forsinkelsesvolumen beregnes i SVK- regnearket til 5 m³.

Regnkurve karakteristika		Bassindimensionering opstrøms udløb	
Northing (WGS84 ZONE 32)	6220681	Oplandskarakteristika	
Easting (WGS84 ZONE 32)	571099	Befæstet areal (ha)	0.045
Årsmiddelnedbør [mm]	707	Hydrologisk reduktionsfaktor (-)	1
Middelværdi ekstrem døgnnedbør		Afskærende lednings kapacitet (l/s)	4.2
DMI Klimagrid [mm/dag]	25.5	NB. Frekvens- og sikkerhedsfaktorer på regnen indgår ved beregning af bassinvolumen	
Gentagelsesperiode (år)	10		
Sikkerhedsfaktor (Fra Skrift 27)	1.2	Volumen af bassin	
		5 m ³	ADVARSEL: Programmet har muligvis ikke optimeret
Varighed (min)	Intensitet givet ovenstående input (µm/s)	Effekten af koblede regn ER inkluderet (20 % ekstra volumen)	
10	25.45		

5.7 Dimensionering af forsinkelsesanlæg ved udledning til recipient

Parameter	Gældende krav/vilkår	Bemærkninger
Afløbskoefficient	Udregnes for oplandet i henhold til afløbskoefficienter i afsnit 3.4	
Afløbstal	Afløbstallet skal fastsættes ved en konkret vurdering i hvert enkelt tilfælde.	Dette afløbstal kan revideres efter en dialog med kommunen og SKAL i den enkelte sag udarbejdes med udgangspunkt i et konkret kendskab til lokale forhold i henhold til recipientens følsomhed. Det vil ofte være 1 l/s/ha totalt opland.
Forsinkelsesvolumen	Til vurdering af forsinkelsesvolumen anvendes <i>Spildevandskomitéens</i> seneste regneark <i>Skrift 30</i> : https://ida.dk/media/3007/regionalregnrække_ver_4_1.xls Til beregning af nødvendigt forsinkelsesvolumen under mere komplicerede forhold kan der anvendes mere avancerede metoder end dette. F. eks kan WPD anvendes, som beskevet i denne vejledning: <i>Vejledning til beregning af udledte stofmængder fra koblede bassiner og LAR-løsninger [3]</i>	
Gentagelsesperiode	10 års hændelse	
Hydrologisk reduktionsfaktor	1	
Klimafaktor	1,2 for en 10 års gentagelsesperiode	
Regn	Viby regnmåleren	Årsmiddelnedbør: 707 mm
Rensevolumen	Minimum 200-300 m ³ /red. ha. Dog skal vådvolumen minimum være 700-800 m ³	Vådvolumen skal minimum være 700-800 m ³ , da bassinets renseseffektivitet nedsættes væsentligt ved for små bassiner. Alternativt kan der arbejdes med LAR-anlæg. Se vejledning:

		<p>”Vejledning til beregning af udledte stofmængder fra koblede bassiner og LAR-løsninger” [3]</p> <p>For regnvandsbassiner uden forsinkelsesvolumen vil der være en ringere stoftilbageholdelse ved samme vådvolumen. For at opnå tilfredsstillende rensning i disse bassiner skal der derfor som udgangspunkt etableres vådvolumen på mindst 250-300 m³/reduceret ha.</p>
--	--	--

5.8 Dimensionering for nedsivningsanlæg og filterbassiner

Parameter	Gældende krav/ vilkår	Bemærkninger
Befæstet areal	Udregnes for oplandet i henhold til afløbskoefficienter i afsnit 3.4	
Hydraulisk ledningsevne (K)	Der skal udføres en nedsivningstest til bestemmelse af den hydrauliske ledningsevne [4]	Her kan du læse, hvordan du udfører en simpel nedsivningstest
Undergrund	Ikke al jord er egnet til infiltration, og generelt anbefales, at den underliggende jord har en mættet hydraulisk ledningsevne på mindst 3-4 µm/s og helst større end 10 µm/s. Desuden bør der være mindre end 20% ler, mindre end 40% ler+silt, samt ingen opfyldningsmaterialer.	
Forsinkelsesvolumen	Til beregning af forsinkelsesvolumen anvendes <i>Spildevandskomitéens</i> seneste regneark; https://ida.dk/media/3003/opdateret-lar-dimensionering-regneark.xlsm Til beregning af nødvendigt forsinkelsesvolumen under mere komplicerede forhold kan der anvendes mere avancerede metoder end dette.	

