

KRAVSPECIFIKATION – TEKNISK SPECIFIKATION

HYDRAULISK DIMENSIONERING AF AFLØBSSYSTEMER PÅ BEREGNINGSNIVEAU 1

Rev.	Revisionsdato	Emne (ændring)
0	17.05.2017	Første udgivelse
1	30.04.2024	Afsnit 2.9, 2.9.1, 2.9.2, 2.9.3 og 2.10 er erstattet

KRAVSPECIFIKATION – TEKNISK SPECIFIKATION

1	Indhold og anvendelse	3
1.1	Definitioner og begreber	3
1.1.1	Fællessystem	3
1.1.2	Separatsystem.....	4
1.1.3	Øvrige systemtyper.....	4
2	Dimensionering af ledninger i jord på beregningsniveau 1	4
2.1	Generelle forhold	4
2.2	Beregningsniveau 1	5
2.3	Funktionskrav til fælles- og regnvandsledninger	5
2.4	Sikkerhedsfaktorer	5
2.5	Regndata	6
2.6	Øvrige hydrauliske og hydrologiske parametre	6
2.6.1	Hydrologisk reduktionsfaktor.....	6
2.6.2	Befæstelsesgrader.....	6
2.6.3	Ruheder i rør	6
2.7	Den dimensionsgivne regnintensitet	7
2.8	Vandstand i havet	7
2.9	Hydraulisk dimensionering af separate spildevandsledninger	7
2.9.1	Dimensionering af spildevandsledninger.....	7
2.9.2	Dimensionsgivende vandføring.....	7
2.9.3	Dimensionsgivende vandføring for spildevand.....	8
2.10	Selvrensning for spildevandsledninger.....	8
3	Dimensionering af bassiner på beregningsniveau 1	9
4	Analyse af overløbsfunktioner	9
5	Bilag	9

KRAVSPECIFIKATION – TEKNISK SPECIFIKATION

1 Indhold og anvendelse

Denne tekniske specifikation danner grundlag for udførelse af hydraulisk dimensionering af rør i jord i HOFORs forsyningsområde på beregningsniveau 1.

Instruktionen er en del af det fælles metodegrundlag for forberedelse af projekter omfattende afløbsledninger, afløbsbygværker og afløbspumpestationer. Baggrunden for den fælles metodeinstruktion for alle tre områder er, at den hydrauliske dimensionering for de enkelte ledninger, bygværker og pumpestationer normalt udføres for det samlede afløbsopland omfattende alle hydraulisk betydende komponenter af afløbssystemet.

Med Spildevandskomiteens Skrift nr. 27 "Funktionspraksis for afløbssystemer under regn", 2005, er der etableret en almindelig dansk praksis på området. Skrift nr. 27 anviser tre beregningsniveauer, og nærværende omhandler blot beregningsniveau 1. Skrift nr. 27 anvendes normalt i sammenhæng med Skrift nr. 30 "Opdaterede klimafaktorer og dimensionsgivende regnintensiteter", 2014.

Nærværende instruktion beskriver, hvorledes gængs dansk dimensioneringspraksis på beregningsniveau 1 skal anvendes specifikt på HOFORs afløbsanlæg.

Beregningsniveau 1 kan anvendes, når der ses på mindre ukomplicerede områder under 2 ha, hvor de nedstrøms randbetingelser ikke har betydende indflydelse på hydraulikken i den dimensionsgivne situation. På dette niveau 1 må der således ikke indgå styringer mv., hvor regnens dynamik har væsentlig indflydelse på dimensioneringen.

Hvis disse krav ikke kan overholdes, og man derfor må anvende hydrauliske modeller på beregningsniveau 2 eller 3 i hht. Skrift nr. 27, skal man henvende sig til HOFOR, som vil være behjælpelig med en instruktion, der er møntet på disse mere komplicerede beregningsniveauer.

