

Examensarbete  
TVVR 10/5011

# Torra Svackdiken

Känslighetsanalys genom hydrologisk modellering av påverkansfaktorer  
för avrinning och vattenbalans

---

Henrik Djerv



Division of Water Resources Engineering  
Department of Building and Environmental Technology  
Lund University

Henrik Djerv  
Examensarbete 2009/2010 LTH / DHI Sverige AB

# Torra Svackdiken

Känslighetsanalys genom hydrologisk modellering av påverkansfaktorer  
för avrinning och vattenbalans

## Dry Swales

Sensitivity analysis with hydrological modeling with regard to runoff and  
water balance

Henrik Djerv

Examensarbete för Ekosystemteknikprogrammet på LTH  
och DHI Sverige AB

Examensarbete i ekosystemteknik med inriktning på vattenresurshantering, 2009/2010,  
30 högskolepoäng på Ekosystemteknikprogrammet

Titel: Torra Svackdiken – Känslighetsanalys med hydrologisk modellering avseende  
avrinning och vattenbalanser

Nyckelord: Torrt svackdike, MIKE SHE, Hydrologisk modellering, flödesreducering,  
LOD, Dagvattenhantering

Keywords: Dry Swale, MIKE SHE, Hydrological modeling, flow reduction, Storm  
water treatment

Handledare: Lars-Göran Gustavsson, DHI

Biträdande Handledare: Erik Mårtensson, DHI

Examinator: Rolf Larsson, avdelningen för Teknisk Vattenresurslära, LTH

Henrik Djerv  
Examensarbete 2009/2010 LTH / DHI Sverige AB

Datum: 2010-04-22

## Förord

---

För att få en civilingenjörsexamen krävs att ett examensarbete på 30 högskolepoäng genomförs. Detta examensarbete är gjort som en avslutande del på civilingenjörsprogrammet Ekosystemteknik på Lunds Tekniska Högskola. Själva arbetet är utfört för DHI Sverige AB under hösten och vintern 2009/2010 i Lund och Växjö under handledning av Lars-Göran Gustafsson på DHI:s vattenresursavdelning.

Jag vill börja med att tacka just Lars-Göran Gustafsson för att han tagit sig tid att handleda mig genom denna process och för hans råd och synpunkter under vägens gång. Jag vill även tacka Erik Mårtensson på DHI i Lund för den tekniska hjälp med modellen jag fick av honom samt alla andra anställda på DHI som har hjälpt mig med allt möjligt och dessutom varit väldigt trevliga i allmänhet.

Jag vill också rikta ett speciellt tack till Malena Valtersson för hennes hjälp och roliga diskussioner runt dagvattenhantering och uppsatsskrivning.

Hoppas ni finner det lika intressant att läsa som jag fann det att göra.

Henrik Djerv

April 2010, Lund

## Summary

---

### **Problem:**

Local solutions for storm water management (for example swales, wetlands and vegetated filter strips) are used ever more frequently. Especially as today's conventional sewage network faces a real threat of being overwhelmed from the increased precipitation due to climate change. A deeper and broader knowledge of how these systems work and functions, both in regards to purification and the management of flows, is necessary for a better future.

### **Aim:**

The aim of this project is to find out which factors that have the most impact on a dry swale and how it handles the extreme flows that occur with for example a 10-year rain.

### **Method:**

By using the hydro geological modeling program MIKE SHE to build a generic model of a dry swale and then in turn alter several parameters a sensitivity analysis was made. Extreme flows based on 10-, 5- and 2-year rains with a duration of 24 h, 2h and 10 min were also simulated.

### **Result and Conclusion:**

The sensitivity analysis shows that it is the presence of a draining pipe and/or a draining layer that have the absolutely largest impact on the swale's function. The presence of at least one of these components is also vital for it not becoming a wet swale as the absence of both leads to a water surface forming in the swale. The side slopes of the swale should be kept at a very moderate angle. Otherwise the water speed may increase to the point where it will lead to erosion and a decrease in purification effect. Snowmelt has a very little impact on the final result but it does change a few things inside the system. The simulations also confirm that the recommendations regarding the design of the swale in the literature seem to be okay.