	F. eks kan WPD anvendes, som beskrevet i denne vejledning: <i>Vejledning til beregning af udledte stofmængder fra koblede bassiner og LAR-løsninger [3]</i>	
Gentagelsesperiode	10 års hændelse	Anlægget skal være dimensioneret til at forsinke en 10 års regnhændelse.
Oplandskarakteristika	Se afsnit 3.3	
Klimafaktor	1,2 for en 10 års gentagelsesperiode ved enkelt matrikler. 1,3 for en 10 års gentagelsesperiode ved større LAR-anlæg (flere matrikler eller storparceller).	
Regn	Viby regnmåleren	Årsmiddelnedbør: 707 mm
Rensekrav	Se afsnit 4.2	
Tømmetid	Der skal dimensioneres efter en tømmetid på 24 timer med en gentagelse periode på 1 år. Tømmetiden må maksimalt være 72 timer, og det anbefales at tømmetiden er kortere. OBS. Forsinkelsesvolumen for skal tilbageholde en regnhændelse med en gentagelsesperiode på 10 år.	Infiltrationsbassinet må ikke henstå med semi-permanent vand, Korte tømmetider fremmer varieret planteliv samt reducerer "tilklogning" af infiltrationsoverfladen. Det bør derfor tilstræbes, at holde tømmetiden i den lave ende af det angivne interval.
Dybde	Regnbed maksimalt 30-50 cm	
Afstand til grundvand	Afstand fra bund af anlæg til grundvand, min. 1 m	Vandet skal kunne sive uhindret ud af bassinet også om vinteren. Undergrunden under bassinet skal derfor være veldrænet med en god afstand til højest forekommende grundvandsspejl

5.8.1 Eksempel – nedsivning

På en 5.000 m² stor matrikel, med en maksimal afløbskoefficient på 0,25 udgør hus, fliser og indkørsel, med tæt belægning, 1000 m², hvorfra regnvandet ledes til det offentlige afløbssystem. Det svarer til en afløbskoefficient på 20 %, hvorfor der ikke stilles krav om forsinkelse af regnvandsafledningen.

Ejerne af ejendommen ønsker at opføre en tilbygning på 500 m². Derved vil befæstelsesgraden stige til 30 % (1500 m² / 5.000 m² x 100 % = 0,30).

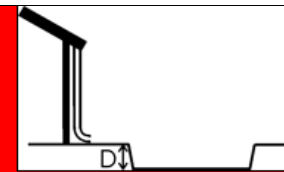
Da afledningsretten udgør 0,25 eller 1250 m², kan kun 250 m² af den nye tilbygning afledes direkte til kloak (1500 m² - 1250 m² = 250 m²). For at undgå at overskride den maksimale afløbskoefficient (se afsnit 3.2) skal ejerne derfor tilbageholde regnvand på grunden.

Ejer ønske at nedsive tagvandet. For at dimensionere nedsivningsanlægget er der brug for at kende jordens nedsivningskarakteristika. Der bliver udført en nedsivningstest, se krav i afsnit 5.8, som viser at den hydrauliske ledningsevne (K) er $5 \cdot 10^{-6}$ m/s.

Ejendommen er beliggende i *Gult område* for grundvandsbeskyttelse, se afsnit 4, hvorfor faskiner ikke er tilladt. Ejer vælger at regnvandet skal nedsives fra terræn fra et regnbed med et bundareal på 40 m².

For alle private boligtyper anvendes der som udgangspunkt en gentagelsesperiode på 10 år i dimensioneringen med en sikkerhedsfaktor på 1.2. Dybden af regnbedet beregnes i SVK-regnearket til 29 cm. Tømmetiden aflæses i regnearket til 16 timer, og er mindre end kravet på 24 timer.

