

# Dimensionering av dagvattenledningar med programmet Inroads Storm & Sanitary

Dimensioning of storm water systems with  
Inroads Storm & Sanitary

---

Camilla Hansen

# REFERAT

## Dimensionering av dagvattenledningar med programmet Inroads Storm & Sanitary

*Camilla Hansen*

Vid dimensionering av dagvattennät i Sverige görs i nuläget de flesta beräkningarna för hand. Detta är ett tidskrävande arbete vid projektering där minsta förändring i nätets uppbyggnad betyder att en mängd omberäkningar måste göras. De kommersiellt tillgängliga hydrodynamiska modelleringsprogrammen som används inom Norden beräknar flöden på ett alltför komplicerat och detaljerat sätt för dimensionering av enklare ledningsnät. De saknar även en koppling till de vanligaste projekteringsprogrammen, samt saknar förmåga att återge ledningsnäten i tre dimensioner.

Det amerikanska programmet Inroads med applikationen Storm & Sanitary är kopplat till två CAD-program (AutoCAD och Microstation). Det kan återge ledningsnätet i tre dimensioner och kan dimensionera dagvattennät, dock har detta program inte undersökts för nordiska förhållanden och svenska riktlinjer.

En teoretisk jämförelse har gjorts mellan beräkningsmetoder enligt svenska riktlinjer och programmet Storm & Sanitary. De beräkningsmetoder i Storm & Sanitary som bäst överensstämmer med de svenska riktlinjerna har sedan använts på två begränsade avrinningsområden och jämförts med de beräknade resultaten från de svenska riktlinjerna.

Slutsatser som kan dras av arbetet är att beräkningarna i Storm & Sanitary och beräkningar enligt svenska riktlinjer ger likartat resultat vid flödesberäkningar. Vad gäller kapacitetsberäkningarna då rören har en bestämd dimension stämmer även de överens mellan Storm & Sanitary och de svenska riktlinjerna. Användandet av Storm & Sanitary blir mer tid- och kostnadseffektivt i stora komplicerade projekt, där premisserna ofta ändras under projektets gång.

Nyckelord: dagvattenledning, dimensionering, Storm & Sanitary

# ABSTRACT

## **Dimensioning of storm water systems with Inroads Storm & Sanitary<sup>®</sup>**

*Camilla Hansen*

When dimensioning a storm water system in Sweden many of the calculations are made by hand. This is a very time consuming process and the smallest number of changes in the structure of the system demands that recalculation has to be done for each alteration. The commercially available programs for calculating hydrodynamic models which are being used in Scandinavia calculate flows in a too complex manner when dimensioning for a smaller system. They are also incompatible with any of the most used design programs and lack the ability to present the system in 3 dimensions.

The American program Inroads<sup>®</sup> with the Storm & Sanitary toolbox is compatible with the majority of the available design programs. The software can represent the system in three dimensions and has the ability to dimension storm water pipes. However the Storm & Sanitary program has never been evaluated for Scandinavian conditions or even compared to Swedish guideline calculations.

A theoretical comparison has been made between calculations methods within the Storm & Sanitary software and the calculation guidelines used in Sweden. The methods used in Storm & Sanitary that best match the calculations according to Swedish guidelines have been further used to compare the calculations for two restricted geographical catchment areas.

The conclusion of the work is that the calculations made in the Storm & Sanitary and those calculated according to Swedish guidelines give comparable results when calculating the flow. When determining the capacity for pipe of fixed dimensions the calculations again give a similar result. As a conclusion can also be said that during large projects where basic conditions change the Inroads<sup>®</sup> program becomes highly cost effective.

Keyword: storm water system, dimensioning, Storm & Sanitary

# FÖRORD

Det här examensarbetet omfattar 20 poäng och är en del av min civilingenjörsutbildning i Miljö- och vattenteknik vid Uppsala universitet.

Examensarbetet har utförts med handledning från Ramböll Sverige AB och Uppsala universitet. Jag vill rikta ett stort tack till min handledare Ylva Lund-Weiss som visat stort engagemang för mitt arbete och hjälpt mig oerhört mycket. Tack till Therese Sandgren för att hon hjälpt mig med Storm & Sanitary och till alla andra på VA-avdelningen för deras sällskap.

Ämnesgranskare var Sven Halldin, professor i hydrologi på Institutionen för geovetenskaper, Uppsala universitet som jag vill tacka för hjälp med rapporten.

Tack även till Bengt Dahlström som svarade både på mejl och telefonsamtal trots att han numera är pensionerad och Johan Kostamo för hans stöd och hjälp.

Uppsala, oktober 2007

Camilla Hansen

# Dimensionering av dagvattenledningar med programmet Inroads Storm & Sanitary

## *Populärvetenskaplig sammanfattning*

Avloppssystem byggs idag som separerade system där spillvatten från bland annat hushåll och industrier tas om hand för sig, medan regnvatten från gator och tak, så kallat dagvatten, tas om hand för sig. Spillvattenledningar är tämligen enkla att dimensionera då det finns siffror på den specifika vattenförbrukningen för hushåll som är relaterad till mängden genererat spillvatten. Dimensionering av dagvattenledningar beror däremot på markens användningsområden och sammansättning samt nederbördens intensitet och varaktighet över området. För att underlätta dimensioneringsarbetet har Svenskt Vatten AB tillsammans med experter tagit fram riktlinjer för hur beräkningarna ska utföras. Dessa riktlinjer ligger inte bara till grund för själva beräkningarna utan även vid juridiska värderingar om skadeståndsskyldigheter då översvämningar har inträffat. Även då riktlinjerna finns är dimensionering av dagvattenledningar ett tidskrävande och enformigt arbete. Dels ska flöden beräknas för alla delavrinningsområden och rör dels ska ledningarna sedan läggas in i ett projekteringsprogram för att generera bygghandlingar. Då ny information tillkommer eller något ändras i projektet finns en risk att stora delar av beräkningarna måste göras om, vilket kan inträffa ett flertal gånger vid omfattande projekt. Att förenkla och effektivisera arbetet är därför önskvärt.

Det amerikanska programmet Inroads Storm & Sanitary kan dimensionera och projektera dagvattenledningar med CAD-programmet Microstation som plattform. För att Storm & Sanitary ska kunna användas i Sverige både vid dimensionering av ledningarna och vid projektering fordras att programmet kan efterlikna resultat från de svenska riktlinjerna.

Då beräkningsmetoderna i de svenska riktlinjerna och Storm & Sanitary jämfördes upptäcktes det att vissa metoder i Storm & Sanitary överensstämde med de svenska riktlinjerna. Metoden som beskrivs för beräkning av det dimensionerande flödet i de svenska riktlinjerna är ett samband mellan flöde, regnintensitet beroende av koncentrationstid, area och avrinningskoefficient, vilket kallas för den rationella metoden. I de svenska riktlinjerna beskrivs även normer angående regnets återkomsttid och varaktighet och därtill även hur avrinningskoefficienterna bestäms. Dessa normer gick att återskapa i Storm & Sanitary. För beräkning av rörens dimension används Prandtl-Colebrooks ekvation i de svenska riktlinjerna. Denna ekvation gick även att välja i Storm & Sanitary.

För att möjliggöra en explicit jämförelse av resultaten från de svenska riktlinjerna och de beräkningssätt som mest påminde om de svenska riktlinjerna i Storm & Sanitary användes två områden med enkla ledningsnät. Det ena området användes vid en jämförelse mellan hur olika koncentrationstider påverkade flödet. Därtill användes det även för att bedöma hur pass väl Storm & Sanitary förmådde beräkna rördimensioner jämfört med de svenska riktlinjerna. Det andra området användes för att avgöra hur pass väl Storm & Sanitary kunde beräkna dagvattenflödet då avrinningsområdena bestod av flera olika markanvändningstyper.

Resultaten visar att Storm & Sanitary kan användas vid beräkning av det dimensionerande flödet. Programmet går även att använda vid dimensionering av ledningarna om rörens dimension kontrolleras efteråt så att rören i huvudledningen enbart skiftar till större storlekar nedströms. Svårigheten med att få Storm & Sanitary att beräkna rörens dimension till samma storlek som de storlekar som bedöms rimliga enligt de svenska riktlinjerna är att programmet inte går att ställa in så att det byter rörstorlek vid en viss fyllnadsgrad. Trots svårigheten med att dimensionera rörledningarna i överensstämmelse med de svenska riktlinjerna effektiviserar Storm & Sanitary projekteringsarbetet, särskilt vid projekt där många olika bitar projekteras samtidigt.

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1 INLEDNING.....	1
2 TEORI.....	2
2.1 SVENSKA RIKTLINJER.....	2
2.1.1 Dimensionering av ledningsnät .....	2
2.1.2 Nederbörd .....	5
2.2 STORM & SANITARY.....	7
2.2.1 Dimensionering av ledningsnät .....	7
2.2.2 Nederbörd .....	8
3 MATERIAL & METODER.....	9
3.1 OMRÅDEN.....	11
3.1.1 Område 1 .....	11
3.1.2 Område 2 .....	11
3.2 TILLVÄGAGÅNGSSÄTT .....	13
3.2.1 VAV P90 – traditionellt beräkningssätt .....	13
3.2.2 Storm & Sanitary .....	14
4 RESULTAT .....	14
4.1 OMRÅDE 1.....	14
4.2 OMRÅDE 2.....	19
5 DISKUSSION .....	20
REFERENSER.....	22
TRYCKTA REFERENSER.....	22
MUNTLIGA REFERENSER.....	23
BILAGA 1 .....	24
BILAGA 2 .....	25
BILAGA 3 .....	26

# 1 INLEDNING

Avloppssystem byggs idag som separerade system där spillvatten från hushåll och industrier m.m. avleds för sig medan regnvatten från gator och tak, så kallat dagvatten, tas om hand för sig. Hur mycket spillvatten en ledning behöver dimensioneras för är relativt lätt att få fram, då det finns siffror på hur mycket vatten ett genomsnittligt hushåll använder per person och dag (Svenskt Vatten, 2004). Det finns även schablonvärden på användandet av vatten i industrier, affärer och sjukhus (Svenskt Vatten, 2004). Mängden dagvatten en ledning bör dimensioneras för beror däremot på markens geologiska sammansättning och hur den används, samt hur mycket det regnar. Utifrån planritning, platsbesök och därtill även utvärdering av flygfoton och satellitbilder kan man avgöra hur mycket avrunnet vatten olika delar av området kommer att bidra med. Olika sorters mark kan infiltrera olika mycket vatten. Hur mycket ett specifikt område bidrar till avrinningen beror på hur stor andel av nederbörden som inte infiltreras, avrinningskoefficienten för området, och på områdets area. Regn påverkar mängden dagvatten genom både intensitet och varaktighet. Dessa faktorer fås fram genom regnmätningar som påvisar att nederbörd varierar mycket över tid och plats (Dahlström 2006). För att se till att vatten- och avloppshanteringen sker på liknande sätt i hela landet och för att hjälpa medlemmarna tekniskt, ekonomiskt och juridiskt med dessa frågor bildade Sveriges kommuner Svenskt Vatten AB (Svensk Vatten, 2007). Svenskt Vatten AB har sedan tillsammans med experter från området tagit fram anvisningar för hur allmänna avloppsledningar ska dimensioneras (Svenskt Vatten, 2004). Dessa riktlinjer ligger sedan till grund även för den juridiska värderingen av skadeståndsskyldigheter då översvämningar sker (Svenskt Vatten, 2004).

Vid dimensionering av dagvattennät, används idag samband som till stor del introducerades i slutet av 1800-talet (Chow 1964) som den "rationella metoden". Beräkningarna utförs ofta med hjälp av exceltabeller eller diagram. Detta är ett tidskrävande arbetssätt som inte följt med i utvecklingen av det datoriserade samhället. Då ny information tillkommer till projektet eller parametrarna för något avrinningsområde ändras, vilket kan hända ett flertal gånger under ett projekt, behöver dessa steg göras om manuellt för varje del av ledningsnätet. Sammanlagt kan det leda till att en mängd av beräkningsstegen måste göras om, vilket leder till att risken för felberäkningar ökar. De beräknade rördimensionerna överförs sedan till olika CAD-program som används för att få fram ritningar över ledningsnätet. Ofta kombineras detta med geografisk information över området, samt de övriga byggåtgärder som planeras i området. I dagens samhälle där GIS och CAD används vid projektering bör även arbetet med dimensioneringen av ledningsnätet kunna bli mer effektivt.

Det finns hydrodynamiska ledningsnätmodelleringsprogram som kan användas för att dimensionera ledningsnät, (Chow 1988, Jones 1997) exempel på dessa är Mike Urban och SWMM (DHI-group, 2007). Dessa har för nuvarande ingen direkt koppling till de CAD-baserade ritprogram som används som projekteringsprogram. I dagsläget används de hydrodynamiska ledningsnätmodellerna mestadels för beräkningar och simuleringar av befintliga ledningsnät. Särskilt används de vid översvänningsproblematik, eller för dimensionering och kontrollberäkningar av komplexa nät (Chow 1988). Fördelen med dem är att de tar hänsyn till dämningseffekter i rören, samt variationer i flödet med tiden. De kan även beräkna transporter av föroreningar samt simulera fram långa tidsserier för statistiska ändamål (Chow 1988). Än så länge har dessa program inte börjat anpassats till användning i tre dimensioner. Vid projektering av enklare ledningsnät där dimensionering och placering av rören är det essentiella räcker det dock ofta med beräkningar utförda enligt stationära



beräkningsmetoder. Dessa metoder ger en viss säkerhet eftersom de tenderar att överdimensionera rören nedströms i ledningsnätet (Lund-Weiss muntligen, 2007).

Ett program som är kopplat till både GIS och CAD är det amerikanska programmet Inroads (Bentley, 2007). Inroads har en applikation, Storm & Sanitary, som kan sköta både projektering och dimensionering av rörledningssystem med enkla beräkningar. Programmet ingår i en stor familj av olika projekteringsprogram som kan samordnas i omfattande projekt och som kan förevisas i tre dimensioner (Bentley, 2007).

Det här projektet gick ut på att jämföra beräkningssätten och resultat mellan Storm & Sanitary och det nuvarande sättet att utföra projektering och dimensionering för dagvattenledningsnät. Syftet var dels att undersöka om programmet kunde utföra dimensioneringen på ett sätt som är effektivare och enklare än det nuvarande beräkningssättet dels att ta fram en rekommendation för hur dimensioneringsdelen skulle kunna användas vid projektering. Detta gjordes genom att gå igenom teorin bakom de båda sätten samt genom att utföra beräkningar och jämföra resultaten på två olika områden. I slutfasen har även en enkel svensk användarmanual för dimensionering i Storm & Sanitary tagits fram.

## **2 TEORI**

I detta avsnitt behandlas teorin bakom de beräkningsmetoder som används i de svenska riktlinjerna och Storm & Sanitary.