The literary study shows that a good purification effect of in particular suspended particles is possible to achieve. Also metals like copper and zinc is removed to a large extent. Purification of nutrients on the other hand is harder to achieve.

Another important conclusion is that the swale actually functions well in both reducing and delaying flow peaks, which should be one of its primary abilities. The swale also handles extreme flows in a very satisfactory way.

## Sammanfattning

---

### **Problemställning:**

Lokala lösningar för dagvatten (t.ex. svackdiken, våtmarker och översilningsytor) används mer och mer runt om i hela landet. Speciellt då dagens konventionella ledningsnät ofta riskerar att översvämmas på grund av den ökade belastningen från en allt större nederbörd och det faktum att dagens städer får fler och fler hårda ytor där vattnet inte kan infiltreras naturligt. En djupare och bredare kunskap om hur dessa system beter sig och hur de fungerar, både vad gäller rening och hantering av flöden, kan alltså vara en nödvändighet för en bättre framtid.

### **Syfte:**

Syftet med känslighetsanalysen är att försöka utröna vilka faktorer, som påverkar ett torrt svackdikets egenskaper mest samt hur det reagerar på olika extremflöden som uppstår vid till exempel ett 10-årsregn.

### **Metod:**

Genom att använda det hydrogeologiska simuleringsprogrammet MIKE SHE och där i bygga upp en ”grundmodell” av ett svackdike har sedan olika påverkansfaktorer testats genom en känslighetsanalys. För att sedan även se hur svackdiket hanterar de extrema flöden som kan uppstå har olika former av extrem nederbörd studerats genom att regn med återkomsttiden 10, 5 och 2-år och varaktighet 24 h, 2h och 10 min simulerats.

### **Resultat och Slutsatser:**

Känslighetsanalysen visar att det är närvaron av ett dräneringsrör och/eller ett dräneringslager som har den absolut största påverkan på svackdikets funktion. Förekomsten av åtminstone en av dessa komponenter är även vitalt för att det inte ska stå vatten i diket och då istället göra det till ett vått svackdike. Svackdikets slänter bör hållas väldigt flacka för att inte vattenhastigheten ska öka och bidra till bland annat erosion och minskad reningseffekt. Simulerad snösmältning har mindre påverkan på slutresultatet men rumsterade om en del inne i systemet. Simuleringarna visar även att de rekommendationer som ges i litteraturen verkar sunda och rimliga.

Litteraturstudien visar på att en god reningseffekt kan uppnås av framför allt suspenderade partiklar men även metaller så som koppar och zink. För näringsämnen är det svårare att uppnå någon högre reningsgrad.

En annan viktig slutsats är att diket faktiskt fungerar som både flödesreducerare och flödesfördröjare vilket är en av dess primära funktioner. Det klarar även extrema flöden på ett mycket tillfredställande sätt.