Nedbørskarakteristika	
Kommune	Århus
Designkarakteristika	
Gentagelsesperiode (år)	10 år
Sikkerhedsfaktor (klima, fremtidig udbygning, etc)	1,2
Oplandskarakteristika	
Befæstet areal (m ²)	250 m ²
Jord- og nedsivningskarakteristika	
K (Hydraulisk ledningsevne) - se evt måling neders	5,00E-06 m/s
Regnbed	
Areal regnbed	40,0 m ²
Dybde	0,29 m
Dræn kapacitet	2,00E-01 l/s
Samlet opland (befæstet areal + eget areal)	290,0 m ²



6 Design og anlægskrav til regnvandsanlæg

6.1 Adgangsvej

Ved etablering af adgangsveje, skal der sikres en minimumsbredde på 4 m. Adgangsvejen skal som minimum nå hen til sandfangsbrønden.

Adgangsvej og mulighed for oprensning af bassinanlæg skal sikres i lokalplaner.

6.2 Sandfang

Sandfangsbrønde anvendes til at fjerne sand og grovere partikler. Regnvandet ledes til en sandfangsbrønd, hvor sandet synker til bunds, inden vandet løber videre. Sandfangsbrønde i forskellige udformninger og størrelser anvendes foran LAR-anlæg og forsinkelsesmetoder for at fjerne sand og grove partikler, så anlæggene ikke stopper til. En sandfangsbrønd øger levetiden af f.eks. LAR-anlægget og giver mindre udgifter til drift og vedligehold. Desuden anvendes sandfangsbrønde, før vandet ledes direkte til kloak eller recipient

Der findes forskellige normer, anvisninger og vejledninger, som beskriver dimensionering af sandfangsbrønde ved forskellige anvendelser:

- Ifølge DS/EN 858-1-2, og Rørcenter-anvisning 006, dimensioneres det våde volumen af en sandfangsbrønd - som er placeret før en olieudskiller - for en regnintensitet på 152 l/s/ha, resulterende i et vådt volumen på 100 · 152 l pr. tilsluttet ha - svarende til 1,5 l pr. m² tilsluttet befæstet areal, dog min. 550 liter. Ved meget forurenede erhvervsarealer skal volumenet forøges iht. til retningslinjerne i Rørcenter-anvisning 006.
- Ifølge SBI-anvisning 185, bør sandfangsbrønde på overfladeafløb fra befæstede og ubefæstede arealer samt tagarealer dimensioneres på principielt samme måde som for sandfangsbrønde før olieudskillere, dvs. med et vådt volumen på 1,5 l/m² tilsluttet befæstet areal – og minimum 550 l.
- Ifølge Rørcenter-anvisning 009, kan traditionelle tagedløbsbrønde anvendes som sandfangsbrønde før mindre faskiner, som afvander et tagareal under 150 m², idet det dog anbefales, at der anvendes nedløbsbrønde med et sandfang på 70 l. Samtidig angives, at en eksisterende tagedløbsbrønd vil være tilstrækkelig ved parcelhuse, medens der som håndregel bør benyttes en Ø1000 – Ø1500 mm brønd ved større projekter.

6.3 Sandfang ifm. regnvandsbassiner

Ved projekteringen skal det tilstræbes at samle indløbene til bassinet til ét indløb. Til vurdering af hvorvidt der skal etableres sandfang inden bassinet, eller sandfanget skal integreres i bassinet, anvendes Tabel 6-1.

Laves sandfanget som en integreret del af bassinet, kan dette laves med jordvold, sten eller spuns afhængigt af, hvilket udtryk man sammen med de øvrige interessenter beslutter sig for i bassinet. Volden bør stoppe 30-40 cm under det permanente vandspejl. Alternativt laves bassinet som et todelt bassin.

Tabel 6-1. Sammenhæng mellem flow, tilløbsdiameter, areal og brønddiametre

Q, flow l/s	Ca. tilløbsdiameter mm	Areal m²	Nødvendig brønddiameter m	Udformning i praksis
31	Ø 200	0,8	1,01	Brønd Ø 1,25 m
49	Ø 250	1,2	1,26	Brønd Ø 1,25 m
71	Ø 300	1,8	1,51	Brønd Ø 1,50 m
126	Ø 400	3,2	2,01	Brønd Ø 2,00 m
196	Ø 500	5,0	2,52	Brønd Ø 2,50 m eller sektionering i bassin
283	Ø 600	7,2	3,02	Brønd Ø 3,00 m eller sektionering i bassin
502	Ø 800	12,7	4,03	Sektionering i bassin
1130	Ø 1200	28,7	6,04	Sektionering i bassin
1539	Ø 1400	39,0	7,05	Sektionering i bassin
2010	Ø 1600	50,9	8,06	Sektionering i bassin
2543	Ø 1800	64,5	9,06	Sektionering i bassin
3140	Ø 2000	79,6	10,07	Sektionering i bassin
4906	Ø 2500	124,4	12,59	Sektionering i bassin