Nærværende tekniske specifikation kan anvendes af HOFOR samt eventuelle rådgivere i forbindelse med simple opgaver inden for planlægning, projektering og udbud af nye projekter omfattende afløbsledninger.

1.1 Definitioner og begreber

Afløbssystemer inddeles generelt i fællessystemer og separatsystemer:

1.1.1 Fællessystem

I fællessystemet afledes sanitært spildevandet samt regn- og drænvandet i ét fælles ledningssystem. Ledningerne skal være så store, at systemet kan føre den dimensionsgivende vandstrøm bort under de givne funktionskrav, se afsnit 2.3. Fællessystemet er derfor kendetegnet ved relativt store ledninger i store dybder. Medvirkende til de dybtliggende ledninger er kælderanfaldning ved gravitation.

For at gøre ledningsdimensionen mindre kan der indbygges overløbsbygværker i ledningssystemet. Når vandstrømmen under regn er nået op på en vis størrelse, ledes den overskydende vandmængde direkte til en recipient eller til et bassin. Anbringes et bassin i forbindelse med et overløbsbygværk, vil den opmagasinerede vandmængde kunne ledes tilbage i hovedledningen igen i takt med, at vandstrømmen aftager.

KRAVSPECIFIKATION – TEKNISK SPECIFIKATION

1.1.2 Separatsystem

Separatsystemet består af to adskilte ledningssystemer: ét ledningssystem for sanitært spildevand og drænvand og ét ledningssystem for regnvand. Ledningen for regnvand kan - afhængig af bebyggelsen - erstattes med en åben grøft/vandløb. De to ledninger er placeret i gade eller vej og er normalt karakteriseret således:

- Spildevandsledningen har en lille dimension og stor lægningsdybde på grund af kælderafløb.
- Regnvandsledningen har en stor dimension og mindre lægningsdybde, da hovedfunktionen er at aflede regnvandet fra befæstede overflader og tagarealer.

1.1.3 Øvrige systemtyper

En variant af separatsystemet er det "trestrengede system", hvor det separate regnvandssystem er opdelt i et ledningssystem til tagvand, som er så rent, at det kan udledes lokalt uden rensning, og et til vejvand, som er så beskidt, at det skal renses inden udledning til lokale recipienter.

Hertil kommer afløbssystemer til lokal afledning af regnvand (LAR) samt skybrudssystemer.

I forbindelse med klima- og skybrudssikring af HOFORs områder kommer der flere andre kloakeringsformer i spil.

2 Dimensionering af ledninger i jord på beregningsniveau 1

2.1 Generelle forhold

Anbefalingerne beskrevet i Spildevandskomiteens Skrift nr. 27 om funktionspraksis følges som udgangspunkt i de enkelte projekter.

HOFOR skal kunne aflede spildevand fra stueplan. Heraf følger, at afvanding af kældre, kældertrapper mv. skal sikres af grundejeren. Ligeledes skal grundejer selv sikre sig mod, at vand fra det offentlige kloaksystem ikke støver tilbage i den private kælder – f.eks. via tilbageløbsstop eller pumpe.

Grundejere skal også selv sikre sin ejendom, så den kan tåle, at der står 10 cm vand i skel mellem offentlig og privat område én gang hvert 100 år.

Dimensioneringen af afløbssystemet skal generelt foretages således, at pumpestationer så vidt muligt undgås.

KRAVSPECIFIKATION – TEKNISK SPECIFIKATION

2.2 Beregningsniveau 1

Ved områder under 2 ha brutto kan anvendes beregningsniveau 1 (fuldtløbende rør efter den rationelle metode).

De nedre randbetingelser mod det eksisterende kloaksystem samt recipientvandstand etc. aftales med HOFOR i det enkelte projekt. Som inspiration til recipientvandstand henvises til afsnit 2.7.

Ved områder over 2 ha brutto eller hvor dynamikken spiller ind, anvendes altid beregningsniveau 2 eller 3. I sådanne tilfælde kontaktes HOFOR for nærmere instrukser.