## Innehållsförteckning

---

<b>FÖRORD</b> .....	<b>II</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>III</b>
<b>SAMMANFATTNING</b> .....	<b>IV</b>
<b>1 BAKGRUND</b> .....	<b>- 2 -</b>
<b>2 SYFTE OCH METOD</b> .....	<b>- 3 -</b>
<b>3 AVGRÄNSNINGAR</b> .....	<b>- 4 -</b>
<b>4 LOKALA DAGVATTENLÖSNINGAR</b> .....	<b>- 5 -</b>
4.1 ÖVERSILNINGSYTOR .....	- 6 -
4.1.1 <i>Konstruktion och Dimensionering</i> .....	- 6 -
4.1.2 <i>Skötsel och Underhåll</i> .....	- 7 -
4.2 SVACKDIKEN .....	- 8 -
4.2.1 <i>Begränsningar</i> .....	- 8 -
4.2.2 <i>Allmän Konstruktion och Dimensionering</i> .....	- 9 -
4.2.3 <i>Vinterförhållanden</i> .....	- 10 -
4.2.4 <i>Tjäle</i> .....	- 12 -
4.2.5 <i>Underhåll och Skötsel</i> .....	- 12 -
4.2.6 <i>Typer av Svackdiken</i> .....	- 12 -
4.2.7 <i>Naturligt Svackdike</i> .....	- 13 -
4.2.8 <i>Torrt Svackdike</i> .....	- 13 -
4.2.9 <i>Vått svackdike</i> .....	- 14 -
4.2.10 <i>Fysikalisk Beskrivning</i> .....	- 15 -
<b>5 RENING I SVACKDIKEN</b> .....	<b>- 17 -</b>
5.1 RENINGSEFFEKT .....	- 17 -
5.2 BEGRÄNSNINGAR .....	- 19 -
5.2.1 <i>Vinterförhållanden</i> .....	- 19 -
5.3 KONSTRUKTION OCH DIMENSIONERING .....	- 20 -
5.3.1 <i>Vegetationen</i> .....	- 20 -
<b>6 HYDROLOGISK MODELLERING</b> .....	<b>- 21 -</b>
<b>7 MIKE SHE</b> .....	<b>- 22 -</b>
7.1 BEGRÄNSNINGAR .....	- 23 -
7.2 KOMPABILITET MED ANDRA PROGRAM .....	- 23 -
<b>8 MODELLERING AV TORRT SVACKDIKE</b> .....	<b>- 24 -</b>
8.1 UPPBYGGNAD AV MODELLEN .....	- 24 -
8.1.1 <i>Avrinningsområde</i> .....	- 25 -
8.1.2 <i>Sammansättning av systemen samt Randvillkor</i> .....	- 26 -
8.2 MODELLEN I MIKE SHE .....	- 27 -
8.2.1 <i>Simuleringsspecifikationer (Simulation Specification)</i> .....	- 27 -
8.2.2 <i>Modellområde (Model Domain and Grid)</i> .....	- 27 -
8.2.3 <i>Topografi (Topography)</i> .....	- 27 -
8.2.4 <i>Klimat (Climate)</i> .....	- 28 -



8.2.5	Landanvändning (Land Use).....	- 30 -
8.2.6	Ytavrinning (Overland Flow).....	- 30 -
8.2.7	Omättade zonen (Unsaturated Flow).....	- 30 -
8.2.8	Mättade zonen (Saturated Zone).....	- 32 -
8.2.9	Extraparametrar (Extra Parameters).....	- 34 -
8.2.10	MOUSE / Dräneringsröret.....	- 34 -
<b>9</b>	<b>KÄNSLIGHETSANALYS AV PARAMETRAR.....</b>	<b>- 35 -</b>
9.1	RESULTAT AV FALL I: GRUNDFALLET.....	- 36 -
9.1.1	Vattenbalanser.....	- 36 -
9.1.2	Vattenföring över året.....	- 38 -
9.1.3	Grundvattennivå.....	- 39 -
9.2	RESULTAT AV KÄNSLIGHETSANALYS AV PARAMETRAR.....	- 41 -
9.2.1	Stor påverkan.....	- 42 -
9.2.2	Mindre påverkan.....	- 43 -
9.2.3	Ingen eller minimal påverkan.....	- 44 -
9.2.4	Grundvattennivåer.....	- 44 -
9.3	DISKUSSION KÄNSLIGHETSANALYSEN.....	- 46 -
9.3.1	Dräneringslager och dräneringsrör.....	- 46 -
9.3.2	Släntlutningen.....	- 48 -
9.3.3	Geologin / Materialval.....	- 48 -
9.3.4	Längdslutningen.....	- 49 -
9.3.5	Parametrar med mindre påverkan.....	- 49 -
9.3.6	Snösmältning.....	- 49 -
9.3.7	Växtlighet.....	- 49 -
9.3.8	Flödesreduktion och flödesfördröjning.....	- 50 -
<b>10</b>	<b>HANTERING AV EXTREMFLÖDEN.....</b>	<b>- 51 -</b>
10.1	RESULTAT FÖR HANTERING AV EXTREMFLÖDEN.....	- 53 -
10.1.1	Vattnets väg.....	- 54 -
10.1.2	Flödesreducering.....	- 55 -
10.2	DISKUSSION EXTREMFLÖDEN.....	- 57 -
10.2.1	Flödesreduktion.....	- 57 -
<b>11</b>	<b>SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER.....</b>	<b>- 59 -</b>
<b>12</b>	<b>VIDARE ARBETE OCH BEGRÄNSNINGAR.....</b>	<b>- 61 -</b>
<b>13</b>	<b>KÄLLFÖRTECKNING.....</b>	<b>- 62 -</b>
	<b>BILAGA 1: VATTENBALANSER.....</b>	<b>- 65 -</b>
	<b>BILAGA 2: ORD- OCH FÖRKORTNINGSFÖRKLARING.....</b>	<b>- 75 -</b>
	<b>BILAGA 3: RESULTATMATRISER.....</b>	<b>- 77 -</b>
	TABELL 5: RESULTAT AV KÄNSLIGHETSANALYSEN.....	- 78 -
	TABELL 8: RESULTAT AV EXTREMA FLÖDEN.....	- 78 -