6.4 Olieudsklier

6.4.1 Olieholdigt spildevand

Spildevand der indeholder olie- eller benzinprodukter skal afledes gennem sandfang og olie- eller benzinudskiller. Der skal etableres sandfang og olie- eller benzinudskiller på afløb fra:

- Værkstedlokaler
- Vaskehaller og vaskepladser
- Arealer, hvor der er risiko for spild af olieprodukter, f.eks. påfyldningspladser
- Generelt steder, hvor der i øvrigt kan forekomme oliespild og olieholdigt spildevand

6.4.2 Vejevand og P-arealer

Ved P-pladser til mere end 20 biler med afledning til kloak er rensningen som minimum et sandfang. Der er ingen krav om Olieudskiller, *medmindre* der er tale om opmarch plads for lastbiler, gods mv.

Olieudskillere har ingen funktion i sammenhæng med et regnvandsbassin og nedslivningsanlæg for vejevand, da renseevnen i regnvandsbassiner er langt bedre end i olieudskilleren. Spild fra eventuelle uheld kan opsamles direkte i regnvandsbassinet.

6.5 Design af våde regnvandsbassiner

Parameter	Gældende krav/vilkår	Bemærkninger
Vanddybder	Det våde volumen (rensning): <ul style="list-style-type: none"> • 1-1,5 m Forsinkelsesvolumen: <ul style="list-style-type: none"> • Maksimalt op til kritisk kote Kronekant: <ul style="list-style-type: none"> • 0,3 m 	
Indløb i bassin	<ul style="list-style-type: none"> • Ind- og udløb skal placeres længst muligt fra hinanden • Indløb fra 600 mm og opefter udformes med præfabrikeret betonbygværk. • Såfremt indløbsrøret ikke kan etableres dykket, kan der i store rør installeres en sikkerhedsrist • Ind- og udløb skal designes, så hastigheden i området lige efter indløbet og i området lige inden udløbet sænkes markant og som udgangspunkt ikke overstiger 0,3 m/s. 	Vandhastigheden er særlig relevant for koblede bassiner og bassiner uden forsinkelse.
Udløb i bassin	<ul style="list-style-type: none"> • Udløbet skal være dykket for at tilbageholde flydestoffer 	
Erosionssikring	Erosionsbeskyttelse af indløbet skal være mindst 5 gange rørdiameteren af indløbet og med en bredde på 1 meter på hver side af indløbet.	
Design af bassin	Bassinet skal udformes således: <ul style="list-style-type: none"> • længde 3-4 gange bredden • skråningsanlægget over permanent vandspejl på 1:5 • skråningsanlægget under permanent vandspejl på 1:3 	
Estimering af bassiner i planlægningsfasen		For at afsætte den fornødne plads til bassiner i planlægningsfasen for byudvikling, kan der som tommelfingerregel afsættes 775 m ² /ha, hvis der anlægges et traditionelt vådt regnvandsbassin. I dette overslag er indregnet det nødvendige areal inkl. skråningsanlæg til bassinet.
Sandfang	Der skal etableres et sandfang inden udledning til hovedbassinet.	Se afsnit 6.2
Afspæringsanordning		