### **2.1 SVENSKA RIKTLINJER**

För dimensionering av dagvattenledningsnät använder man sig av riktlinjerna som är framtagna av Svenskt Vatten och av de rekommenderade beräkningssätten (Lund-Weiss muntligen, 2007). Riktlinjerna anger bland annat vilka nederbördsåterkomsttider ett ledningsnät ska dimensioneras efter. Nederbördens återkomsttid väljs efter ett enkelt schema som överslagsmässigt tar hänsyn till skadepotentialen om det avvattnade området skulle översvämmas. Vid en juridisk bedömning av skadeståndsskyldigheter vid översvämningar tar man hänsyn till om ledningsnätet är dimensionerat efter riktlinjerna eller ej. Dessa beräkningssätt och riktlinjer finns i en publikation från Svenskt Vatten (2004), som kallas P90. Publikationen bygger på en tidigare publikation från 1975 (Svenskt Vatten, 2004). De förändringar som gjorts mellan dessa publikationer har mestadels med anpassning till datormodeller att göra (Svenskt Vatten, 2004). Riktlinjerna i P90 föreskriver vilken återkomsttid för regn som bör användas för olika sorters områden beroende på ledningsnätet som ska dimensioneras. Ledningsnäten kan antingen vara ett kombinerat system där dagvatten och spillvatten leds bort tillsammans eller duplikata system där de leds bort var för sig (Selander, 1976). Områden med citybebyggelse där dagvatten kan avledas via ytan endast med hjälp av självfall kallas enligt definition ej instängda områden. För dessa områden är återkomsttiden för det dimensionerande regnet två år vid användandet av enbart dagvattenledning. För så kallade instängda områden med citybebyggelse där dagvatten inte kan rinna av efter ytans lutning är den 10 år för enbart dagvattenledning.

#### **2.1.1 Dimensionering av ledningsnät**

Dimensionering av ett ledningsnät sker i två steg. Först beräknas de dimensionerande flödena för avrinningsytorna och sedan beräknas ledningarnas kapacitet med avseende på flödena för att se om rören klarar att avleda dessa.

Metoden som används för dimensioneringen av ledningsnät i Sverige kallas för rationella metoden. Denna metod tar inte hänsyn till att våta och torra avrinningsområden i verkligheten reagerar olika på liknande nederbörd. Däremot passar den utmärkt för att bestämma flöden från relativt små avrinningsområden bestående till stor del av hårdgjorda ytor (Jones, 1997).

För att verifiera resultat och göra en rimlighetsbedömning görs en grov uppskattning av hela områdets area och sammansättning av markanvändningstyper. Därefter sätts dessa värden in i beräkningen och jämförs med värdet för det rör som är mest nedströms i området (Lund-Weiss muntligen, 2007).

### **Rationella metoden**

Den rationella metoden är den äldsta och enklaste modellen för att förutspå den maximala avrinningen från ett område (dimensionerande flödet) (Jones, 1997). För att metoden ska kunna användas måste tre villkor vara uppfyllda:

- Området bör vara i det närmaste rektangulärt.
- Avrinningskoefficienter med liknande värde bör vara jämnt fördelade över området.
- Rinntiderna inom olika delområden får inte fluktuera alltför mycket.

Om villkoren ej kan uppfyllas måste beräkning av avrinningen ske med noggrannare beräkningsmetoder (Svenskt Vatten, 2004).

I den rationella metoden beräknas det dimensionerande flödet enligt

$$q_{\text{dim}} = A \cdot \varphi \cdot i(t_r) \quad (1)$$

där  $q_{\text{dim}}$  är det dimensionerande flödet [l/s],  $A$  är avrinningsområdets area [ha],  $\varphi$  är avrinningskoefficienten [-],  $i(t_r)$  är den dimensionerade nederbördsintensiteten [l/s·ha] och  $t_r$  [min] är regnets varaktighet som i den rationella metoden är lika med områdets koncentrationstid  $t_c$ . (Jones, 1997.) Koncentrationstid är den tid det tar för vattnet att ta sig från den hydrologiskt mest avlägsna punkten till mätpunkten (Jones, 1997).

Avrinningskoefficienten beskriver hur stor andel av nederbörden som genererar avrinning. Den beror på andelen hårdgjord yta, områdets lutning och beskaffenhet samt regnets intensitet. För att beräkna den sammanvägda avrinningskoefficienten används följande ekvation

$$\varphi = (A_1\varphi_1 + A_2\varphi_2 + \dots + A_n\varphi_n) / (A_1 + A_2 + \dots + A_n) \quad (2)$$

Värden på avrinningskoefficienten tas från denna tabell.

**Tabell 1. Avrinningskoefficienter för olika typer av underlag. (Svenskt Vatten, 2004 s. 21)**

Typ av yta	Avrinningskoeff.
Tak	0,9
Betong- och asfaltsyta, berg i dagen stark lutning	0,8
Stensatt yta med grusfogar	0,7
Grusväg, starkt lutande bergigt parkområde utan nämnvärd vegetation	0,4
Berg i dagen i inte alltför stark lutning	0,3
Grusplan och grusad gång, obebyggd kvartersmark	0,2
Park m rik vegetation samt kuperad bergig skogsmark	0,1
Odlad mark, gräsyta, ängsmark mm	0-0,1
Flack tätbevuxen skogsmark	0-0,1

Vid dimensionering av avrinning måste även koncentrationstiden på mark och i ledningar uppströms beräkningspunkten tas med. Detta kan göras utifrån områdets egenskaper. Ett sådant empiriskt samband är

$$t_c = 0,043(L_{h80})^{0,71} / (i^{0,32} \cdot S_h^{0,35} \cdot A_{del}^{0,05}) \quad (3)$$

där  $L_{h80}$  [m] är huvudledningens längd fram till den längst uppströms liggande brunnen plus 80 m,  $i$  är regnintensiteten [l/s·ha],  $S_h$  är huvudledningens medellutning [-] och  $A_{del}$  är den reducerade arean [ha]. Oftast använder man rationella metoden till överslagsberäkningar och då bryr man sig inte om rörens koncentrationstid.

### Rörkapacitet

I de svenska riktlinjerna används Prandtl-Colebrooks ekvation för beräkning av rörens dimensioner.

$$q = -\frac{\pi \cdot D^2}{2} \sqrt{2 \cdot g \cdot D \cdot S_0} \cdot \log \left[ \frac{2,51 \cdot \nu}{D \sqrt{2 \cdot g \cdot D \cdot S_0}} + \frac{k \cdot 10^{-3}}{3,71 \cdot D} \right] \quad (4)$$

där  $D$  är rörets diameter [m],  $S_0$  är ledningens lutning,  $\nu$  är den kinematiska viskositeten [ $m^2/s$ ] ( $1,3 \cdot 10^{-6}$  vid  $10^\circ C$ ) och  $k$  är skrovligheten [mm] (1,0 för betong).

För att erhålla rörets diameter provar man sig fram bland standarddimensionerna. En viss överkapacitet hos röret är önskvärd för att dels ge en ökad säkerhetsmarginal dels ge en möjlighet till att ansluta nya rör i framtiden. Fyllnadsgrad används för att mäta överkapaciteten.

$$Fyllnadsgrad = \text{Flöde} / \text{Kapacitet} \quad (5)$$

Där kapaciteten [ $m^3/s$ ] är det maximala flödet i ett rör då det är helt fyllt.

## Regnenveloppmetoden

Då dagvattnet tas upp i magasin eller tas om hand inom det område där det bildas (så kallat lokalt omhändertagande av dagvatten) kan den rationella metoden inte användas för att ange det dimensionerande flödet nedströms anläggningen. I stället används regnenveloppmetoden som är en överslagsberäkningsmetod för bestämning av dimensionerande flöden nedströms magasin eller liknande anläggningar. Då regnenveloppmetoden inte tar hänsyn till rinntiden passar den bäst för magasin med liten avtappning, < 20-30 l/s·ha. Då blir långvariga regn dimensionerande för magasinets storlek. Magasinsvolymen bestäms enligt

$$M_{\text{dim}} = \max[V_{\text{in}}(t) - V_{\text{ut}}(t)] \quad (6)$$

$$V_{\text{in}} = 10 \cdot i_0 \cdot t^{0,28} \quad (7)$$

$$V_{\text{ut}} = 86,4 \cdot q_{\text{ut}} \cdot t \quad (8)$$

där  $V_{\text{in}}$  är tillrinningsenvelopp [ $\text{m}^3/\text{ha}$ ],  $V_{\text{ut}}$  är ackumulerat flöde [ $\text{m}^3/\text{ha}$ ],  $t$  är varaktigheten hos regnets maximala medelintensitet [dygn],  $i_0$  är regnintensiteten för  $t=1$  och aktuell återkomsttid [mm/dygn] och  $q_{\text{ut}}$  är det strypta flödet från anläggningen [l/s·ha].

När  $M_{\text{dim}}$  beräknats för anläggningen och rör utifrån densamma kan man återgå till rationella metoden för resten av om rådet. (Svenskt Vatten, 2004)

### 2.1.2 Nederbörd

I P90 används Z-värden för att bestämma sambandet mellan regnets intensitet och varaktighet. Dessa Z-värden presenterades av Dahlström i slutet av 1970-talet enligt

$$Z' = 0,5(N_7 + N_8) - N_v \quad (9)$$

där  $N_7$ ,  $N_8$  och  $N_v$  är medelnederbörden 1931-1960 under juli, augusti och en vårmånad, vanligen maj. Z-värdena fås från en karta över Sverige.

Sambandet mellan regnintensitet och regnets varaktighet blir

$$i(t_r, Z) = 2,78(a + Z \cdot b)c \quad (10)$$

där  $a$  och  $b$  är konstanter med olika värden beroende på återkomsttiden  $T$  för vissa regnintensiteter.

**Tabell 2. Värden för parameter a och b för olika återkomsttider. (P90 s.19)**

Återkomsttid, T [månader]	Konstanter	
	a	b
12	5,38	0,272
24	7,53	0,293
60	11,63	0,309
120	16,12	0,314

c är en parameter som beror av regnets varaktighet.

**Tabell 3. Värden för parametern c för olika regnvaraktigheter. (P90 s.19)**

$t_r$ [min]	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
c	3,62	2,96	2,41	2,06	1,81	1,62	1,47	1,35	1,25	1,17	1,10
$t_r$ [h]	1	1,5	2	3	4	6	8	12	16	20	24
c	1,10	0,821	0,667	0,499	0,405	0,303	0,246	0,184	0,149	0,127	0,112

För beräkningar som inte är typfall är

$$a = 1,7T^{0,47} - T^{-1} \quad (11)$$

$$b = 0,32 - 0,72(T + 3)^{-1} \quad (12)$$

$$c = \left[1 + 0,1(t_r - 0,167)/(t_r - 0,157)\right]_{t_r}^{-0,72} \quad (13)$$

För att kunna behandla nya regndata infördes en regndefinition av Hernebring (2006). På så sätt kunde han dela upp de kontinuerliga dataserierna i regntillfällen samt utesluta små regn som har liten eller saknar inverkan på dagvattenhanteringen.

Regndefinitionen består av en parameter som begränsar hur lång en period med noll nederbörd kan vara innan regnet delas upp i två regn samt minsta regnintensitet och minsta regnvoly. Längsta uppehållstid inom ett och samma regn bestämdes till två timmar. Minsta regnintensitet avgränsades till 0,1 mm/h och minsta regnvoly till 2 mm. Regn mindre än dessa två utesluts ur beräkningarna. (Hernebring, 2006)

### Regn-klimatförändringar

Det finns inget underlag för att beräkna hur klimatförändringar kommer att påverka dimensionering av dagvattenledning (Svenskt Vatten, 2004). Framst beror det på svårigheter att modellera framtida vädersscenarion. Hernebring (2006) och Dahlström (2006) beskriver båda statistik från 1971-2000 där en minskning av nederbörd i södra Sverige och en ökning i norra har skett jämfört med perioden 1961-1990. Dessa skillnader ligger mellan  $\pm 5-10\%$  jämfört med tidigare studier vilket kan sägas ligga inom felmarginalen för mätningarna Hernebring (2006). Dahlström (2006) påpekar att minskningen i regnintensitet även innebär en minskning i Z-värdena, framst i sydvästra Götaland men även i Dalarna. Dahlström (2006) och Hernebring (2006) framhåller även att det är viktigt för branschen att uppdatera sig regelbundet om nya forskningsrön i frågan för att göra så korrekta bedömningar som möjligt av situationen.

## 2.2 STORM & SANITARY

Storm & Sanitary ingår i det amerikanska företaget Bentleys utbud av program för projektering inom arkitektur-, infrastruktur- och byggsektorn. Alla deras program går att använda i AutoCAD eller Bentleys egna CAD program MicroStation. (Bentley, 2007)

Med Storm & Sanitary kan man bland annat bygga tredimensionella modeller, designa nya ledningsnät och simulera flöden. Fördelen med att se nätet i tre dimensioner är att det blir lättare att se helheten och upptäcka brister. Det underlättar även för projekt i stadsmiljö där marken redan innehåller en mängd andra ledningar samt konstruktioner eftersom det tydligt syns var dessa kan kollidera med varandra. I Storm & Sanitary går det även att analysera hur ett befintligt ledningsnät klarar olika scenarier och förändringar. Programmet innehåller verktyg för att beräkna och analysera hydrologiska och hydrauliska problem (Bentley, 2007). I programmet behöver en rad inställningar göras innan beräkningar kan utföras. Dessa inställningar berör en mängd faktorer, från vilka övergripande ekvationer som ska användas till hur stor andel av en viss brunn som effektivt tar emot det avrinnande vattnet.

Vid simulering av dagvatten i ett område behöver programmet en mängd bakgrundsfakta såsom bland annat filer över nederbördsdata, områdets planlösning och befintliga ledningar. Till programmet hör även ett bibliotek över exempelvis rördimensioner, olika sorters brunnar, material som kan utökas efter behov.

### 2.2.1 Dimensionering av ledningsnät

I Storm & Sanitary finns det två olika sätt att beräkna det dimensionerande flödet, dels den rationella metoden och dels med hjälp av SCS (Soil Conservation Service) enhetshydrografer (Bentley, 2004). I detta projekt kommer endast den rationella metoden användas. Det finns även två ekvationer att välja mellan för beräkning av ledningens kapacitet beroende av det dimensionerande flödet. I det här arbetet beskrivs endast Prandt-Colebrook.

#### Rationella metoden

Även Storm & Sanitary använder ekvation 1. Skillnaden mellan P90 och Storm & Sanitary är att i programmet finns det möjlighet att beräkna koncentrationstiden på tre olika sätt. I det här arbetet tas enbart två av metoderna upp, FAA och Kirpich. Den tredje metoden använder sig av en variant av den kinematiska vågekvationen och delar upp vattnets längsta sträcka i olika delar beroende på hur avrinningen sker. Enligt FAA (U.S. Federal Aviation Administration) beräknas koncentrationstiden [min]

$$t_c = K_1(1,1 - \varphi)L^{1/2} \cdot s^{-1/3} \quad (14)$$

Där  $K_1$  är en enhetsberoende konstant med värdet 3,26 för SI-enheter,  $\varphi$  är avrinningskoefficienten [-],  $L$  är vattnets maximala transportsträcka [m] och  $s$  är områdets lutning [%]. Sambandet togs från början fram för att beräkna avrinningen från flygplatser, men kan även tillämpas på andra urbana områden (Chow, 1988). Enligt (LMNOeng, 2007) är FAA-metoden den mest använda metoden av de två och även den metod som rekommenderas av American Society of Civil Engineers.