# 1 Bakgrund

---

Lokala lösningar för dagvatten används mer och mer runt om i hela landet. Speciellt då dagens konventionella ledningsnät ofta riskerar att översvämmas på grund av den ökade belastningen som kommer av det faktum att dagens städer får fler och fler hårda ytor där vattnet inte kan infiltreras naturligt. De vanligaste lokala lösningarna är översilningsytor, svackdiken, våtmarker och dammar.

Alla dessa lösningar hjälper i varierande grad till att både jämna ut flöden och rena vattnet, som ofta kan föra med sig föroreningar från marken det rinner över. Denna naturliga reningsprocess gör dessutom behovet att leda vattnet till ett reningsverk innan det släpps ut väldigt mycket mindre och sparar således pengar. De lokala dagvattenlösningarna har dessutom fler ekonomiska fördelar då de ofta är mycket billiga i både konstruktion och underhåll.

Våtmarker och dammar har använts under ganska lång tid för att hantera dagvatten men kan vara ganska svåra att implementera i redan existerande bebyggelse då de tar relativt stor plats. Att däremot låta vattnet rinna och infiltrera över en gräsbelagd yta (översilningsyta) eller ta hand om det i ett, ofta gräsbevuxet, grunt dike (svackdike) är ofta lättare att få plats med. Dock finns det inte så många undersökningar om vilken effekt dessa två sistnämnda lösningar egentligen har, både vad gäller rening och hur de hanterar olika flöden.

Dessa ”ekologiska” lösningar blir allt viktigare för att uppnå ett hållbart vattenledningssystem, och i slutändan även hela samhällsstrukturen, när det gäller att bekämpa ett allt mer skiftande väder och de vattenflöden det innebär. En djupare och bredare kunskap om hur dessa system beter sig och hur de fungerar kan alltså vara en nödvändighet för en bättre framtid.

## 2 Syfte och Metod

---

Syftet med känslighetsanalysen är att försöka utröna vilka faktorer, så som till exempel längdslutning och markegenskaper, som påverkar ett torrt svackdikes egenskaper mest samt hur det reagerar på olika extremflöden. Fokus ligger primärt på vattenföringen och kanske då speciellt på flödesreducering och flödesfördröjning (förklaras senare) i ett torrt svackdike. Dock behandlas även översilningsytor och svackdiken i allmänhet samt rening av vattnet översiktligt genom en litteraturstudie då dessa ofta används i kombination med varandra och för att ge lite bakgrund till lokala dagvattenlösningar i stort. Genom att använda det hydrogeologiska simuleringsprogrammet MIKE SHE och att där i bygga upp en ”grundmodell” av ett svackdike har sedan olika påverkansfaktorer testats genom en känslighetsanalys.