Udløb i recipient	<p>Udløbet fra regnvandsbassin til recipienten skal udformes så det ikke forårsager nedbrydning af brinkanlæg eller forårsager materialetransport i vandløbet.</p> <p>Udløbet skal etableres så højt som muligt i brinken, ved stenkastning (fraktion hånd-sten til kampesten), så den største del af energien tages op af vandet inden det når ud i vandløbet, og erosion af vandløbets sider undgås.</p>	Se Figur 4
Tæt bund	<p>Regnvandsbassiner skal etableres med tæt bund for at sikre et permanent vandspejl i bassinet.</p> <p>I de tilfælde hvor et bassin placeres i et område med en sårbar grundvandsressource, og hvor der kan være risiko for, at bassinet forurener grundvandet, kan Aarhus Kommune stille krav om dokumentation for tæt bund i bassinet.</p> <p>Dokumentationskravene ved en insitulermembran i intakte aflejringer eller ved en udlagt lermembran kan ses på [5]</p>	
Temperatur	Recipientens følsomhed vurderes på baggrund af recipientens vandføring og fysiske forhold.	Temperaturen af det afledte vand må ikke væsentligt ændre temperaturen af vandet i recipienten.
Ilt	Recipientens følsomhed vurderes på baggrund af recipientens vandføring og fysiske forhold.	Afledning af det udledte vand vurderes i et konkret kendskab til lokale forhold i henhold til recipientens følsomhed. Der kan med fordel ske iltning af vandet inden udløb til recipient, fx ved overrisling.
Drifts- og vedligeholdelsesplan	Der skal foreligge en drits- og vedligeholdelsesmanual inden i ibrugtagning. Manualen skal indeholde tegninger med oplysninger om placering af installationer, samt hvordan og hvor ofte de skal vedligeholdes skal ske	



Figur 4. Udløbet skal etableres så højt som muligt i brinken, ved stenkastning (fraktion hånd-sten til kampesten), så den største del af energien tages op af vandet inden det når ud i vandløbet, og erosion af vandløbets sider undgås

6.6 Design af infiltrationsbassiner og filterbassiner

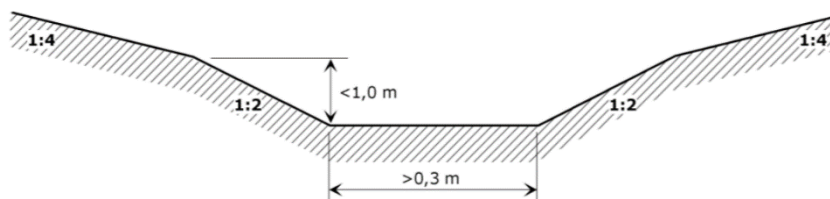
Parameter	Gældende krav/vilkår	Bemærkninger
Ind- og udløb	Ved rørindløb anbefales indløbet anlagt min. 0,05 m over grøftebunden for at undgå tilslemning af røret. Rørudløb placeres min 20 cm over bund for udløb af rør til grøft. Derudover skal alle ind- og udløb sikres mod erosion ved f.eks. at placere sten ved ind- og udløb.	
Sandfang	Der skal etableres et sandfang inden udledning til hovedbassinet.	Se afsnit 6.2 for dimensionering
Nedsivningstest	Der skal laves en nedsivningstest for at undersøge jordens evne til at nedsive regnvand på din grund.	Her kan du læse, hvordan du udfører en simpel nedsivningstest
Afstanden til grundvandsspejl	Afstand fra bund af anlæg til grundvand, min. 1 m	Vandet skal kunne sive uhindret ud af bassinet også om vinteren. Undergrunden under bassinet skal derfor være veldrænet med en god afstand til højest forekommende grundvandsspejl
Afstandskrav	2 meter til skel 5 meter til bygning 25 meter til vandindvindingsanlæg og sø, hav eller vandløb	Se evt. http://www.laridanmark.dk/dimensionering-af-lar-anlaeg/31582
Drifts- og vedligeholdelsesplan	Anlægget skal driftes således, at dets funktion som infiltrationsbassin opretholdes. Hvert 10. år efter ibrugtagning af bassinet, skal der udtages jordprøver af filterjorden, som analyseres for parametrene angivet i afsnit 6.8. Filterjorden skal udskiftes, når koncentrationen af miljøfremmede stoffer i 30 cm dybde overskrider kriterierne for forurenede jord, se afsnit 6.8. Overfladen af filterjorden må ved inspektion ikke syne forurenede eller afgive lugt som følge af forurening. Før udskiftning af filtermuld skal oplysninger om metode for udskiftning og type af filtermuld accepteres af Aarhus Kommune, Teknik og Miljø, Vand og Natur.	