Kirpichs metod är ett empiriskt samband som används vid större områden.

$$t_c = K_2 \cdot L^{0,77} \cdot s^{-0,385} \quad (15)$$

Där  $K_2$  är en enhetsberoende konstant med värdet 0,0195 för SI-enheter, L och s står för samma sak som i föregående formel (Chow, 1964). Sambandet togs fram genom att man mätte hur lång tid det tog för vattnet att stiga från den lägsta till högsta nivån i en väldefinierad kanal med branta kanter efter ett regn (Chow, 1964 & LMNOeng, 2007). Uttrycket är egentligen framtaget för flöden i naturliga kanaler men kan anpassas till asfalterade ytor genom att dividera  $K_2$  med 0,4 (Chow, 1988). Kirpichs metod påminner mycket om det empiriska sambandet som används i P90.

För att beräkna avrinningskoefficienten för ett område som består av flera olika sorters mark används ekvation 2.

### Rörkapacitet

Kapaciteten hos ledningen kan bestämmas antingen genom att använda Mannings ekvation eller Prandtl-Colebrook (Bentley, 2004). Då Prandtl-Colebrook används i de svenska riktlinjerna valdes den metoden även vid tillämpningen i Storm & Sanitary.

Programmet provar sig fram bland de olika rördimensionerna som finns angivna i programmets inställningar för att hitta det minsta röret som klarar av det angivna flödet.

### 2.2.2 Nederbörd

I Storm & Sanitary kan antingen regnets intensitet specificeras direkt eller så kan koncentrationstiden användas för att få fram erforderlig regnintensitet. Då koncentrationstiden används finns tre olika metoder att välja mellan. Den första utnyttjar sambandet mellan intensitet, varaktighet och frekvens (engelsk förkortning IDF) hos regnen. Den andra använder regn och koncentrationstid och den tredje metoden är att använda ekvationen

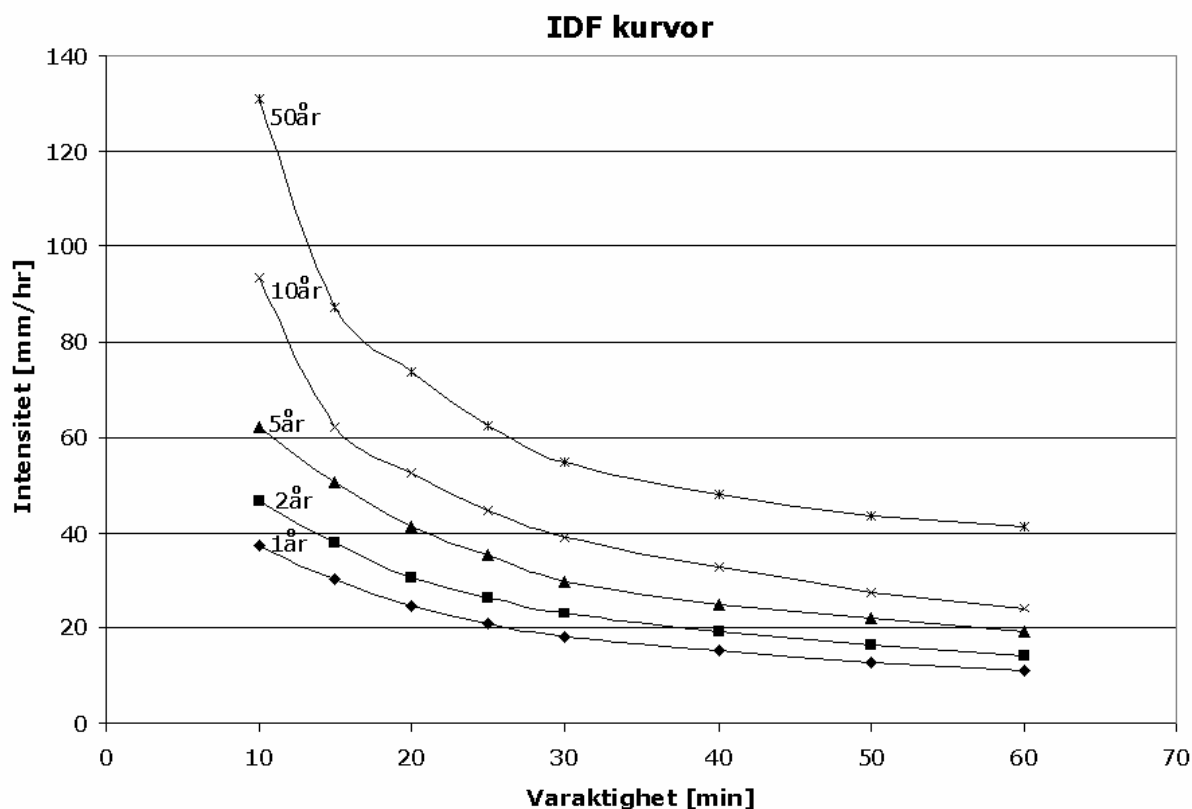
$$i = \frac{a}{(t_c + b)^c} \quad (16)$$

Där  $i$  är det dimensionerande regnets intensitet [mm/h],  $t_c$  är koncentrationstiden,  $a$ ,  $b$  och  $c$  är konstanter från regnintensitet- och varaktighetskurvor.

### Regnintensitet- och varaktighetskurvor

IDF motsvarar de svenska regnintensitets- och varaktighetskurvor som finns för specifika platser i Sverige. Dessa tas fram genom att först behandla insamlade regndata med statistiska metoder för att kunna skatta nederbördsintensiteter för olika varaktigheter och återkomsttider. För att kunna bestämma värden på konstanterna  $a$ ,  $b$  och  $c$  används olika metoder. Hernebring (2006) anpassade data numeriskt genom att logaritmera uttrycket och låta  $b$  variera så att kurvorna blev så raka som möjligt sedan användes regression för att bestämma  $a$  och  $c$ .

I projektet användes värden på intensitet och varaktighet från SMHI. Dessa värden är beräknade för områden i Sverige med ett Z-värde på 18.



Figur 1. Intensitet och varaktighetskurva för Z-värde 18. Kurvorna visar återkomsttiderna 1, 2, 5, 10 och 50 år där kurvan motsvarande en återkomsttid på 1 år är den nedersta.

Storm & Sanitary använder IDF kurvornas värden i tabellform. Programmet interpolerar mellan värdena då en koncentrationstid anges som ej existerar i tabellen.

Tabell 4. Intensitet för olika långa regn beroende på återkomsttid och koncentrationstid [min] för Z-värde 18. Värden för 1-5 minuter är extrapolerade.

Minuter	Återkomsttider [år]			
	1 [mm/hr]	2 [mm/hr]	5 [mm/hr]	10 [mm/hr]
1	177,5	221,5	296,4	375,6
3	80,6	100,6	134,6	170,6
5	55,8	69,5	93,6	118,4
10	37,1	46,4	62,3	93,6
15	30,2	37,8	50,8	62,3
20	24,5	30,6	41,4	52,6
25	20,9	26,3	35,3	44,6
30	18,4	23,0	29,9	39,2

### 3 MATERIAL & METODER

För att resultaten av de båda beräkningssätten skulle efterlikna varandra valdes de beräkningssätt i Storm & Sanitary som mest påminde om beräkningssätten i de svenska riktlinjerna. Den rationella metoden visade sig även vara betydligt lättare rent inställningsmässigt att utföra i programmet, än metoden som bygger på enhetshydrografer.

I den rationella metoden är val av lämplig koncentrationstid betydelsefull. Testområdena består av små delavrinningsområden, därför valdes koncentrationstiden för beräkning enligt



de svenska riktlinjerna till tio minuter vilket är det minsta värdet på koncentrationstid i de svenska riktlinjerna. I Storm & Sanitary gjordes flödesberäkningar dels med två olika metoder för platspecifik bestämning av koncentrationstiden dels med värdet tio minuter efter de svenska riktlinjerna. Programmet beräknade även hur flödena påverkades av rörens koncentrationstid. De svenska riktlinjerna bortser från att rörens längd påverkar flödenas storlek.

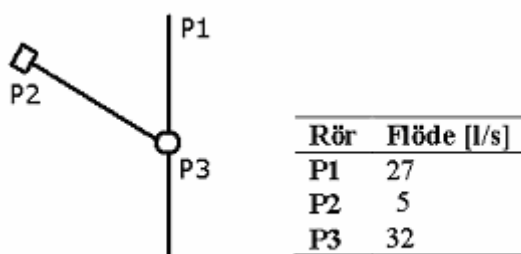
Då delavrinningsområdena består av olika sorters markanvändningstyper krävs en sammansatt avrinningskoefficient för att flödet ska kunna beräknas. Koefficienten beräknas på liknande sätt i Storm & Sanitary som i de svenska riktlinjerna.

I Storm & Sanitary kan man välja om programmet ska beräkna rörens dimensioner eller om de ska anges manuellt då nätet läggs ut. För det första området användes både de befintliga rörstorlekarna och dimensionering av rören med Storm & Sanitary. Dimensioneringen av ledningsnätet i det första området gjordes enbart för den undre ledningen då den övre ledningen är dimensionerad för en längre återkomsttid på vissa sträckor. För det andra området fanns ingen kunskap om rörens dimensioner och därför beräknades rören enbart av programmet. All information som Storm & Sanitary behöver för att beräkna dimensionerna hämtas automatiskt från existerande fakta i ledningsnätet.

Vid dimensionering av dagvattenledningar bör erfarenhetsmässigt rör med en storlek  $\leq 400$  mm ha en fyllnadsgrad under 90 % ur säkerhetssynpunkt för att vara tillräckligt överdimensionerat, rör över 400 mm bör högst ha 95 % fyllnadsgrad (Lund-Weiss, muntligen, 2007).

Områdena där beräkningarna genomfördes valdes därför att de var små och hade okomplicerade ledningsnät som fanns i Storm & Sanitary. Områdena valdes också för att testa olika delar av beräkningarna. Det första området bestod av ytor där lutningen enkelt kunde bestämmas och användes därför till att jämföra hur beräkningarna av koncentrationstid påverkade flödet. Det andra området bestod av villatomter och asfaltsväg och användes för att undersöka hur användandet av sammansatta avrinningskoefficienter påverkade beräkningarna.

Först beräknades flödena enligt P90 och sedan jämfördes de med flöden som simulerats fram i Storm & Sanitary. Utifrån de dimensionerande flödena beräknades sedan flödet längs hela rörsystemet antingen manuellt, (figur 2), eller med Storm & Sanitary. I Storm & Sanitary gjordes även simuleringar där rörens koncentrationstid togs med.



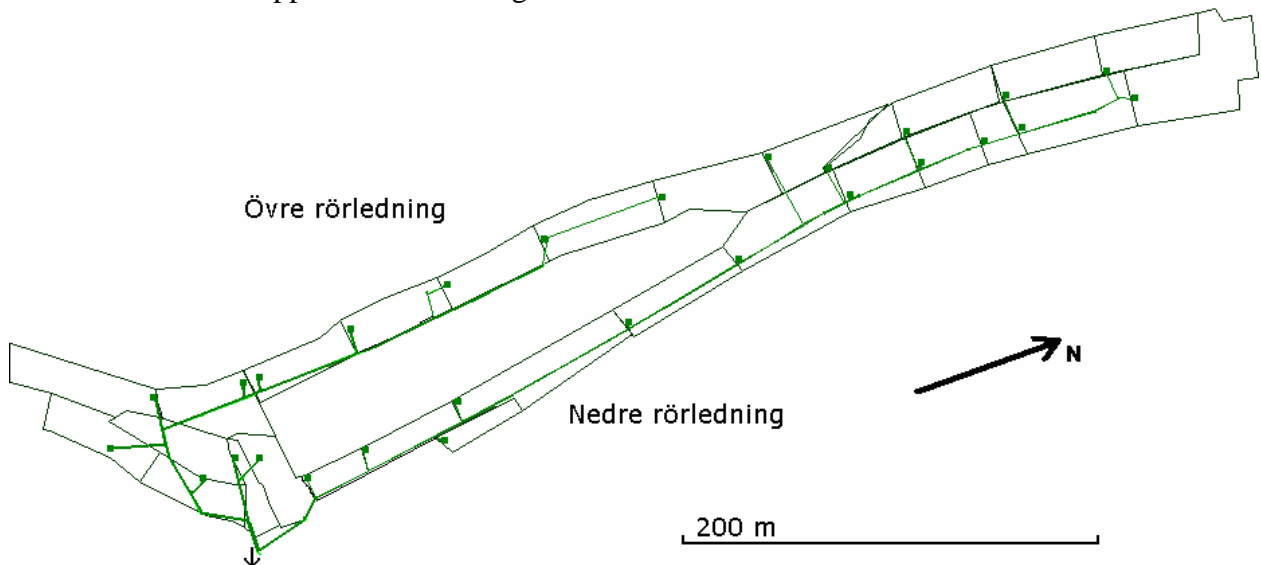
Figur 2. Förklaring hur flödena beräknas manuellt för varje separat rör. P1 har ett flöde på 27 l/s. P2 tar emot 5 l/s via dagvattenbrunnen (fyrkant) som avvattnar ett avrinningsområde. Rören P1 och P2 kopplas ihop med en nedstigningsbrunn (cirkel), flödena från dessa båda rör bildar flödet i P3 på 32 l/s.

## 3.1 OMRÅDEN

### 3.1.1 Område 1

De första simuleringarna gjordes för det framtida vägområdet som är en del av Norra länken på området vid Roslagsvägen nära Stockholms universitet, Stockholm. Området bestod mestadels av vägbana. Detta gjorde beräkningarna lättare då det framtida vägområdet kunde delas in i delavrinningsområden där lutningen enkelt bestämdes utifrån vägens lutning.

Rörledningsnätet där flödena simulerades fanns till stor del redan upplagt i Storm & Sanitary. Ett antal brunnar och rör lades till för att varje avrinningsområde skulle ha tillgång till minst en brunn som var kopplad till rörledningsnätet.