Följande frågor har försökt besvaras:

- Vilka rekommendationer ges vid dimensionering av ett torrt svackdike?
- Hur väl stämmer dessa rekommendationer och behöver de kanske revideras?
- Vilken/vilka faktorer har mest/minst påverkan på flödet i stort samt flödesreduktionen och flödesfördröjningen i svackdiket?
- Hur klarar ett torrt svackdike de extrema flöden som uppstår vid till exempel ett 10-årsregn?

Genom känslighetsanalysen, där varierande modeller har jämförts med ”grundmodellen”, har en matris tagits fram. Denna matris visar de olika faktorernas påverkan på svackdiket.

De faktorer som har undersökts är:

- Med/utan dräneringsrör
- Olika storlek på dräneringsrör
- Med/utan dräneringslager
- Växtlighet
- Bottenbredd
- Längdslutning
- Släntlutning
- Geologin
- Mannings tal
- Detention Storage
- Annan utflödeskonstruktion (kupalbrunn)

Andra faktorer som inte direkt ändrar modellens uppbyggnad har även undersökts:

- Snösmältning
- Regnpåverkan

Dessutom har svackdikets förmåga att hantera olika former av extrema flöden studerats genom att 10, 5 och 2-årsregn med olika intensitet och längd har simulerats. Mer information om hur detta och känslighetsanalysen har gått till finns under Kapitel 9: "*Känslighetsanalys av parametrar*" och Kapitel 10: "*Hantering av extremflöden*".

### 3 Avgränsningar

---

Rapporten avhandlar i detalj enbart torra svackdiken och vilka faktorer som påverkar framför allt vattenföringen i detta. Rening i svackdiken behandlas enbart översiktligt i en litteraturstudie då det är för tidskrävande att simulera även detta. Snösmältning är ej simulerad (förutom i Fall 8) varför ett vanligt kalenderår (januari till januari) kan användas istället för ett hydrologiskt år (oktober till oktober). Enbart själva diket är simulerat då de inflöden som kommer från avrinningsområdet är simulerade i ett annat liknande examensarbete om översilningsytor av Malena Valtersson (Valtersson, 2010).

Många fler parametrar skulle kunna analyseras men begränsningarna i tid gjorde att enbart de som förväntades ha störst inverkan på systemet användes.

## 4 Lokala Dagvattenlösningar

---

Först ska redas ut vad dagvatten faktiskt är. Enligt vägverket är definitionen: ”Med dagvatten avses tillfälliga flöden av nederbördsvatten, det vill säga regnvatten och smältvatten som inte tränger ner i marken, utan avrinner på markytan” (VVMB 130, 2008, s8).

Där står också att allt regn och smältvatten som faller eller rinner genom detaljplanerat område eller på ett område där begraving sker räknas som avloppsvatten istället. (VVMB 130, 2008, s8) Det ska alltså tas omhand om i den del av systemet som går till ett reningsverk istället för att mer eller mindre direkt rinna ut i vattendrag eller sjöar vilket annars ofta är vanligt. I denna rapport används dock ”dagvatten” som benämning på allt det vatten som orsakas av nederbörd och smältvatten oberoende av i vilket system det sedan ska tas omhand om. De system som behandlas här ligger oftast före de traditionella ledningssystemen vilket betyder att det inom denna rapport är relativt ointressant vart vattnet sedan tar vägen.