	Brug af pesticider, mosbekæmpelsesmidler og lignende må ikke anvendes på arealer, der afvander til infiltrationsbassinet.	
--	---	--

6.7 Åbne render, grøfter og wadier

Parameter	Gældende krav/vilkår	Bemærkninger
Ind- og udløb	Ved rørindløb anbefales indløbet anlagt min. 0,05 m over grøftebunden for at undgå tilslemning af røret. Rørudløb placeres min 20 cm over bund for udløb af rør til grøft. Derudover skal alle ind- og udløb sikres mod erosion ved f.eks. at placere sten ved ind og udløb.	De fleste grøfter modtager overfladevand ved diffus afstrømning fra veje og pladser og har dermed ikke et egentligt indløb. Ligesom grøfter kan modtage diffus afstrømning, kan de også udlede diffust ved udløb over den ene langside over en længere strækning. Dette kræver, at den pågældende strækning er sikret mod erosion.
Sandfang	Ved indløb til ledningssystemer eller udløb til recipient fra grøft er det vigtigt, at der etableres et sandfang forinden for tilbageholdelse af suspenderet materiale. Sandfanget kan etableres vha. en sandfangsbrønd eller en uddybning i grøften .	Se afsnit 6.2 for dimensionering.
Bundbredde	Min 0,3 m	Bunden af renderen bør være bredere end 0,3 m. En smalere rende vil gøre det mere besværligt at oprense bunden, slå græsset, udskifte sten og grus mv.
Skråningsanlæg	1:2 - 1:4	
Bundopbygning	Grøfter opbygges primært i råjord med meget forskellig nedsivningsevne afhængig af jordtype. I grøfter hvor der er krav til, at nedsivning ikke må finde sted, skal bund udføres som tæt. Typisk bruges enten in situ ler, lermembran, polymermembran eller bentonitmåtte.	
Forsinkelseselement	Grøfter kan også anvendes som forsinkelsebassiner - et såkaldt grøftebassin. Sektionering/vandtrapper er også velegnet i områder med stort fald, da en større del af kapaciteten udnyttes.	

Erosionssikring	Der skal etableres erosionssikring i grøfter og trug af jord med vandhastigheder over 0,3 m/s og/eller stort længdefald (større end ca. 10 ‰). Erosionssikring af bund og grøftesider kan foretages ved: <ul style="list-style-type: none"> • stensikringer med betonflader, fliser e.lign. eller ved ind- og udløb • Slyng kan anvendes i områder med gode pladsforhold • Vandtrapper ved stejle faldforhold 	Ved anlæg af kanaler og grøfter er det vigtigt at sikre, at vandhastigheden i disse ikke bliver for høj. En høj vandhastighed vil give anledning til erosion af bund og sider i kanalerne, hvilket medfører en hurtig nedslidning af anlæggene og dermed højere vedligeholdelsesomkostninger.
Afstanden til grundvandspejl	Bunden skal placeres over højeste grundvandspejl. Denne afstand skal være sikret hele året rundt, og der skal dimensioneres efter vinter grundvandsstand.	
Filterjord	Se afsnit 6.8	



Figur 5. Skitse af grøft med anbefalet bredde og skråninger

6.8 Filterjord

Filterjord er en homogen jordblanding beregnet til rensning af forurenede regnvandsafstrømning. Filterjord anvendes som det øverste jordlag i nedsivningsanlæg til regnvand. Filterjord bruges overvejende i nedsivningsanlæg til regnvand fra veje og parkeringsarealer, men kan også benyttes i anlæg til håndtering af regnvand fra andre overflader, hvor det skønnes nødvendigt med både en god rensning og god nedsivning.

For at få den bedste rensning af regnvandet stiller Aarhus Kommune, Teknik og Miljø krav til sammensætningen af filterjorden.

Desuden sættes der også krav til hvilke analyser, der skal foretages af filterjorden både inden filterjorden udlægges og i løbet af anlæggets levetid.