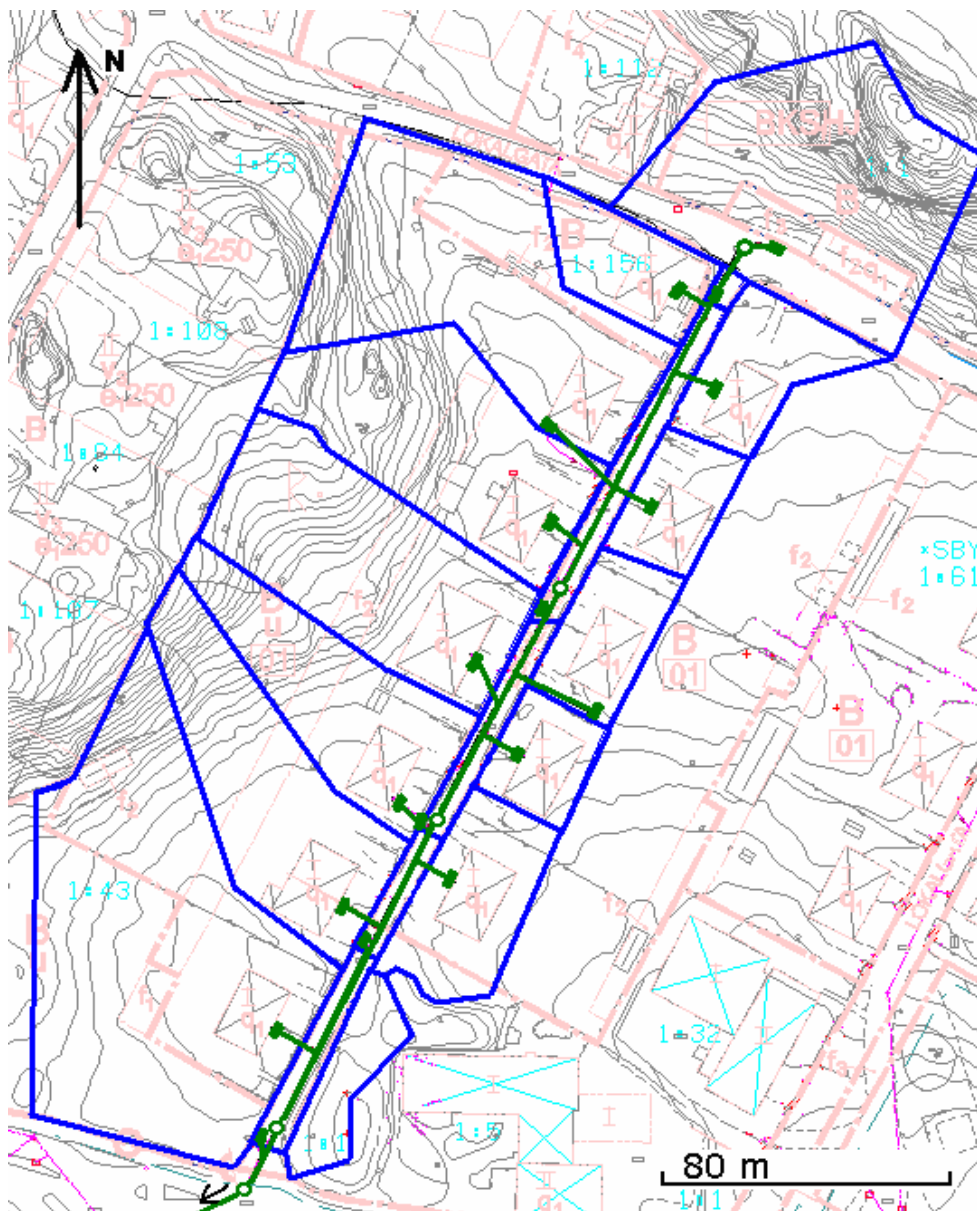
Figur 3. Ledningsnät och delavrinningsområden i Storm & Sanitary. Fyrkanterna symboliserar dagvattenbrunnar och är kraftigt förstörade.

Totalt bestod området av 27 avrinningsområden. Varje delområde var kopplat till en brunn inom den specifika avrinningsytan. Rörledningsnätet bestod av över 80 rör av olika dimensioner och med olika lutningar.

### 3.1.2 Område 2

Det andra området var en del av ett villaområde öster om Stockholm. Avrinningsområdena bestod till stor del av gräs och hårdgjord yta.

Befintliga terrängdata samt den befintliga rörledningens sträckning lades in i Storm & Sanitary. För att kunna simulera lades ett rörnät med brunnar och nedstigningsbrunnar ut ungefär så som det befintliga nätet ligger. Avrinningsområdena ritades upp efter terrängmodellen samt efter de delar av tomtyta som kan förmodas avvattas över befintligt ledningsnät.



Figur 4. Avrinningsområden och rörnät i Storm & Sanitary för område 2. Cirkclar betecknar nedstigningsbrunnar och fyrkanter dagvattenbrunnar.

Marken lutade från vänster till höger i bilden. Över tomtorna till vänster i bilden avvattnades även skogsområdet som har en brant lutning in mot tomterna. Gatan sluttade nedåt från övre delen av bilden till den nedre delen. Resultatet blev fem avrinningsområden längs gatan kopplade till de utlagda gatubrunnarna. Totalt blev det 19 avrinningsområden. Av dessa var tolv stycken villatomter med olika sorters markanvändning.

Den hårdgjorda ytans avrinningskoefficient sattes till 0,9, skogssluttnigen antogs ha avrinningskoefficienten 0,3 p g a den stora lutningen och gräsytan 0,1 från tabell 1. Dessa värden användes sedan tillsammans med de uppmätta areorna, för de olika markanvändningsområdena, för att beräkna den sammansatta avrinningskoefficienten.

**Tabell 5. Sammansatta avrinningskoefficienter för delavrinningsområdena i villaområdet beräknade enligt svenska riktlinjer och med Storm & Sanitary, anges som procent av värdet enligt de svenska riktlinjerna.**

<b>Delområde</b>	<b>Sammansatt avrinningskoefficient svenska riktlinjer</b>	<b>Storm &amp; Sanitary [% av de svenska riktlinjerna]</b>
<b>1</b>	0,17	99
<b>2</b>	0,24	100
<b>3</b>	0,27	100
<b>4</b>	0,28	101
<b>5</b>	0,27	98
<b>6</b>	0,20	99
<b>7</b>	0,30	101
<b>8</b>	0,37	100
<b>9</b>	0,80	100
<b>10</b>	0,80	100
<b>11</b>	0,80	100
<b>12</b>	0,80	100
<b>13</b>	0,80	100
<b>14</b>	0,27	99
<b>15</b>	0,36	99
<b>16</b>	0,31	101
<b>17</b>	0,39	100
<b>18</b>	0,27	99
<b>19</b>	0,30	100

## **3.2 TILLVÄGAGÅNGSSÄTT**

### **3.2.1 VAV P90 – traditionellt beräkningssätt**

Enligt svenska riktlinjer används ekvation 1 för uppskattning av de dimensionerande flödena. De olika områdenas areor fås av projekteringsprogrammet. Avrinningskoefficienten för olika ytor erhålls ur tabell 1. Alla delavrinningsytor i område 1 bestod av asfalt, utom ett som var en brant grässlänt. Delavrinningsytorna i område 2 bestod av gräs, kuperad skog och hårdgjord yta. För att beräkna den sammansatta avrinningskoefficienten användes ekvation 2.

Vid beräkning av den dimensionerande nederbördsintensiteten enligt ekvation 10 krävdes kunskap om områdenas koncentrationstid och Z-värdet för norra Stockholm. Återkomsttiden för regn som orsakar fylld ledning bestämdes utifrån områdenas karaktär. Då avrinningsområdena ej var instängda områden, sattes dimensionerande återkomsttid för regn till två år. Vid beräkning enligt det traditionella sättet sattes koncentrationstiden till 10 minuter som är det minsta värdet på koncentrationstiden i de svenska riktlinjerna och även vanligt vid överslagsberäkning för små områden (Lund-Weiss, muntligen, 2007).

När arean, avrinningskoefficienten och koncentrationstiden var bestämda för varje avrinningsområde beräknades det dimensionerande flödet för respektive område. De dimensionerande flödena adderades sedan enligt ledningsnätets uppbyggnad.

Bestämning av rörets dimension utförs enligt ekvation 4. Genom att prova de olika standarddimensionerna valdes den rörstorlek som gav en rimlig överskottskapacitet. De parametrar som varierar är flödet genom röret, rörets lutning och rörets skrovlighet. Flödet genom varje enskilt rör beräknas genom att följa ledningsnätets struktur från delavrinningsområdena ner till slutpunkten.

Rent praktiskt kräver dessa beräkningar att man använder sig av minst två excelblad. Det första tar hand om beräkningarna av det dimensionerande flödet (se bilaga 1), vilket blir mer komplicerat då avrinningsytorna består av olika markanvändningstyper. Anslutet till tabellen över de dimensionerande flödena bör man även ha en tabell över ledningsnätets uppbyggnad, där flödena för varje separat rör beräknas. I det andra bladet provar man sig fram med olika rördimensioner då man vet rörets lutning, skrovlighetsvärde och det dimensionerande flödet (se bilaga 2). Det första excelbladet används för varje avrinningsyta. Det andra bladet används för varje rör samtidigt som man använder sig av projekteringsprogrammet för att få fram rörets lutning och skrovlighetsvärde.

### **3.2.2 Storm & Sanitary**

Vid beräkandet av det dimensionerande flöden med Storm & Sanitary användes också ekvation 1. Areorna beräknades automatiskt av programmet då de ritats ut som polygoner i ett lager på ritningen och kopplats till Storm & Sanitary. Avrinningskoefficienten togs från tabell 1 för det första området och beräknades enligt ekvation 2 för det andra området. För att få fram de olika areorna för de skilda markanvändningstyperna ritades även dessa areor upp som polygoner och storleken beräknades av programmet.

Koncentrationstiden beräknades enligt tre olika metoder för det första området. Den första metoden var FAAs samband (ekvation 14). Denna metod kräver det längsta avstånd en droppe vatten behöver färdas för att nå mätpunkten, lutningen för denna sträcka och avrinningskoefficienten för området. Dessa parametrar erhöles från de uppritade delavrinningsområdena i programmet. Kirpichs samband (ekvation 15) var den andra metoden. Även där krävdes längsta väg och lutning. Den sista metoden var att sätta koncentrationstiden till tio minuter. För det andra området användes enbart koncentrationstiden tio minuter.

När koncentrationstiden var beräknad använde programmet den inlagda intensitets- och varaktighetstabellen för att beräkna regnets intensitet. Därefter beräknades flödet för alla areor och rör automatiskt av programmet. I det första området innehåller vissa delavrinningsområden två sammankopplade dagvattenbrunnar. Det dimensionerande flödet från ytorna kan endast kopplas till en brunn men alla brunnar måste ha ett flöde för att simuleringen ska kunna utföras. Därför injicerades ett litet flöde i den andra brunnen. Genom att ändra på en inställning i programmet dimensionerades även rören.

## **4 RESULTAT**

### **4.1 OMRÅDE 1**

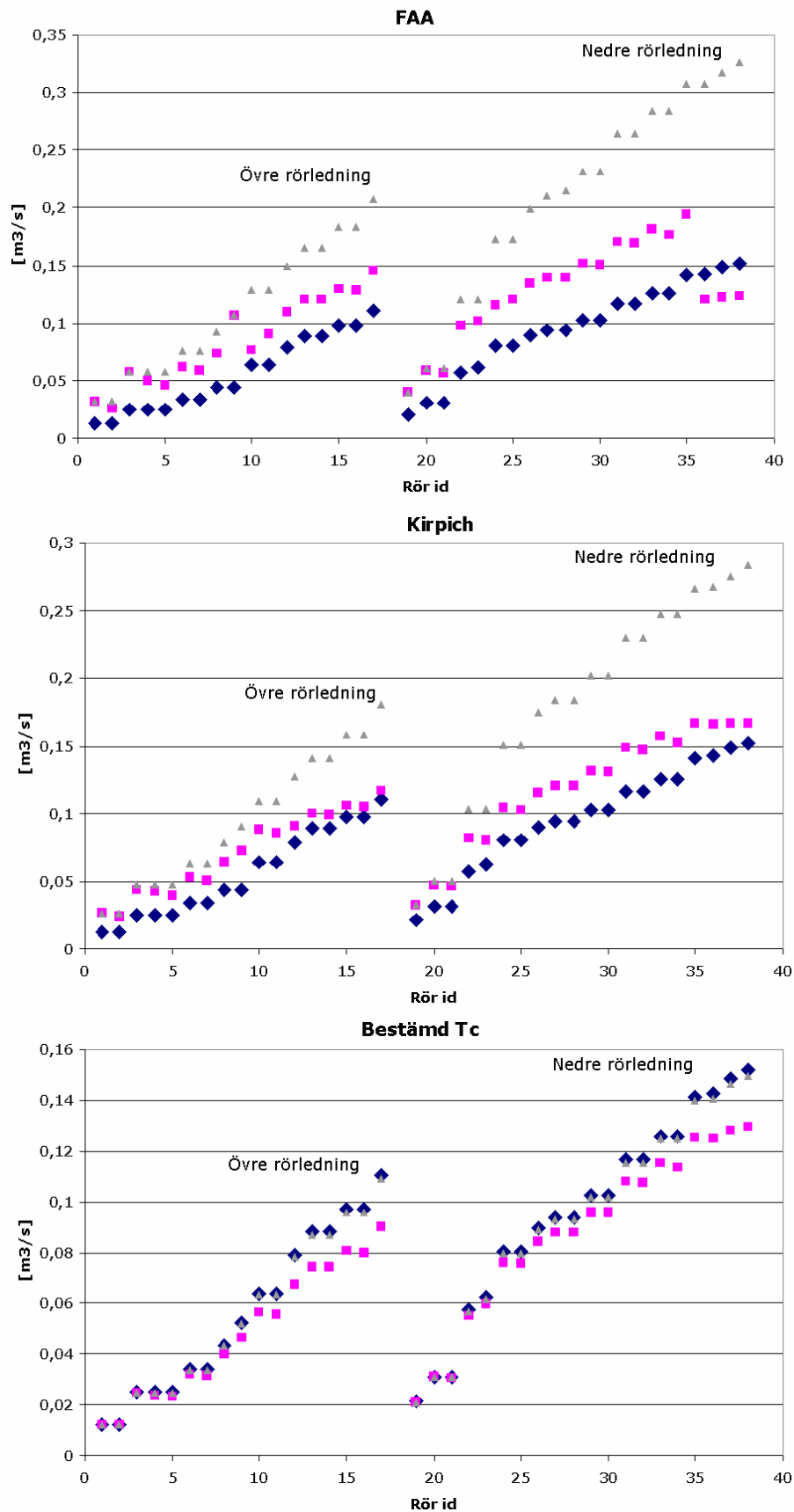
De dimensionerande flödena beräknade med FAAs metod och Kirpichs metod blev betydligt högre än flödena beräknade enligt de svenska riktlinjerna. Anledningen till att båda dessa

metoder beräknar högre flöden är att koncentrationstiderna blir betydligt kortare med dessa metoder än med den svenska överslagsberäkningen. Koncentrationstiden avtar med ökad regnintensitet och en högre regnintensitet ger ett högre flöde. Då koncentrationstiden angavs till 10 minuter i Storm & Sanitary blev de dimensionerande flödena för varje område snarlika de värden beräknade enligt de svenska riktlinjerna.