Det flöde som dagvattnet skapar i ett avrinningsområde varierar ofta väldigt på grund av orsaker som till exempel skiftningar i nederbördsintensitet, storlek av och topografin inom avrinningsområdet och jordens egenskaper. Lokala dagvattenlösningar används då ofta för att utjämna och minska flödestopparna som annars kan överbelasta dagvattensystemet nedströms (VVMB 130, 2004, s57).

Med lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD) menas ”att man i staden försöker efterlikna naturens sätt att ta om hand om dagvatten genom avdunstning, fördröjning och infiltration i marken” (Dagvatten strategi, 2008, s39). Detta betyder bland annat att diverse gröna ytor med rätt jordförutsättningar etc. samt dammar och andra vattensamlingar används för att uppehålla vattnet och undvika de värsta flödestopparna längst ner i systemet, eller kanske till och med direkt ta bort det mesta av flödet genom att infiltrera det ner i marken.

Det går även att använda lokala dagvattenlösningar för att ta bort, eller i alla fall minska, de föroreningar som dagvattnet kan ta med sig då det till exempel rinner över hårdgjorda ytor så som vägar och parkeringsplatser. Det kan vara föroreningar som härstammar från allt från slitage av däck och vägbanor till korrosionsrester från metaller och luftföroreningar från diverse bränslen (Dagvattenstrategi, 2008, s40). Andra vanliga utsläppsfaktorer är lösningsmedel från när privatpersoner tvättar bilar på ett inkorrekt sätt samt bekämpningsmedel för ogräs.

## **4.1 Översilningsytor**

En översilningsyta är en vegetationsklädd yta där vattnet kan flöda jämt fördelat över hela arean istället för att koncentreras. Den ska även helst ha ett jordlager med god genomsläpplighet för att underlätta infiltration och på så sätt minska ytflödet ytterligare. Ytan ska vara mycket svagt lutande för att få ner vattenhastigheten. Detta har flera orsaker. Dels för att undvika erosion vilket kan förstöra hela översilningsytan och dels för att öka uppehållstiden för vattnet på ytan och gynna infiltration och i viss mån även sedimentering av partiklar (Larm, 2000, s7).

Vegetationen på en översilningsyta består oftast av kort eller långt gräs men kan även i vissa fall inkludera både buskar och träd. Det bästa är dock om växtligheten är så uniform som möjligt just för att få ett jämt flöde på hela ytan och undvika att det bildas kanaler (Clar et al, 2004, s5-1).

Det är viktigt att påpeka att det både finns konstruerade och naturliga översilningsytor. Det kan vara allt från att ytan byggs från grunden till att vatten leds till och släpps ut på en existerande yta med lämpliga egenskaper (Clar et al, 2004, s2-2). Det vanligaste är något mitt emellan, så som att till exempel en existerande gräsmattan modifieras lite och sedan används.

Historiskt sett har det största syftet med översilningsytor varit som ett första, eller enda, reningssteg för mycket små avrinningsområden (typ liten parkering eller garageuppfart) för att få ner föroreningshalterna där innan det fortsätter ner i grundvattnet. Det kunde också vara som ett sätt att minska föroreningshalterna till ett annat reningssystem längre nedströms. Lite mer nyligen har översilningsytan dock även fått flera nya användningsområden. De används nämligen bland annat som en flödesreducerande åtgärd vid höga flöden, som hjälp för att fylla på grundvattnet och för att minska erosionsskador vid slänter och andra gräsytor (Clar et al, 2004, s5-1). Översilningsytor kan alltså mer eller mindre användas till att lösa eller åtminstone vara en del av lösningen till de flesta problem dagvatten kan ge.

### **4.1.1 Konstruktion och Dimensionering**

Avrinningsområdet som en översilningsyta kan hantera på ett tillfredsställande sätt är ganska väl relaterat till det flöde det ger upphov till. Eftersom detta flöde inte får bli för stort för att reningen och flödesreduceringen ska fungera är avrinningsområdet ofta ganska begränsat. Allt för höga flöden har även en tendens att skapa kanaler i ytan, genom erosion, och därigenom kringgå själva översilningsprocessen (Clar et al, 2004, s5-3). Det exakta "tillåtna" avrinningsområdet är naturligtvis fallspecifikt och beror bland annat på översilningsytans bredd, längd och vilken sorts geologiska förutsättningar som råder (Larm, 2000, s12).