6.8.1 Sammensætning af filterjord

Parameter	Gældende krav/vilkår	Bemærkninger
Renhed	Filterjorden skal være ren i udgangspunktet. Det gælder også, at der ikke bør være høje mængder fosfor eller miljøfremmede stoffer, som let kan udvaskes med regnvandet.	Til vurdering af jordens renhed kan f.eks. benyttes Sjællandsvejledningen, og her kræve Klasse 0 eller 1 (Region Sjælland, 2001).
Homogenitet	Filterjord skal være homogent blandet.	Kan købes færdigblandet hos flere producenter eller blandes på stedet.
Organisk stof	Ca. 3 %	Af så stabil karakter som muligt.
Lerindhold	Det samlede indhold af ler (<0,002 mm) og silt (<0,063 mm) bør ligge mellem 3 og 10 % (vægtprocent).	
Metaloxider	Et vist indhold af jern og aluminiumsoxider er en fordel.	En større bindingskapacitet og længere levetid kan opnås ved at iblande stærke »sorberenter« som eksempelvis aluminiumoxider (ALCOsand).
Filterjordlagets tykkelse	30-50 cm	
Vegetation	Filterjord skal være vegetationsdækket med beplantning med trevlerødder.	Der må ikke udplantes vegetation med pælerødder, da det kan forårsage præferencestrømning .
pH	6,5-8	
Hydraulisk ledningsevne (mættet)	10^{-5} - 10^{-4} m/s	Man skal være tålmodig ved vurdering af anlæggets hydrauliske ledningsevne. Ofte vil den i perioden umiddelbart efter anlæg være lavere end forventet. Over tid vil filterjorden sætte sig, og

		vegetationens rødder vil sammen med vandgennemstrømning mm. efterhånden skabe noget mere struktur. Dette er en erfaring, der haves fra anlæg af faskiner, som ofte først fungerer optimalt efter 1-2 år.
Udlæg	Overfladevandet skal nedsives fra terræn, gennem filterjorden.	Filterjord må ikke placeres underjordisk ved f.eks. faskiner.

Forholdet mellem vejareal eller parkeringsareal og nedsivningsareal kan variere alt efter det forventede forureningstryk og dybden af jordlaget. Danske eksempler varierer mellem ca. 1:5 og 1:25.

6.8.2 Stoffer til analyse i filterjord

Inden filterjorden lægges ud i anlægget, skal der tages prøver, som sendes til analyse. Resultatet af analyserne sendes til Teknik og Miljø, Vand og Natur.

Tabel 6-2. Parametre til analyse, og deres afskæringskriterier. Fra "Vejledning i håndtering af forurenede jord på Sjælland, juli 2001".

Stof	Øvre grænse for lettere forurenede jord(mg/kg tørstof)
Bly	400
Cadmium	5
Chrom (ikke Cr-VI)	1000
Kobber	1000
Zink	1000
Nikkel	30
Total PAH	40
Kulbrinter	300
Di-Benz(a,h)anthracen	3
Benz(a)pyren	3

Den udlagte filterjord skal ved ibrugtagning og hvert 10. år analyseres for parametrene i Tabel 6-2. Parametre til analyse, og deres afskæringskriterier. Overskrider enkeltværdierne i tabellen, skal filterjorden skiftes.

Prøverne skal udtages tre tilfældige steder i bassinet. Der skal tages prøver i to forskellige dybder (10 og 30 cm). På hvert sted udtages fem stikprøver i hhv. 10 og 30 cm dybde. De fem stikprøver fra hver sin dybde blandes til to blandeprøver (én fra hver dybde), så man får to prøver til analyse fra hver af de tre målesteder i bassinet.

Der skal udarbejdes et oversigtskort med koordinater af prøvetagningsstederne

7 Ekstremregn

Der skal i Aarhus Kommune, i forbindelse med en udledningstilladelse og udarbejdelse af lokalplaner, redegøres for vandets strømninger ved ekstreme hændelser, for at kortlægge og identificere eventuelle skader på bygninger, infrastruktur osv. i de omkringliggende områder og til udløb i recipient.

Der skal derfor redegøres for vandets strømningsveje og forventede oversvømmede arealer for hhv. en 10-års hændelse og en 100-års hændelse i år 2050.

I forbindelse med udledningstilladelsen skal der redegøres for strømningsveje og oversvømmelsesarealer ved ekstremregn. Ved byggemodninger eller byudvikling skal *Efter-situationen* sammenlignes med *Før-situation* for at vurdere effekten af projektet og sikre at ændringer (f.eks. terræn) af strømningsveje og udbredelser af oversvømmelsesområder ikke er til gene for andre.