**Tabell 6. Dimensionerande flöden för de olika avrinningsområdena och metoder för beräkning av koncentrationstider i procent av flödena beräknade enligt de svenska riktlinjerna.**

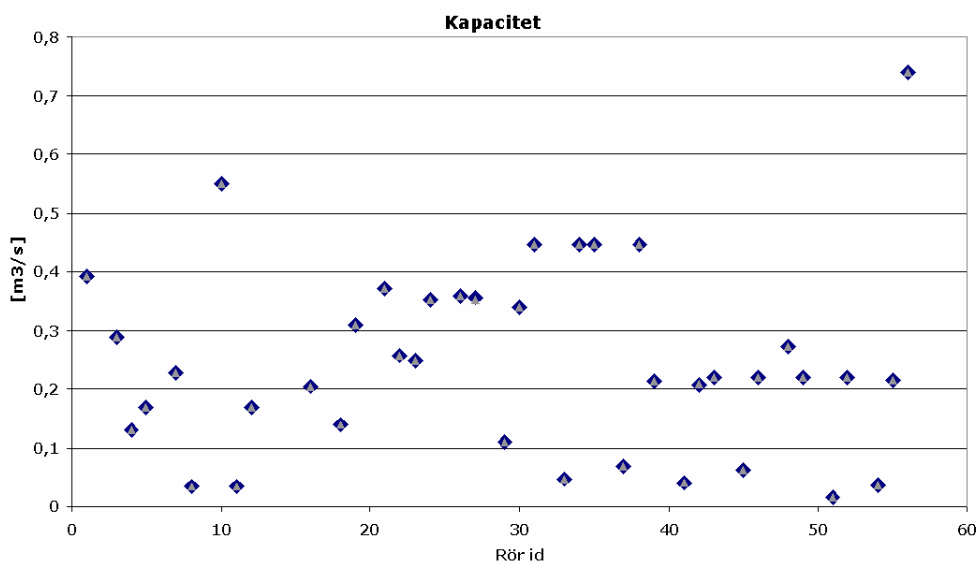
Del område	Dimensionerande flöde			
	Svenska riktlinjer (10 min) [l/s]	FAA [% av svenska riktlinjer]	Kirpich [% av svenska riktlinjer]	Storm & Sanitary (10 min) [% av svenska riktlinjer]
1	9,5	177	155	99
2	8,8	205	197	98
3	4,3	202	188	100
4	8,7	174	155	100
5	3,6	233	217	100
6	5,9	171	144	98
7	15,3	149	128	99
8	9,5	204	179	99
9	14,0	241	202	99
10	9,3	286	257	99
11	8,9	326	316	100
12	5,0	382	398	98
13	16,1	224	199	99
14	4,1	278	239	100
15	8,7	233	201	99
16	12,5	258	210	99
17	12,4	202	176	99
18	9,2	193	168	99
19	9,3	186	158	99
20	8,8	164	142	99
21	11,7	184	161	99
22	15,1	142	119	99
23	9,9	206	183	99
24	10	245	208	99
25	21,3	188	151	99
26	1,2	25	75	100
27	9,2	247	208	99

Flödena för varje rör beroende på vald koncentrationstid visas i figur 5. Det syns tydligt i figuren att flöden beräknade både med FAAs metod och Kirpichs metod är större än flödena beräknade enligt svenska riktlinjer. Det blir också en tydlig skillnad mellan de simuleringar där koncentrationstiden för rören finns med i beräkningen och där de inte gör det. Vid simuleringar där koncentrationstiden för rören inte tas med blir flödena i ledningen nästan dubbelt så stora som när de tas med för Kirpich och mer än dubbelt så stora då FAA används. Flöden beräknade enligt svensk standard i Storm & Sanitary överensstämmer väl med flödena som beräknats för hand.



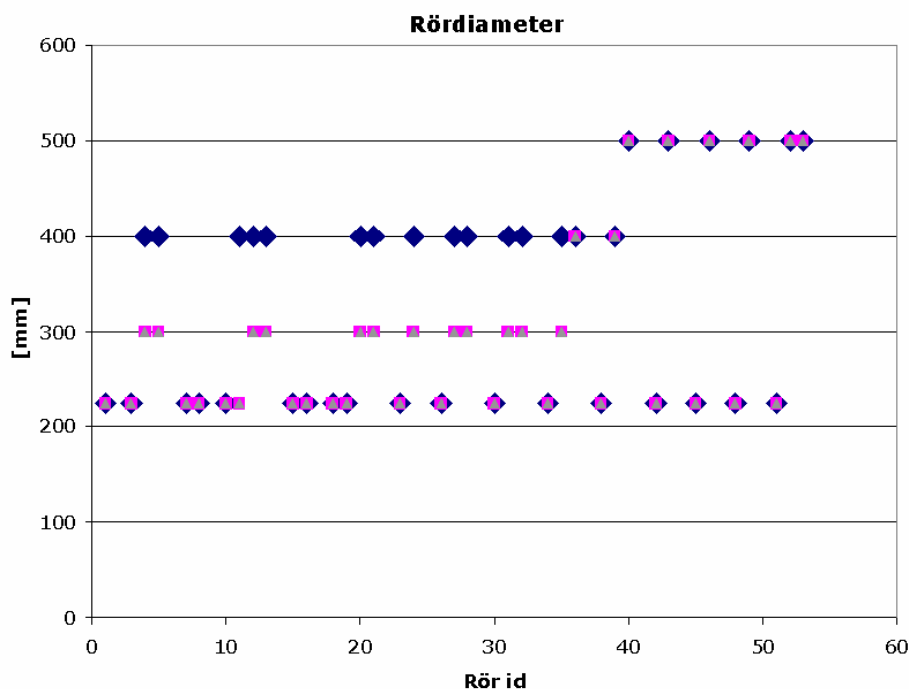
Figur 5. Flödena för varje huvdrörledning beräknade med olika koncentrationstider. Romber symboliserar flöden beräknade efter de svenska riktlinjerna, trekantar är flöden beräknade med Storm & Sanitary och fyrkanter betecknar flöden beräknade med Storm & Sanitary då beräkningen även innefattar koncentrationstiden för rören.

Kapaciteten beräknad för den undre rörledningen i Storm & Sanitary med samma rörstorlek som i det befintliga ledningsnätet ger likvärdiga resultat med kapacitetsberäkningarna enligt de svenska riktlinjerna.



Figur 6. Kapaciteten hos de befintliga rören i den nedre rörledningen beräknad enligt de svenska riktlinjerna samt med Storm & Sanitary då koncentrationstiden var 10 minuter. Romber representerar värden beräknade enligt svenska riktlinjer och trekantar betecknar värden enligt Storm & Sanitary.

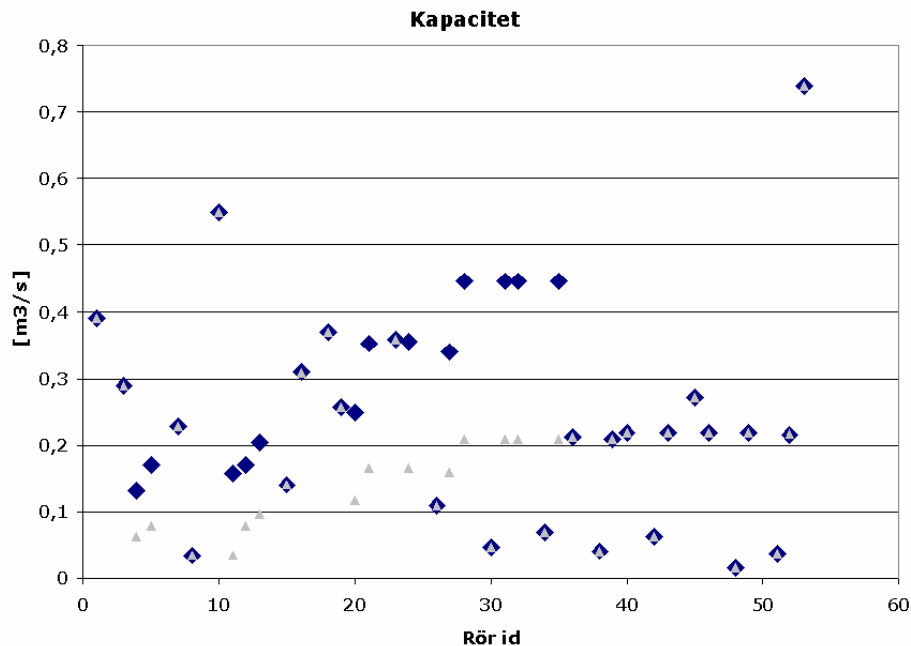
Då rören dimensionerades i Storm & Sanitary märktes en skillnad av rörstorleken jämfört med det befintliga nätet. Programmet räknar i några fall med en storlek mindre än de storlekar som det befintliga nätet innehåller. Det märktes dock ingen skillnad i rörstorlek då rören koncentrationstid togs med i beräkningarna.



Figur 7. Rördimensioner för den undre ledningen. Romber representerar dimensioner på det befintliga nätet, trekantar för mått beräknade med Storm & Sanitary och fyrkanter symboliserar rörstorlek där koncentrationstiden i rören togs med i beräkningen.

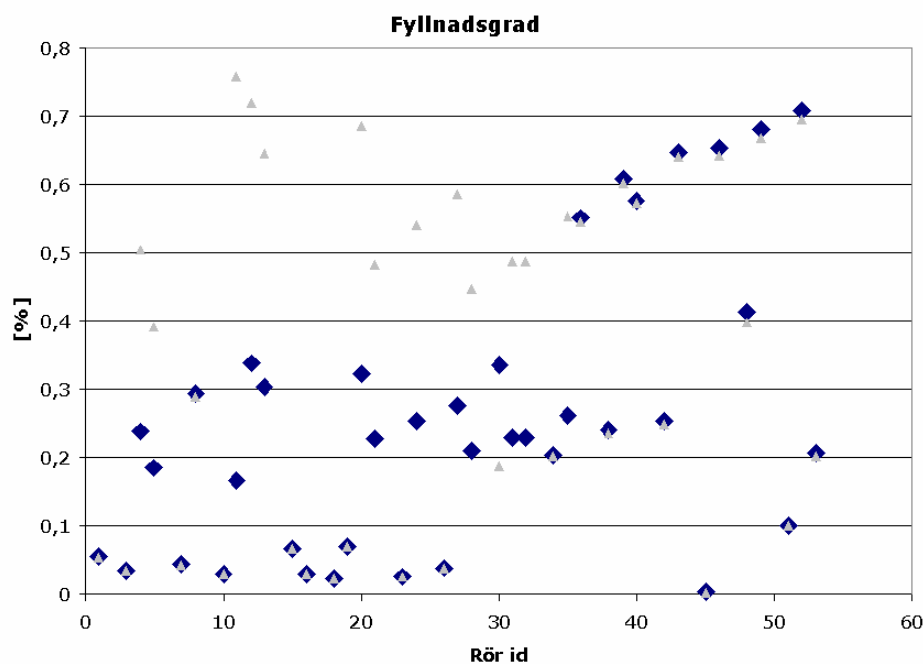


Vid beräkning av kapaciteten där rören dimensionerats med Storm & Sanitary blev det en skillnad jämfört med värdena för det befintliga nätet. Detta beror dels på skillnaden i rörstorlek men även att resultatet av flödesberäkningarna varierar något mellan metoderna.



Figur 8. Kapaciteten för den nedre ledningen då nätet är dimensionerat i Storm & Sanitary. Romber symboliserar det befintliga nätets kapacitet och trekantar betecknar kapaciteten beräknade med Storm & Sanitary. Beräkningar som inkluderar rörens koncentrationstid har inte tagits med då dessa stämmer dåligt överens med flödesberäkningarna och därför har liten chans att stämma överens med kapacitetsberäkningarna.

Då rörens fyllnadsgrad (Figur 9) jämförs förefaller det att det befintliga nätet har en låg fyllnadsgrad i mittendelen av nätet som Storm & Sanitary inte kunde efterlikna då dimensionen på rören beräknades till en storlek mindre i dessa fall.



Figur 9. Fyllnadsgrad för rören i den undre ledningen. Romber symboliserar det befintliga nätets fyllnadsgrad och trekantar symboliserar fyllnadsgraden i rören dimensionerade av Storm & Sanitary.

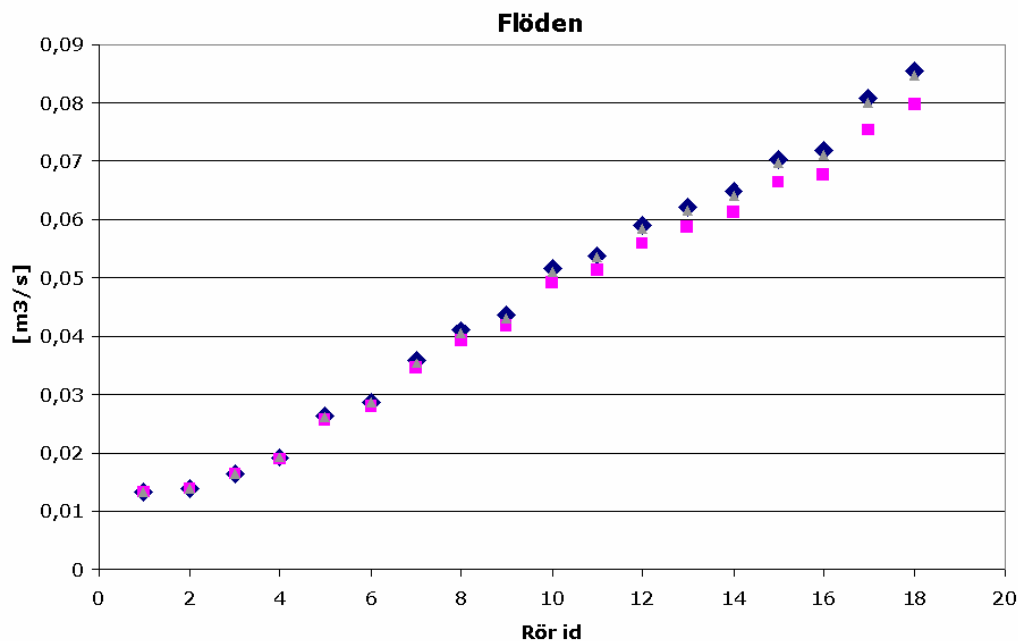
## 4.2 OMRÅDE 2

De dimensionerande flödena för varje delområde blev enligt tabell nedan.

**Tabell 7. Dimensionerande flöden för de olika avrinningsområdena beräknade enligt de svenska riktlinjerna och Storm & Sanitary, anges i procent av flödena enligt svenska riktlinjer.**

Område	Dimensionerande flöde svenska riktlinjer	Storm & Sanitary [% av svenska riktlinjer]
1	9,0	98
2	5,5	98
3	5,0	98
4	8,0	100
5	7,0	97
6	7,0	99
7	2,6	100
8	13,4	99
9	5,1	98
10	0,5	100
11	3,1	100
12	1,5	100
13	2,9	100
14	2,8	100
15	2,5	96
16	2,6	100
17	2,4	96
18	2,8	100
19	1,8	94

I figuren ses att flödena beräknade i Storm & Sanitary stämmer väl överens med de flödena som beräknats manuellt.



**Figur 10. Flöden i huvudrörledningen beräknade enligt svenska riktlinjer både för hand och i Storm & Sanitary. Romber anger flöden enligt de svenska riktlinjerna, trekanter beräknade med Storm & Sanitary och fyrkanter markerar flöden enligt Storm & Sanitary då rörens koncentrationstid beaktades.**

## 5 DISKUSSION

Då vissa av beräkningsmetoderna i Inroads applikation Storm & Sanitary jämförs med hur dagvatten beräknas i de svenska riktlinjerna ses en tydlig likhet mellan resultaten då samma koncentrationstid används. Utifrån de små och relativt enkla områden som använts för jämförelse, anser jag att man kan använda Storm & Sanitary vid dagvattensimuleringar även för andra större områden. Jag grundar det på att de parametrar som används är få, väl definierade och hanteras på samma sätt oavsett om områdena är stora eller små. Både de svenska riktlinjerna och Storm & Sanitary gör överslagsberäkningar av dagvattendimensioneringen. Dessa bör därför täcka in risken för mindre fel. Regnets intensitet är statistiskt bestämd för olika delar av Sverige. Att ändra på den är likvärdigt med att ändra på regnets återkomsttid och därmed områdets typ, vilket är synonymt med att utföra beräkningen för ett annat område. Även avrinningskoefficienterna är framtagna för att i största möjliga mån motsvara olika markanvändningstyper och bör därför inte ändras. Att markera fel area vid beräkningen kan inträffa men att göra så stora fel att det påverkar flödet nämnvärt är svårt. Det gäller dock att vara observant vid utförandet och kontrollera areornas inbördes storleksförhållande, samt regnets intensitet innan man utför simuleringen.