En översilningsyta har som sagt oftast en flödesutjämnande eller flödesreducerande funktion vid inte allt för häftiga regn samt en låg till måttlig reningsförmåga. Detta gör att

de ofta används tillsammans med andra lokala dagvattenlösningar så som infiltrationsdammar och infiltrationsdiken för att få ett bra slutresultat (Larm, 2000, s12), (Clar et al, 2004 s2-2). Detta stämmer även överens med de rekommendationer som ges i jordbrukssammanhang, där det är ganska vanligt förekommande, då översilningsytor är som effektivast i samband med andra lösningar (Clar et al, 2004, s2-2).

Ytterligare en orsak för att anlägga en översilningsyta innan en annan dagvattenlösning så som till exempel ett svackdike är att den tar bort många av de partiklar som annars riskerar att sätta igen dräneringsmaterial. Således hjälper ofta översilningsytan till att öka reningen i efterföljande lösningar och dessutom minskar underhållsbehovet på dessa (Clar et al, 2004, s5-3).

En annan fördel med översilningsytor är att det ofta även är estetiskt tilltalande. I städer kan de till exempel bidra till en öppnare och grönare stadsbild då de ju består av en gräsmatta med kanske ett fåtal träd på (Clar et al, 2004, s5-1). De är heller inte så svåra att smygga in i redan existerande bebyggelse då gräsmattor på tomtmark ofta kan användas utan större modifikationer. Att översilningsytor dessutom kan utgöra väldigt goda habitat för vilda djur är ju bara ytterligare en fördel (Clar et al, 2004, s5-3).

#### **4.1.2 Skötsel och Underhåll**

Om översilningsytan sköts om och underhålls genom att till exempel klippa gräset, rensa ytan från bråte så som löv och grenar samt se till att fixa alla eventuella kanaler och liknande som kan bildas kan en översilningsyta vara funktionell i princip hur länge som helst. Missköts däremot underhållet kan översilningsytans effektivitet minska dramatiskt (Clar et al, 2004, s5-3). Dock kan det vara så att det finns en stor koncentration av föroreningar i vattnet som sedan ackumuleras i jorden under översilningsytan. Detta kan i sin tur sedan leda till att jorden blir mättad och förlorar mycket av sin reningseffekt.

## **4.2 Svackdiken**

Ett svackdike är normalt ett grunt, gräsklätt dike med mycket svagt lutande slänter. Huvudsyftet med denna typ av diken har tidigare främst varit att leda bort vatten och möjligtvis fördröja toppflöden genom en viss infiltration och genom det motstånd gräset ger. På senare tid har dock även rening varit en allt mer intressant aspekt när nya svackdiken planeras. Även en ökad fördröjning är ofta nu mer att föredra. Detta kan skapas genom att öka infiltrationen, vilket i sin tur betyder att till exempel befintliga material byts ut mot sådana med mer dränerande egenskaper så som makadam eller annat grovt grus (Bäckström, 2002, s2; Dennison, 1996, s356).

Svackdiken hittas oftast vid vägar och i bostadsområden där befolkningstätheten är låg till medelhög. En väldigt vanlig och även en av de bästa platserna att anlägga ett svackdike är mellan två hårdgjorda (impermeabla) ytor som till exempel mellan en väg och en trottoar. Detta ger både en bra lösning vad gäller transport och hantering av dagvattnet från dessa ytor och utgör dessutom en säkerhetsbarriär mellan fordonen och fotgängarna (Clar et al, 2004, s6-4; Bäckström, 2002, s3).