Afstrømningsforholdene ved en 100-års hændelse (ekstremregn) i den fremtidige situation må ikke ændres i forhold til den nuværende situation. Til denne sammenligning skal der udføres to beregninger. En *Før-* og en *Efter-situation*. Ved ekstremregn vil jorden være mættet og det er ikke muligt for overfladevandet at nedsive. Det forudsættes derfor, at afstrømningsforholdene på overfladerne er fuldt sammenlignelige med en befæstelse på 100 %, hvis det antages, at den mængde vand, som ledes til kloaksystemet, går lige op med den mængde, som samles i terræn.

Før-situationen skal påvise hvor meget overfladevand, der i dag tilbageholdes og derfor fremtidigt også skal tilbageholdes af bygherren. *Efter-situationen* er en eftervisning af, at området også fremadrettet skal overholde *før-situationen*, ved en *hydraulisk model* (simple eller rørsystem og nye terrænkoter).

Før-situationen

Via en terrænanalyse skal volumenet i lavninger, bag diger og lignende beregnes med udgangspunkt i, at det er en fuldt belagt overflade for en 100-års hændelse.

Efter-situationen

Hydrauliske beregninger med projekteret rørsystem (inkl. evt. bassiner) samt en så detaljeret terrænmodel som muligt skal vise, at tilsvarende vandmængder fra *før-situationen* er tilbageholdt.

Med andre ord, det skal godtgøres, at bebyggelse, infrastruktur og øvrige terrænændringer ikke forværrer oversvømmelsesrisikoen i området eller medfører oversvømmelser andetsteds, eksempelvis ved ændrede strømningsveje. Det betyder, at den mængde vand, der ved en 100-års hændelse i den nuværende situation står i lavninger, bag diger og lignende, skal tilbageholdes i den fremtidige situation evt. på p-pladser, lavninger og lignende.

8 Ordliste

Afledningsret Fastlægger hvor meget vand der må afledes til den offentlige regnvandsledning. Produkt af afløbskoefficient, regnintensitet og grundareal.

Afløbskoefficient Udtrykker hvor stor en del af nedbøren der direkte giver afstrømning til kloakoplandets afløbssystem. Samtidig er det forsyningsselskabets dimensioneringsgrundlag. Produkt af befæstelsesgrad, hydrologisk reduktionsfaktor og tilslutningsgrad.

$$\varphi = \alpha \times \gamma \times \beta, \text{ hvor}$$

α = Hydrologisk reduktionsfaktor

γ = Tilslutningsgrad

β = Befæstelsesgrad

$$\text{Afledningsret (Q)} = \varphi \times A \times i = \alpha \times \gamma \times \beta \times A \times i, \text{ hvor}$$

φ = Afløbskoefficient

i = Regnintensitet (l/s/ha)

A = Grundareal (ha)

α = Hydrologisk reduktionsfaktor

γ = Tilslutningsgrad

β = Befæstelsesgrad

Befæstelsesgrad Den andel (0,0-1,0) af det samlede område, som er befæstet med hårde overflader, hvorfra der umiddelbart afvandes ved regn. Befæstelsesgraden er koblet til lokalplanens beskrivelse af områdets arealanvendelse.

Hydrologisk reduktionsfaktor Når det regner, tilbageholdes en del af nedbøren i vandpytter, lavninger, revner og lignende. Den hydrologiske reduktionsfaktor angiver hvor stor en andel af nedbøren som ikke tilbageholdes.

Tilslutningsgrad Udtrykker den andel af de befæstede arealer, som er tilsluttet afløbssystemet.

9 Reference

[1] - http://www.vandibyer.dk/media/1055/videnblade-om-groenne-tage_samlet.pdf

[2] - <https://ida.dk/om-ida/spildevandskomiteen/skrifter-spildevandskomiteen#se-og-hent-skrifter>

[3] - <http://regnvandskvalitet-abc.teknologisk.dk/media/1072/vejledning-til-beregning-af-stofmaengder-fra-bassiner-og-lar-loesninger.pdf>

[4] - <https://www.aarhus.dk/media/9604/roercenter-anvisning-016-bilag-12c-simpel-nedsivningstest-i-private-haver.pdf>

[5] – Dokumentatin for tæt bund: Ler membraner i regnvandsbassiner. Rekvireres ved Aarhus Kommune,