Storm & Sanitary underlättar dimensioneringsarbetet vid projektering av dagvattenledningar. Arbetet löper smidigare då programmet används eftersom man inte behöver söka efter värden i långa tabeller och diagram. Beräkning av rörens dimensioner för hela ledningsnätet utförs på några sekunder, bedömt mot beräkningarna för hand som tar ungefär samma tid för enstaka rör. En nackdel med programmet, jämfört med beräkningar enligt de svenska riktlinjerna, är att Storm & Sanitary inte kan dela upp flödet från ett delområde till två dagvattenbrunnar. Användandet av dubbla brunnar är vanligt i svackor på vägar där det är viktigt att allt vatten kan omhändertas. En annan nackdel är att programmet beräknar rörens dimension endast beroende av det dimensionerande flödet utan att ta inte hänsyn till storleken på röret uppströms. Detta kan leda till att rörens dimension varierar så att ett rör på 400 mm, nedströms kan övergå till ett rör på 300 mm. I Sverige är en sådan variation inte brukligt, utan tanken är att rören ska bli större och större ju längre nedströms i ledningen de är.

De svenska riktlinjerna är utformade för att göra beräkningarna så lätta som möjligt att utföra. Därför beräknas i stort sett aldrig koncentrationstiden vid överslagsberäkningar, utan den antas vara tio minuter för relativt små områden. En anledning till val av koncentrationstid kan vara att sambandet mellan regnets intensitet och varaktighet är bestämd som kortast till tio minuter, det finns inget dokumenterat om osäkerheten vid kortare tillrinnigstider (Wern, via mejl 2007). I Dahlström (2006) beskrivs ett nytt sätt att beräkna regnintensiteter. Ekvationen gäller för hela Sverige och kan dessutom användas för koncentrationstider ned till 1,5 minuter (Dahlström muntligen, 2007). Regnintensiteter beräknade med denna metod leder dock inte till några större skillnader vid flödesberäkningar för de studerade områdena. Storm & Sanitary är till skillnad från de svenska riktlinjerna, anpassat för att kunna göra så detaljerade uträkningar som möjligt på en mängd olika sätt. Då projektet gick ut på att få liknande resultat med programmet som med de svenska riktlinjerna fanns det alternativ som redan vid den teoretiska jämförelsen kunde ignoreras.

De olika delarna av den rationella metoden, förutom koncentrationstiden för det första området, beräknas på samma sätt i Storm & Sanitary som i de svenska riktlinjerna. Det som gör att resultaten inte är exakt lika då samma koncentrationstid används beror på att programmet anger intensiteten som heltal medan de manuella beräkningarna gjorts med det exakta värdet från intensitet- och varaktighetstabellen.

Dimensioneringen med Storm & Sanitary av den nedre rörledningen i det första området stämmer inte riktigt med det befintliga nätet. Fyllnadsgraden för det befintliga nätet är väldigt låg vilket kan tyda på att det är mer än rimligt överdimensionerat.

Då programmet innehåller väldigt många inställningsmöjligheter tror jag att det enkelt kan anpassas om nya riktlinjer inom ramen för den rationella metoden införs. Man kan själv bygga upp ett bibliotek bestående av de vanligaste delarna och deras olika inställningar för projektering. I programmet kan man sedan ställa in allt från rörens lutningar, hur avvattningsbrunnarna ska sitta i förhållande till terrängmodellen och hur delarna ska kopplas samman. När det gäller beräkningarna är det lätt att ange avrinningskoefficienter och enkelt att ändra i regn- och varaktighetsfilen, eller att ladda upp en ny. Att ändra i riktlinjerna är dock en långdragen process och det är enligt min mening större risk att Storm & Sanitary blir gammalmodigt och utbytt än att riktlinjerna förändras i någon större bemärkelse.

För att öka förståelsen för hur programmet hanterar dagvatten finns det ett antal delar som bör studeras vidare. En av dessa är hur koncentrationstider används då man ansätter olika tider till olika avrinningsområdena och hur koncentrationstiden beräknas för rören. Ett annat intressant område att studera vidare är hur programmet beräknar infiltrationsmagasin och andra metoder för lokalt omhändertagande av dagvatten.

# REFERENSER

## TRYCKTA REFERENSER

Bentley (2004). *Storm & Sanitary 2004 Edition: Design Procedures, DAA034980-1/0001*.

Bentley Systems, Inc.

Tillgänglig: <http://docs.bentley.com/product.php?prod=25&>

(2007-11-20)

Bentley (2003). InRoads<sup>®</sup> Storm & Sanitary. A comprehensive,

Bentley Systems, Inc.

Tillgänglig:

[ftp://ftp2.bentley.com/dist/collateral/InRoads\\_20Storm\\_20and\\_20Sanitary\\_20Spec\\_20Sheet\\_20\\_28Letter\\_2C\\_20Low\\_20Res\\_29pdflo.pdf](ftp://ftp2.bentley.com/dist/collateral/InRoads_20Storm_20and_20Sanitary_20Spec_20Sheet_20_28Letter_2C_20Low_20Res_29pdflo.pdf)

(2007-11-20)

Chow, V. T. (1964). *Handbook of Applied Hydrology*. USA: McGraw-Hill.

ISBN 0-07-010774-2

Chow, V. T., Maidment D. R. & Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology*,

USA: McGraw-Hill.

ISBN 0-07-010810-2

Dahlström, B. (2006). *Regnintensitet i Sverige: en klimatologisk analys*. VA-Forsk, 2006-26

MIKE by DHI.

Urban software.

Tillgänglig: <http://www.dhigroup.com/Software/Urban.aspx>

(2007-10-24)

Hernebring, C. (2006). *10års-regnets återkomst, förr och nu: regndata för*

*dimensionering/kontrollberäkning av VA-system i tätorter*. VA-Forsk, 2006-04

Jones, J. A. A. (1997). *Global Hydrology: Processes, resources and Environmental*

*Management*. Harlow, England: Addison Wesley Longman Limited.

ISBN 0-582-09861-0

Linsley, R. K. jr., Kohler, M. A. & Paulhus J. L. H. (1988). *Hydrology for Engineers SI metric Ed*. Singapore: McGraw-Hill Book Co. (s. 202-204).

ISBN 0-07-100599-4

LMNO (2003). *Time of Concentration Calculator*. LMNO Engineering, Research, and Software, Ltd.

Tillgänglig: <http://www.lmnoeng.com/Hydrology/TimeConc.htm>

(2007-06-25)

Selander, E (red.) (1976). *Kommunalteknisk ordlista - Nordiska termer med definitioner på svenska*. Esselte Digttype AB, Stockholm.

ISBN 91-7196-061-9

Svenskt Vatten (2004). *Dimensionering av allmänna avloppsledningar P90*. Ljungföretagen, Taberg.  
ISSN 1651-4947

Svenskt Vatten (2005). *Fakta om Vatten och Avlopp*. Svenskt Vatten AB, Stockholm.  
Tillgänglig: <http://www.svenskvatten.se/Templates/FileArchive1.aspx?PageID=c8e57d2f-db6b-4a29-9f7d-de87389908fd>  
(2007-10-24)

## **MUNTLIGA REFERENSER**

Dahlström Bengt, tidigare anställd på SMHI, numera pensionerad, kontaktad 2007-10-11.  
[Bengt.Dahlstrom@swipnet.se](mailto:Bengt.Dahlstrom@swipnet.se)

Lund-Weiss Ylva, uppdragsledare, Ramböll, kontaktad 2007-07-10.  
[Ylva.Lund-Weiss@ramboll.se](mailto:Ylva.Lund-Weiss@ramboll.se)

Wern Lennart, produktansvarig för klimatdata på SMHI, kontaktad 2007-07-20.  
[Lennart.Wern@smhi.se](mailto:Lennart.Wern@smhi.se)

## BILAGA 1

För att beräkna de dimensionerande flödena enligt de svenska riktlinjerna används tabeller liknande den nedan. Tabellen är för det andra området. För att beräkna den sammansatta avrinningskoefficienten ( $\varphi_{tot}$ ) används ekvation 2.

Avrinning och dimensionering													
Z = 18, rinntid 10 min													
i, Ta = 2 år	129 l/(s*ha)											Q <sub>dim</sub> l/s = A * C * i	avrinningskoefficient hårdgjorda ytor = 0,9
i, Ta = 6 år	173 l/(s*ha)												avrinningskoefficient gräsytor (brant slänt) = 0,3
i, Ta = 10 år	220 l/(s*ha)												avrinningskoefficient gräsytor (plan) = 0,1

Yta (nr)	Aasf m2	A*Ca	A <sub>gräsytabr</sub> m <sup>2</sup>	A*Cgrb	A <sub>gräsyta</sub> m <sup>2</sup>	A*Cgr	A <sub>hårdgjord</sub> m <sup>2</sup>	A*Ch	Ctot	A*C m2	Q <sub>dim, Ta = 2 år</sub> l/s	Q <sub>dim, Ta = 6 år</sub> l/s	Q <sub>dim, Ta = 10 år</sub> l/s
1	0	0	723	216,9	3288	328,8	171	153,9	0,167288	699,6	9,0	12,1	15,4
2	0	0	560	165	1075	107,5	171	153,9	0,237416	426,4	5,5	7,4	9,4
3	0	0	533	159,9	708	70,8	171	153,9	0,27238	384,6	5,0	6,7	8,4
4	0	0	1318	395,4	704	70,4	171	153,9	0,282581	619,7	8,0	10,7	13,6
5	0	0	1009	302,7	844	84,4	171	153,9	0,267292	541	7,0	9,4	11,9
6	0	0	666	199,8	1922	192,2	171	153,9	0,197862	545,9	7,0	9,4	12,0
7	0	0	0	0	499	49,9	171	153,9	0,304179	203,8	2,6	3,5	4,5
8	554	443,2	1181	354,3	901	90,1	171	153,9	0,371037	1041,5	13,4	18,0	22,9
9	493	394,4	0	0	0	0	0	0	0,8	394,4	5,1	6,8	8,7
10	46	36,8	0	0	0	0	0	0	0,8	36,8	0,5	0,6	0,8
11	302	241,6	0	0	0	0	0	0	0,8	241,6	3,1	4,2	5,3
12	143	114,4	0	0	0	0	0	0	0,8	114,4	1,5	2,0	2,5
13	282	225,6	0	0	0	0	0	0	0,8	225,6	2,9	3,9	5,0
14	0	0	0	0	639	63,9	171	153,9	0,268889	217,8	2,8	3,8	4,8
15	0	0	0	0	362	36,2	171	153,9	0,35666	190,1	2,5	3,3	4,2
16	0	0	0	0	496	49,6	171	153,9	0,305097	203,5	2,6	3,5	4,5
17	0	0	0	0	302	30,2	171	153,9	0,389218	184,1	2,4	3,2	4,0
18	0	0	0	0	633	63,3	171	153,9	0,270149	217,2	2,8	3,8	4,8
19	0	0	456	136,8	0	0	0	0	0,3	136,8	1,8	2,4	3,0

## BILAGA 2

För att få tag i rörens dimension utifrån de dimensionerande flödena används excelblad liknande det nedan där Prandtl-Colebrooks ekvation är inprogrammerad.

I angivna rutor fylls rörets lutning och skrovlighet i samt delflödet från området. Ett första val av rördimension fylls även i. Värdena i de övriga rutorna beräknas. De mest intressanta värdena är "Q full" och "fyllnadsgrad". "Q full" är det flödet som röret maximalt kan ta emot och då fyllnadsgraden överstiger 90-95 % bör en större dimension väljas.

Prandtl-Colebrook-tabell					
Flödesberäkning med Prandtl-Colebrook-formeln ger ett Qfull-värde vid 100% fyllt ledningstvärsnitt, största flödet är emellertid vid ca 95 % fyllnadshöjd i ledningen - detta medför en viss säkerhet i dimensioneringen					
<b>Endast gula fält fylls i</b>					
Dimension [mm]	300	Q full [l/s] =	113,791		
lutning [‰]	12	v full [m/s] =	1,610		
kb [mm]	1	v del [m/s] =	1,289		
delflöde [l/s]	24,9	h del [m] =	0,095		
		fyllnadsgrad =	0,218823079		



## BILAGA 3

# Handbok för dimensionering av dagvattenledningar med programmet Inroads Storm & Sanitary

---

Camilla Hansen

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

INLEDNING.....	28
GRUNDINSTÄLLNINGAR INFÖR PROJEKTERING SAMT BERÄKNING .....	29
Project Defaults .....	29
Options .....	30
Drainage Options .....	30
NEDERBÖRD .....	35
INSTÄLLNINGAR .....	36
YTAVRINNING .....	36
INSTÄLLNINGAR .....	36
Skapa ytor.....	36
Koppla ytor till S&S .....	36
Avrinningskoefficient .....	37
Koncentrationstid.....	37
Koppla avrinningsområde till brunn.....	38
Queries .....	38
DIMENSIONERING.....	38
VANLIGA PROBLEM .....	39
RESULTAT .....	39

## INLEDNING

Storm & Sanitary kan användas för att både beräkna det dimensionerande flödet från en yta och till att beräkna rörens kapacitet.

Det finns två olika sätt att beräkna det dimensionerande flödet från en avrinningsyta. Det enklaste sättet och det som i stora delar liknar den svenska beräkningen är den rationella metoden.

$$Q_{\text{dim}} = A \cdot \varphi \cdot i(t_r)$$

Ovan står formeln för den rationella metoden där A står för avrinningsytans area [m<sup>2</sup>], C är avrinningskoefficienten och  $i(t_r)$  [mm/h] står för regnintensiteten beroende av koncentrationstiden (Time of Concentration).

För att beräkna rörens kapacitet användas Prandtl-Colebrooks ekvation. Ekvationen itererar fram rörets minsta dimension och dess kapacitet.

$$q = -\frac{\pi \cdot D^2}{2} \sqrt{2 \cdot g \cdot D \cdot S_0} \cdot \log \left[ \frac{2,51 \cdot \nu}{D \sqrt{2 \cdot g \cdot D \cdot S_0}} + \frac{k \cdot 10^{-3}}{3,71 \cdot D} \right]$$

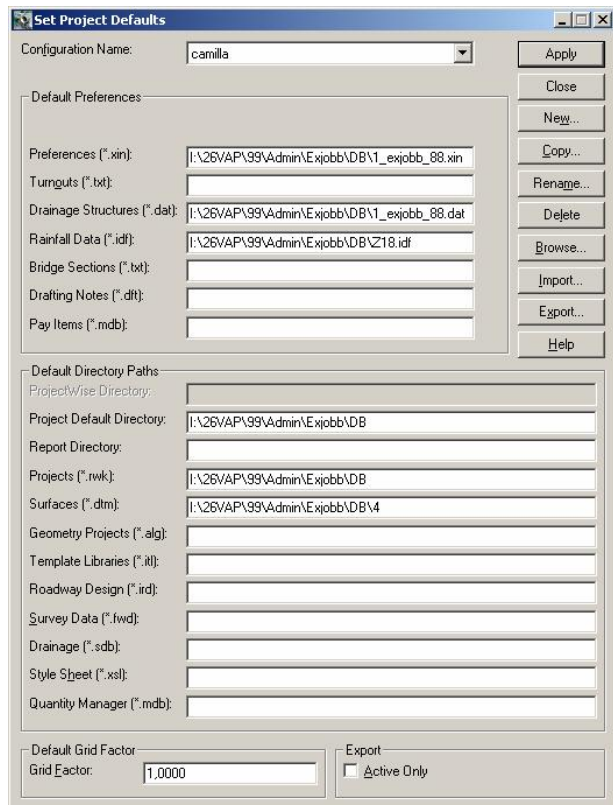
där  $f$  är friktionsfaktorn,  $k$  är skrovlighetsfaktorn [mm],  $D$  är rörets diameter [m],  $\nu$  är vattnets viskositet [m<sup>2</sup>/s] och  $S_0$  är rörets lutning.