2.3 Funktionskrav til fælles- og regnvandsledninger

De beregnede fyldningsgrader på niveau 1 skal opfylde følgende generelle funktionskrav, svarende til Skrift nr. 27 som ses i tabel 1:

Tabel 1: Minimumsfunktionskrav for opfyldelse af serviceniveau på beregningsniveau 1

Systemtype	Fuldtløbende rør
Separatsystem (overfladevand) Regnvandsledninger	n = 1 sjældnere end 1 gang pr år
Fællessystem (blandet spildevand og overfladevand)	n=1/2 sjældnere end 1 gang hvert 2. år

2.4 Sikkerhedsfaktorer

I henhold til Skrift nr. 27 håndteres usikkerheder som sikkerhedsfaktorer som alle ganges på regnintensiteten.

Med udgangspunkt i Skrift nr. 27 og nr. 30 anvendes i HOFOR de følgende sikkerhedsfaktorer.

Klimafaktorer, som henfører sig til udviklingen i retning af øget nedbør, fremgår af nedenstående tabel.

Tabel 2: Klimafaktorer i hht. Skrift nr. 30.

Bemærk, at afhængig af levetiden af det, der skal dimensioneres, skal der anvendes forskellige klimafaktorer. Generelt er de dimensionsgivne levetider ca. 100 år, så det er den højre søjle som skal anvendes.

Gentagelsesperiode	Klimafaktor 2060	Klimafaktor 2110
T=1	1,05	1,1
T=2	1,1	1,2
T=5	1,12	1,24
T=10	1,15	1,3
T=100	1,2	1,4

KRAVSPECIFIKATION – TEKNISK SPECIFIKATION

Øvrige sikkerhedsfaktorer:

- **Modelusikkerheden** på beregningsniveau 1 sættes til modelusikkerheden 1,2 jf. Spildevandskomiteens Skrift nr. 27.
- **Fortætning.** Der skal tages stilling til, om der forventes fortætning i de områder, som leder til ledningsanlægget inden for levetiden. I København sættes faktoren til 1,0. For oplande i de øvrige kommuner i HOFORs forsyningsområde skal fastlægges tilsvarende fortætningsfaktorer, der generelt må forventes at være større end 1,0 udenfor København og Frederiksberg.
- **Scenarieusikkerhed** afhænger helt af den konkrete problemstilling, men det vil ofte være relevant at se på konsekvensen af f.eks. høj vandstand i havet. Desuden foreskriver Skrift nr. 30, at der skal ses på et beredskabsscenario for meget sjældne regnhændelser, hvor klimafaktoren i stedet sættes til 2,0. Dette giver ikke mening på beregningsniveau 1, så her undersøger man kvalitativt, hvad konsekvenserne vil være, hvis det regner ekstremt meget ved at analysere det kommende terræn, og om man i planlægningsfasen kan gøre noget enkelt for at sikre sine værdier.

2.5 Regndata

Regndata vælges på grundlag af Skrift nr. 30 med tilhørende regneark (regionalregnrække_ver_4.1.xls), hvor der generelt i HOFORs område tages udgangspunkt i regnmåleren Rødovre Vandværk (30321) – se også tabel 3.

Tabel 3: 10 min. regnintensitet beregnet ud fra Skrift nr. 30 med udgangspunkt i Rødovre Vandværk (30321). Der er endnu ikke ganget sikkerhedsfaktorer på.

Gentagelsesperiode [år]	1	2	5	10	100
10 min regnintensitet [l/s-red ha]	109	135	175	210	357

2.6 Øvrige hydrauliske og hydrologiske parametre

2.6.1 Hydrologisk reduktionsfaktor

Ved dimensionering af nye anlæg på beregningsniveau 1 sættes den hydrologiske sikkerhedsfaktor til 1,0.