Den rationella metoden i S&S ger en bra överensstämmelse med de svenska beräkningssättet enligt VAV P90.

# GRUNDINSTÄLLNINGAR INFÖR PROJEKTERING SAMT BERÄKNING

## Project Defaults


Det första som ska göras i S&S är att skapa en *Project Defaults*. Detta gör man under *File>Project Defaults* i S&S.

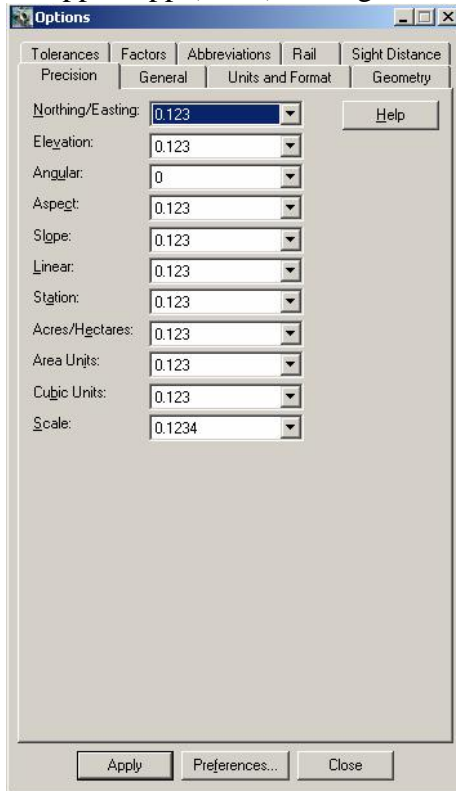


Man anger ett *Configuration Name* som passar och sedan anges de filer som denna konfiguration automatiskt ska hämta när programmet senare används.

*Default Directory Paths* anger sökvägarna för projektfilerna.

## Options

Grundinställningarna för projekteringen görs i *Options* och *Drainage Options*. *Options* hittas under *Tools>Options* eller . Ändrar man på inställningarna i dessa två menyer kan det vara bra att i slutet spara sina ändringar under *Preferences* längst ner i rutorna. Då går det snabbt att öppna upp (*Load*) sina egna inställningar varje gång man öppnar programmet.

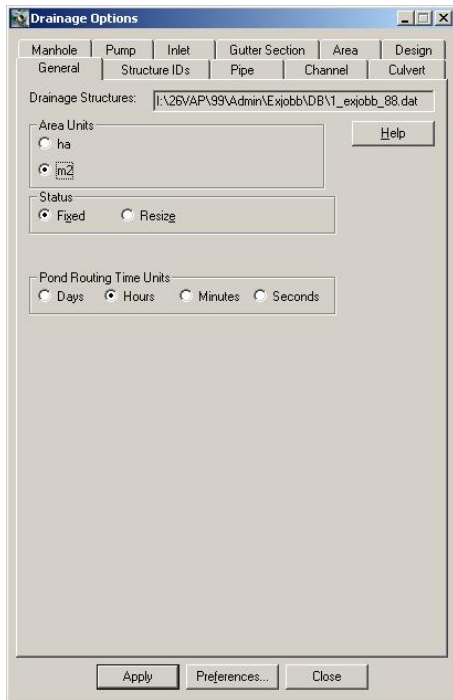


I *Options* under fliken *Precision* görs inställningar som påverkar enheternas värdesiffror. Under fliken *Units and Format* ställer man in om man vill ha SI enheter eller amerikanska enheter samt om man vill ha lutningen i procent, promille, decimaltal etc.

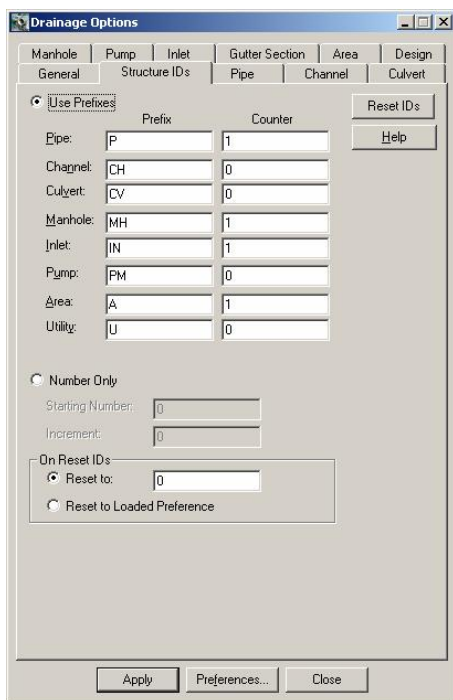
## Drainage Options

I *Drainage Options* görs allmänna inställningar som programmet använder sig av för bland annat beräkningarna. De allmänna inställningarna kompletterar t ex databasen för rör, brunnar, diken med information om sandfångsdjup, andel effektiv öppning (gallerbrunnar) osv. De inställningar som visas är de vanligaste inställningarna och finns sparade som *Preferences>dimensionering*. *Drainage Options* hittas under *Tools>Drainage>Options* eller

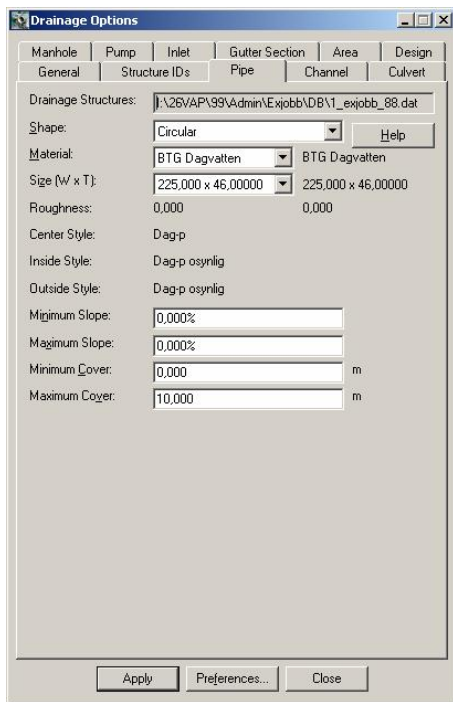




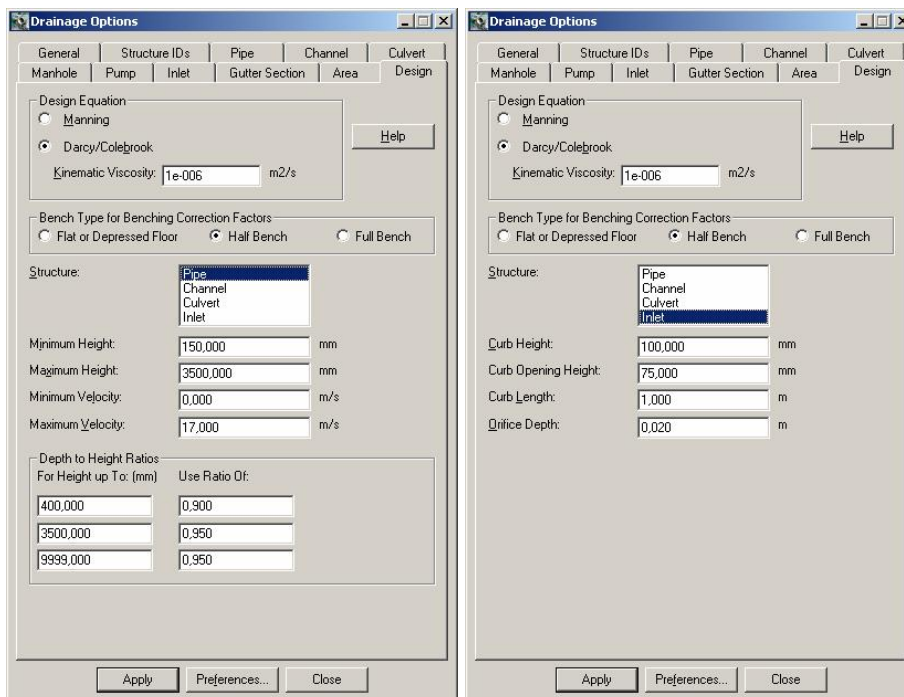
Under fliken *General* ställer man in areaenheter, status på de olika delarna som rör och brunnar. Vid projektering av befintliga nät bör statusen för rör och brunnar ställas till *fixed*. Detta gör att dimensionen inte ändras vid en simulering. Vid simulering av nya nät kan rören ställas till *resize* om man vill att programmet ska beräkna rördimensionerna. De övriga delarna ska vara *fixed*.



Under fliken *Structure IDs* ställer man in vilken prefix man vill ha för de olika delarna och hur programmet ska namnsätta dem när de sätts ut. Delarnas namn går att ändra i senare skeden.



Under fliken *Pipe* ställer man in hur de olika rörtyperna ska se ut. Vilken form (*Shape*), vilket system röret ska användas i (*Material*), och dimension (*Size*). Skrovlighetsfaktorn (*Roughness*) hämtas från strukturdatafilen. Tänk på att den ska anges i millimeter och inte i meter. Vilken max/min lutning röret ska ha för att uppnå självrensningseffekt finns angivet i VAV P90. Max och min täckning kan också anges, detta kan vara bra att göra när programmet ska dimensionera själv eller om man vill ha en felanmälan vid en för liten täckning.

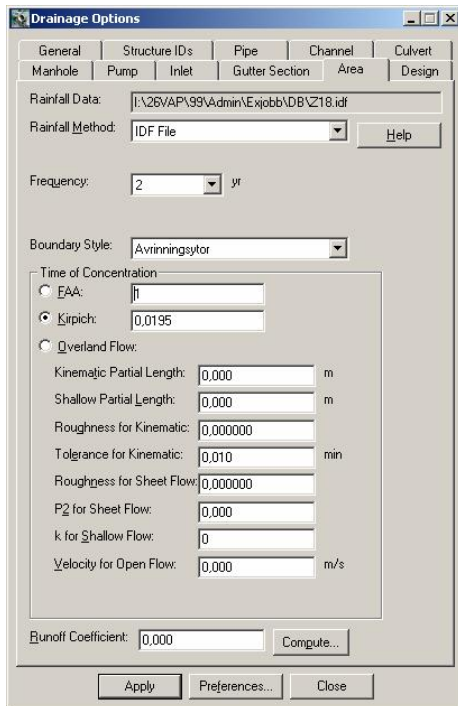


Flikarna *Channel* och *Culvert* används när man har diken eller kulvertar i avvattningsystemet. Under fliken *Design* ställer man bland annat in vilken ekvation man vill använda för beräkning av flödet. För att få det så likt VAV P90 som möjligt används Darcy/Colebrook. Viskositeten för vatten vid 10°C är  $1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ . Under *Bench Type* väljer

man den sorts vallning som brunnarna ska ha. Vid *Structure* kan man göra specifika designinställningar för de olika delarna.

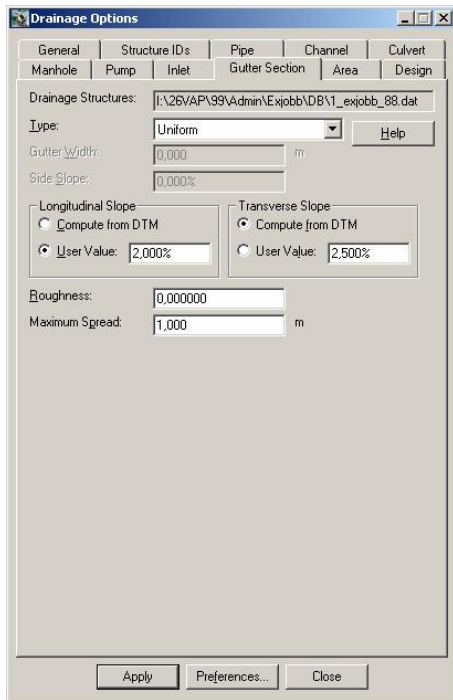
För rör ska största och minsta tillåtna dimension väljas samt största och minsta vattenhastighet i röret. Här kan man alltså förinställa krav från t ex VAV P90 , beställare osv. *Depth to Height Ratios* går inte att använda vid dagvattenledningar.

När det gäller brunnar används *Curb*-inställningarna i stort sett bara då man har vertikala intagningsöppningar.

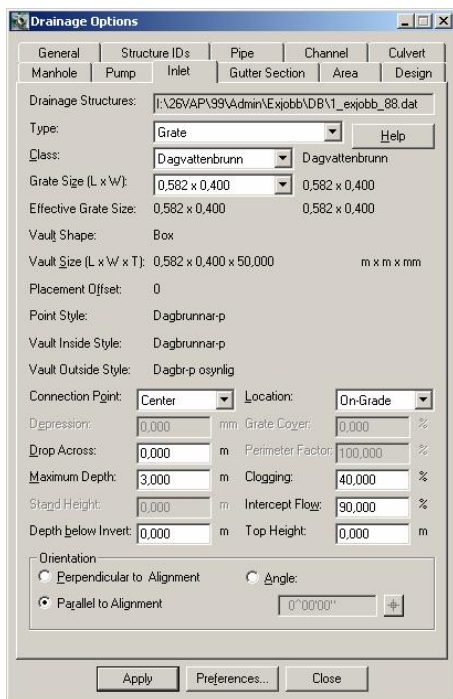


Under fliken *Area* ställer man in vilken metod som ska användas för att beräkna nederbördsdata, *IDF File* är det vanligaste. Läs mer under *Nederbörd*. Vilken återkomsttid för regn som ska användas i de flesta fall ställer man in under *Frequency*, detta går att ändra senare för varje avrinningsområde. Om de flesta avrinningsområden har samma avrinningskoefficient kan det vara bra att skriva in den här. Annars gör man det enklast vart område för sig.

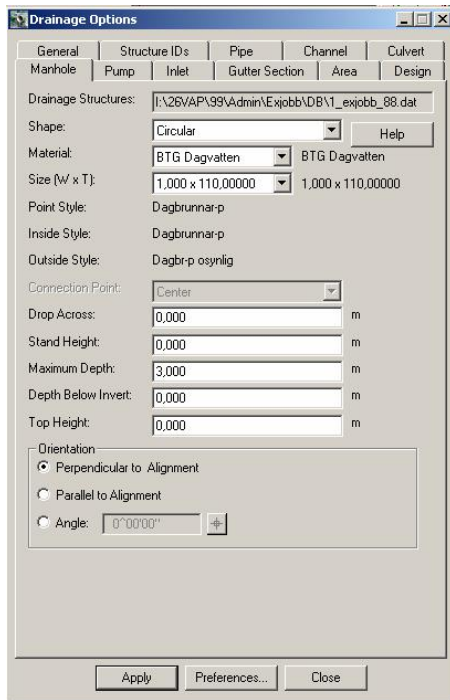




Under fliken *Gutter Section* ställer man in hur rännstenen ser ut. Det går antingen att koppla lutningarna direkt till terrängmodellen eller att uppskatta lutningen. Den transversella lutningen bestäms av ytan (vid vägavvattningen är det alltså bomberingen på vägen) och den longitudinella lutningen kan sättas till den lutning som vägen har.



Under fliken *Inlet* bestämmer man vilken sorts brunn som ska användas, vilken typ och dess storlek. Vid *Clogging* ställer man in hur stor del av öppningsytan som är övertäckt och inte används för ett effektivt omhändertagande av avrinningen. *Intercept Flow* anger hur pass mycket av det förbipasserande vattnet som brunnen kan ta emot, denna inställning används enbart då man vill låta programmet beräkna brunnens dimensioner (resize).



Än så länge finns inga inställningar under fliken *Pump*. Under fliken *Manhole* görs liknande inställningar som för rör. Man bestämmer vilken sorts nedstigningsbrunn man ska ha (*Material*) och dimension (*Size*). Här kan man även bestämma sandfångs djup (*Depth Below Invert*), hur brunnen ska placeras i förhållande till väglinjen och i vilken vinkel osv.

## NEDERBÖRD

Val av återkomsttid (*Frequency*) för regn görs enligt VAV P90. Om regnet kan avledas från området via ytan genom självfall inom citybebyggelse (så kallat ej instängt område) sätts återkomsttiden till 2 år, utanför city till 1 år. Då dagvattnet ej kan avledas från ytan med självfall (instängt område) sätts återkomsttiden för citybebyggelse till 10 år och utanför citybebyggelse till 5 år.

Minuter	Återkomsttid [år]				
	1 [mm/hr]	2 [mm/hr]	5 [mm/hr]	10 [mm/hr]	50 [mm/hr]
1	177,5	221,5	296,4	375,6	Anv. ej
3	80,6	100,6	134,6	170,6	Anv. ej
5	55,8	69,5	93,6	118,4	165,8
10	37,1	46,4	62,3	93,6	131,0
15	30,2	37,8	50,8	62,3	87,2
20	24,5	30,6	41,4	52,6	73,6
25	20,9	26,3	35,3	44,6	62,5
30	18,4	23,0	29,9	39,2	54,9

Detta är IDF-filen för  $Z=18$ . Intensiteter för 1, 3 och 5 minuter är beräknade utifrån

$$i(t_r, Z) = 2,78(a + Z \cdot b)c$$

där konstanterna  $a$ ,  $b$  och  $c$  finns givna i VAV P90. Övriga intensiteter kommer från SMHI. Sverige är indelade i områden med olika  $Z$ -värden, se figur 4.3 i VAV P90. Norra Stockholm befinner sig i området med  $Z=18$ . I en rapport från Svenskt Vatten (nr 2006-26) finns ett nytt samband för att beräkna intensiteten

$$i(t_r) \approx 200\tau_i^{1/3} \frac{\ln \Delta t_j}{\Delta t_j}$$

där  $i(t_r)$  är nederbördsintensiteten [l/s ha],  $\tau_i$  är regnets återkomsttid [månader] och  $\Delta t_j$  är regnets varaktighet [min].

Det här sambandet är rikstäckande.

S&S interpolerar värdet på intensiteten över avrinningsområdet beroende på vilken koncentrationstid som beräknats för det givna området. Därför är det viktigt att filen inte innehåller några nollor och att de nederbördsvärden som behövs för interpolering för de olika koncentrationstiderna finns givna.

I de tabeller som används som IDF filer finns en siffra högst upp i vänstra hörnet. Den talar om för programmet hur många kolumner med intensiteter tabellen innehåller. Om man ändrar antal kolumner måste även denna siffra ändras för att programmet ska kunna använda tabellen.

Programmet har ett fel i sig som gör att det inte kan hämta värden med decimaltal från tabellen.

## **INSTÄLLNINGAR**

Se till att IDF filen finns inlagd i *Project Defaults*. Återkomsttiden kan dels ställas in ”globalt” under *Drainage Options* och dels under *Drainage>Flows>Compute Flow>Compute Runoff Coefficient>Rainfall Frequency*.


Återkomsttiden kan ändras för flera avrinningsområden samtidigt genom att gå till *Drainage>Flows>Bulk Area Update* och lägga in de områden där återkomsttiden behöver ändras.

## **YTAVRINNING**

Hur mycket vatten som rinner av en yta beror på hur mycket det regnar, vilken typ av yta det är och hur mycket ytan lutar.

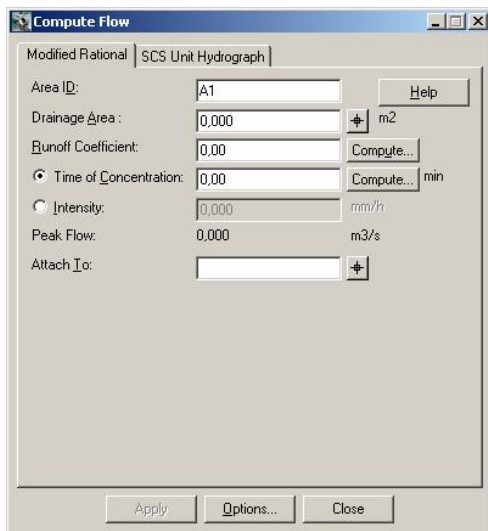
## **INSTÄLLNINGAR**

### **Skapa ytor**

Skapa ett lager där du kan lägga in avrinningsytorna. Områdena ritas upp som polygoner *Tools>Main>Polygons* i Microstation. Se till att ytornas brytpunkter ligger i samma plan, dvs med samma z-värde. Detta kan kontrolleras genom att använda info-knappen i Microstation, klicka på en yta och gå in på *Details* i den ruta som öppnas. I Microstation kan man trycka bort *Accu Snap*  för att förhindra att programmet ”snappar” till olika höjdkurvor.

### **Koppla ytor till S&S**

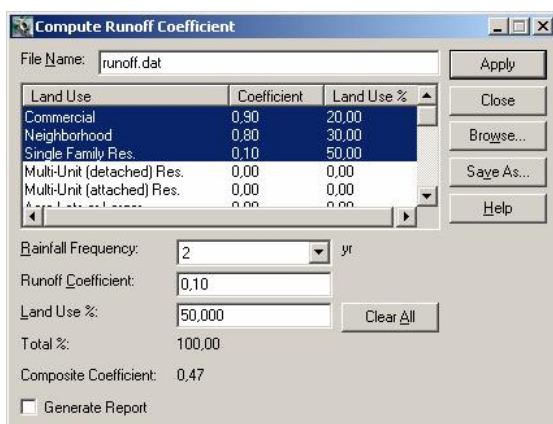
För att koppla polygonen till S&S gå till *Drainage>Flows>Compute Flows* eller .



Då öppnas den här rutan. Vi använder *Modified Rational* metoden för att beräkna flödet. Tryck på "siktet" och använd det för att trycka på polygonen. Programmet beräknar nu ytans area.

## Avrinningskoefficient

Om ytans avrinningssegenskaper kan beskrivas med endast en avrinningskoefficient skriv in värdet på den avrinningskoefficienten i fältet (*Runoff Coefficient*). Om avrinningssegenskaperna måste beskrivas med hjälp av flera koefficienter gå in på *Compute* vid avrinningskoefficientfältet. Då dyker den här rutan upp.



I exemplet består avrinningsområdet av 20% tak, 30% asfalt och 50% park. Benämningarna av områdena saknar betydelse för beräkningen och kan ändras i runoff.dat filen så att det passar de egna behoven. Det viktigaste är att INTE använda de nedersta raderna då de inte fungerar i V8.8 och V8.9 av S&S. Viktigt är också att ange rätt återkomsttid.

## Koncentrationstid

Koncentrationstiden (*Time of Concentration*) går att beräkna för varje område men blir då ofta väldigt kort då området är litet. Programmet väljer regnintensiteten efter koncentrationstiden och för korta rinntider blir regnintensiteten väldigt hög. Detta kan ge missvisande resultat om beräkningarna ska kunna jämföras med VAV P90, därför bör koncentrationstiden sättas till 10 minuter för små avrinningsområden enligt VAV P90.

Vill man beräkna koncentrationstiden för varje område går man in på *Compute* och anger den längsta vägen som en droppe vatten kan ta inom området, områdets lutning samt ett värde på

antingen Kirpich eller FAAs konstant. Kirpich konstant är 0,049 för asfalt och 0,0195 för ej hårdgjord yta. FAAs konstant är 3,26. Båda konstanter är enhetsberoende, värdena här är angivna för beräkningar med SI-enheter.

## Koppla avrinningsområde till brunn

När koncentrationstiden är angiven är det sista man ska göra att koppla ytan till en brunn.


Detta görs genom att använda siktet vid *Attach To*. Tryck *Apply* för att spara.

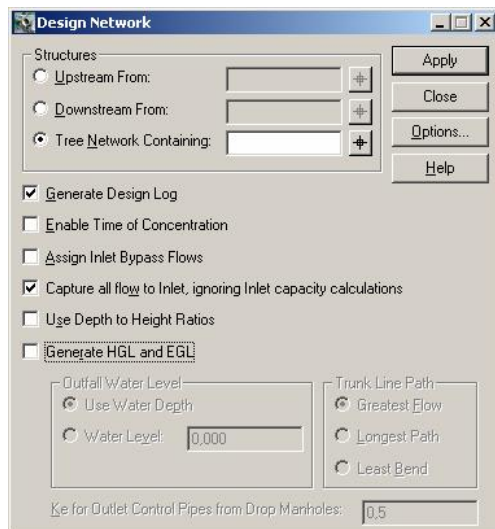
Avrinningsområden går även att koppla till fria inlopp, dike (kanaler) och kulvertar men inte till nedstigningsbrunnar.

## Queries

En bra funktion där en mängd olika saker kan ändras samtidigt. Välj vilken typ som ska ändras, tryck på *Modify Attributes* och välj hur typen ska ändras tryck *Add* och *Apply*.

## DIMENSIONERING

Dimensionera gör man genom att gå till *Drainage>Network>Design* eller . Följande ruta kommer då upp.



Genom att ta siktet och trycka på det nedersta röret i ledningsnätet simuleras hela systemet uppströms den brunnen. De två av rutorna som är ikryssade i bilden måste vara ikryssade för att få ett resultat som liknar beräkningar med VAV P90. Den första rutan gör att man får en resultatfil och den fjärde att brunnarna som områdena är kopplade till måste ta emot allt vatten som kommer till dem. Om inte den fjärde rutan är ikryssad beräknas dagvattenbrunnarnas kapacitet att ta emot vatten genom gallret och begränsas även av hur stor andel av flödet som den kan ta emot enligt inställningarna under *Inlet*. Den höga detaljeringsgraden behövs inte för de flesta beräkningar. Är intagskapaciteten lägre än det flöde som rinner till brunnen fortsätter flödet till nästa brunn och man får inte med sig hela flödet i beräkningen. Den andra rutan kan vara intressant att kryssa i och ha som jämförelse. *Enable Time of Concentration* betyder att programmet beräknar koncentrationstiden för vattnet i rören. Det gör att simuleringen blir mer verklighetstrogen. VAV P90 kan dock inte ta hänsyn till rörens koncentrationstid och därför blir flöden beräknade med andra rutan ikryssad lägre än flöden enligt VAV P90.

För att det ska gå att utföra dimensioneringsberäkningen krävs det att alla inställningar är korrekta. Programmet ger ett felmeddelande som anger vad som saknas för att beräkningen ska kunna genomföras.

## VANLIGA PROBLEM

### En av brunnarna saknar flöde

Gå till *Drainage>Flows>Inject flow* eller  och injicera ett litet flöde 0,0001 m<sup>3</sup>/s.

### En av brunnarna saknar lutning

Tryck *Edit/Review* på brunnen och gå sedan till fliken *Gutter*. Den transversella lutningen bestäms av ytan (vid vägavvattningen är det alltså bomberingen på vägen) och den longitudinella lutningen kan sättas till den lutning som vägen har. Saknas väglutningen görs en uppskattning av denna.

### Gutter Flow och Peak Flow är olika

Kontrollera återkomsttiden under nederbörd och inställningar.

### Rören är resize istället för fixed

Gå till *Tools>Drainage>Queries* eller . Välj *Structure type* till rör. Välj sedan *Modify Attributes*, sätt *Status = fixed*, tryck *Add* och *Apply*. På detta sätt kan även en mängd andra saker ändras.

## RESULTAT

När simuleringen är slutförd kommer resultatfilen upp i ett eget fönster. Beroende på vilka rutor man kryssat i ser resultatfilen lite olika ut.

Designing inlet +26411=514B3008

WARNING: Inlet forced to capture all flow, ignoring capacity calculations.

```
Results:
  Gutter Flow:      0,0124 m3/s          Flow From:      Area
  Time of Concentration ENABLED
    Tc:             10,0000 min          Intensity:      46,0000 mm/h
  Sum C x Area:    970,3234 m2         Ave Runoff Coef: 0,9000
  Status:          Fixed
  Inlet Length:    0,5820 m             Inlet width:    0,4000 m
  Flow Downstream: 0,0124 m3/s          Bypass To:     0,0000 m3/s
  Percent Cap:     100,0000 %           Capacity:       0,0000 m3/s
  Spread:          1,5017 m             Assigned Bypass: N/A
  Depth in Gutter: 0,0385 m
```

Designing pipe P0

```
Results:
  Total Flow:      0,0124 m3/s          Flow From:      Upstream
  Time of Concentration ENABLED
    Tc:             10,6203 min          Intensity:      46,0000 mm/h
  Sum C x Area:    970,3234 m2         Ave Runoff Coef: 0,0000
  Status:          Resize
  Pipe width:      150,0000 mm           Slope:          0,0195 m/m
  Depth of Flow:   0,0738 m             Pipe Height:    150,0000 mm
  Critical Depth:  0,1030 m             Flow Status:    Partial
  Velocity:        1,4299 m/s           Capacity:       0,0255 m3/s
  Froude Number:   1,9007                Flow Regime:   SuperCritical
```

Designing manhole +26411=514BD005

```
Results:
  Total Flow:      0,0124 m3/s          Flow From:      Upstream
  Time of Concentration ENABLED
    Tc:             10,6203 min          Sum C x Area:   970,3234 m2
  Status:          Fixed
  Chamber width:   0,6000 m             Chamber Length: 0,6000 m
```

Under *inlet* kan man se att *Bypass* eller *Capacity* är noll då ”*Capture all flow*” rutan är ikryssad. Även koncentrationstiden beräknas för de olika delarna då *Enable Time of Concentration* är ikryssad för den här simuleringen.

Under *pipe* kan man se vilken status, dimension, kapacitet mm röret har. Rörets *Total Flow* stämmer väl överens med det flöde som beräkningar enligt VAV P90 skulle ha gett.