2.6.2 Befæstelsesgrader

Ved dimensionering af nye anlæg på beregningsniveau 1 sættes befæstelsesgraden på alle befæstede arealer til 100%.

2.6.3 Ruheder i rør

Gravitationsrør sættes til 1,5 mm. Trykledninger 0,25 mm. Ruheder i åbne kanaler jf. bogen "Afløbsteknik".

KRAVSPECIFIKATION – TEKNISK SPECIFIKATION

2.7 Den dimensionsgivne regnintensitet

Et eksempel på beregning af dimensionsgivende regnintensitet for en afstrømningstid på 10 minutter fremgår af nedenstående tabel.

Tabel 4: Dimensionsgivende 10 minutters regnintensiteter.
Her er de relevante sikkerhedsfaktorer ganget på regnen. Bemærk at fortætningen, som afhænger af den konkrete sag, er sat til 1,1.

Systemtype	Fuldtløbende rør
Separatsystem (overfladevand)	110 l/(s·red.ha) x 1,1(klima) x1,2(modelusikkerhed) x 1,1(fortætning) = 160 l/(s·red.ha)
Fællessystem (blandet spildevand og overfladevand)	137 l/(s·red.ha) x 1,2(klima) x 1,2(modelusikkerhed) x 1,1(fortætning) = 217 l/(s·red.ha)

2.8 Vandstand i havet

Der er stor usikkerhed om den fremtidige vandstand i havnen og de øvrige marine recipienter, dels normalvandstanden og dels stormflodsvandstandene. Analyser har vist, at der ikke er sammenfald mellem ekstrem nedbør og stormflod – hverken under eksisterende forhold eller i fremtiden. Der antages derfor, at vandstanden, som vist i nedenstående tabel, anvendes uanset nedbørens gentagelsesperiode.

Tabel 5: Den dimensionsgivne vandstand i havet

Dimensionerende havvandsstand	2060	2110
Middelvandstandsstigning (inklusive højvand, øget vind og landhævning)	0,5 m DVR90	1,0 m DVR90

2.9 Hydraulisk dimensionering af separate spildevandsledninger

2.9.1 Dimensionering af spildevandsledninger

Spildevandsledninger skal dimensioneres til maksimalt 50 % udnyttelse af ledningernes transportkapacitet ved den dimensionsgivende vandføring for at tage hensyn til uvedkommende vand.

Ydermere skal HOFORs hovedledninger minimum have en indre dimension på 200 mm i henhold til Kravspecifikation SPV-101, afsnit 3.4.2.1. (HOFOR, 2018) .

2.9.2 Dimensionsgivende vandføring

Den dimensionsgivende vandføring, skal fastlægges på det bedst tilgængelige vidensgrundlag. Dvs. om muligt, skal dimensionsgivende spildevandsstrøm fastlægges baseret på observationer. I situationer hvor observationer ikke er tilgængelige, må belastningen estimeres ad teoretisk vej.

KRAVSPECIFIKATION – TEKNISK SPECIFIKATION

En typisk situation, hvor der ikke er observationer til rådighed, er ifm. byudvikling. På den baggrund er der i nærværende instruks anvist en operationel metode, som tager hensyn til den udjævnende effekt, som er korreleret med oplandsstørrelsen. Dog kan metoden stadig betragtes, som værende konservativ, da den forudsætter sammenfald imellem maks. vandføringerne fra forskellige typer af spildevand, inden for et givet opland.

I komplekse situationer, hvor det vurderes at metoden angivet i nærværende instruks ikke er retvisende eller mangelfuld, henvises til lærebogen Afløbsteknik, 6 udgave, kapitel 4. (Leif Winther, 2011) På den baggrund må der træffes beslutninger på projektniveau, som godkendes af HOFOR.

2.9.3 Dimensionsgivende vandføring for spildevand

Følgende formel, der er baseret på erfaringer fra Aalborg Kommune, kan anvendes til fastlæggelse af dimensionsgivende vandføring for spildevand. (Aalborg Forsyning, Kloak A/S, 2011)

Ligning 1.

$$Q_{dim} = 1 + (0,017 \times PB^{0,862})$$

Hvor Q_{dim} = dimensionsgivende vandføring

PB = Personbelastning

I den oprindelige formel fra Aalborg Forsyning anvendes PE i stedet for PB. PE er dog en fast størrelse på 200 l/døgn, hvorfor der anvendes PB i ovenstående formel. (Leif Winther, 2011)

Der er forudsat en personbelastning på 110 l/døgn. Det svarer ca. til det højeste gennemsnitlige observerede vandforbrug på tværs af HOFORs ejerkommuner i år 2022.

Antal PB bør fastsættes på bedst mulige grundlag. Hvor intet andet er kendt kan Tabel 6 anvendes. Værdierne i tabellen er beregnet på baggrund af lærebogen Afløbsteknik, 6 udgave, kapitel 4 tabel 4.6.

Tabel 6. Omregning af spildevandsbelastning til PB for forskellige typer af spildevandsbidrag.

Type	Omregning til PB
Beboelse, parcelhus	3 PB pr. hus
Beboelse, lejlighed	2 PB pr. lejlighed eller 1 PB pr. 40 m ²
Kontor, forretninger og restauranter	1 PB pr. 4 ansatte eller 1 PB pr. 100 m ²
Supermarkeder og butikcentre	1 PB pr. 25 m ²
Hoteller	3 PB pr. seng eller 1 PB pr. 15 m ²
Skole	1 PB pr. 3 elev eller 1 PB pr. 120 m ²
Børnehaver og vuggestuer	1 PB pr. 3 barn eller 1 PB pr. 60 m ²

2.10 Selvrensning for spildevandsledninger

For spildevandsledninger ønskes det som udgangspunkt, at en bundforskydning på 2,5 Pa eftervises ved en vandføring, som forekommer mindst en gang i døgnnet.

KRAVSPECIFIKATION – TEKNISK SPECIFIKATION

Hvis intet andet er kendt, kan det antages, at produktet af time- og døgnfaktoren er lig med 1 for maks. timen i min. døgnnet. Dvs. det kan forudsættes at vandføringen, som skal anvendes til dokumentation af selvrensning, svarer til middelvandføringen over døgnnet. (110 l pr. døgn pr. PB).

Ledninger der etableres med 10 ‰ fald, kan som udgangspunkt antages selvrensende, selvom der ikke kan eftervises en bundforskydning på 2,5 Pa.

3 Dimensionering af bassiner på beregningsniveau 1

Niveau 1 kan anvendes til overslagsmæssige beregninger af bassinvoluminer på systemer uden magasinerings- eller overløbsfunktioner opstrøms for bassinet og uden komplicerende tilbagestuvning fra nedstrøms ledninger.

Dimensionering af bassiner med hensyn til nødvendigt bassinvolumen for fyldning ved valgt gentagelsesperiode, foretages på grundlag af regndata fra regnearket tilknyttet Skrift nr. 30.

Det overslagsmæssige nødvendige bassinvolumen kan beregnes svarende til de samlede sikkerhedsfaktorer, afløbstal og given gentagelsesperiode.

I bassinberegninger kan modelusikkerhedsfaktoren på beregningsniveau 1 nedsættes fra 1,2 (som gælder på ledninger) til 1,1, idet det blot er usikkerheden på de befæstede arealer, som har indflydelse på bassinvolumen – ikke usikkerheder på ruheder og enkelttab mv.

4 Analyse af overløbsfunktioner

Hvis der skal analyseres på overløb anvendes beregningsniveau 3 og HOFOR kontaktes for nærmere instruktion.

5 Bilag

Bilag 1: Kommunespecifikke krav for overskridelse af fuldtløbende kapacitet (SPV 201 B1)