Dagvattnet kan komma in i svackdiket på flera olika sätt. Om det till exempel ligger vid en väg, trottoar eller ansluter till en översilningsyta rinner det oftast ner mer eller mindre uniformt över hela slänten. Men det kan under vissa omständigheter även finnas ett väl definierat inlopp i ena änden. I slutet av diket, alltså i den lägsta änden, kan det finnas en kupolbrunn som är kopplad till det kommunala dagvatten-nätet för att ta hand om eventuella extremflöden och då slippa en översvämning. Men det är också vanligt att vattnet antingen bara leds ut i den nedre änden, ut på till exempel en äng eller annan infiltrationsyta, eller att det inte finns något definierat utlopp alls utan vattnet beräknas infiltrera helt innan det når den änden (Bäckström, 2002, s3). Det sista alternativet finns ofta i icke översvämningss känsliga områden så som till exempel inom jordbruk.

### **4.2.1 Begränsningar**

Svackdiken kan vara en väldigt bra lösning när det gäller hantering av dagvatten men det finns även ett flertal begränsningar. För det första är svackdiken främst avsedda för ganska små avrinningsområden. Ett stort svackdike kan kanske i bästa fall ha ett avrinningsområde med en impermeabel yta på ungefär 4 ha. Det finns även de som säger att förhållandet mellan dikets area och avrinningsarean ska vara närmare ett, detta är då främst för en så effektiv rening som möjligt (Tchang, 2009, s18). Detta beror på att det flöde ett svackdike effektivt kan hantera i sig är ganska begränsat. Eller egentligen är det snarare flödes hastigheten och flödesdjupet som är begränsande då det är dessa som påverkar infiltrationen och motståndet i diket. Blir vattnets hastighet för stor hinner det inte infiltrera eller sedimentera partiklar och kringgår då en stor del av syftet med diket eller åtminstone minskar effektiviteten av det dramatiskt (se figur 2). Allt för höga flöden kan dessutom orsaka erosion i diket vilket ytterligare minskar dess effektivitet och till och med helt kan förstöra dess funktion. Svackdiken i sig själva är alltså enbart effektiva



vid låga till medelhöga flöden och kan få stora problem vid väldigt höga flöden beroende på konstruktionen (Clar et al, 2004, s6-2; Dennison, 1996, s357).



**Figur 1: Ett exempel på hur högre vattenflöden kan bidra till erosion vilket i slutändan skapar kanaler och minskar ytan som vattnet rinner över. Fotograf: Henrik Djerv, 2009-11-22, Dösjebro, Skåne**

Är lutningen väldigt svag och/eller om gräset växer i tuvor kan det skapas våtmarker med i princip stillastående vatten istället för ett dike. Detta kan speciellt vara ett problem i och omkring bebyggda områden då dessa våtmarker är ett perfekt ställe för myggor att föröka sig på (Clar, 2004, s6-2).

Svackdiken ingår således med fördel oftast i ett helt system av dagvattenlösningar. Det kan till exempel finnas en översilningsyta innan svackdiket vilket gör att större flöden kan hanteras lättare, det kan i vissa fall även finnas en översilningsyta efter själva diket. Diket kan även mynna ut i en sedimenteringsdamm eller i en våtmark av något slag.

#### **4.2.2 Allmän Konstruktion och Dimensionering**

Liksom översilningsytor kan svackdiken med fördel användas inom bebyggda områden då de smälter in väldigt väl i övrig natur. De kan också tillföra staden de ofta eftersträfvade gröna ytorna (Clar et al, 2004, s6-2).

I tvärsnitt kan svackdiken se ut på många olika sätt. De kan till exempel vara paraboliska (rund botten), triangulära (V-formade) eller trapetsformade (Bäckström, 2002, s4). Triangulär form har varit ganska vanlig men då både den paraboliska och trapetsiska generellt hanterar erosion på ett bättre sätt projekteras allt fler av de nya svackdikena i dessa former (Hagstrand, 2009). Är svackdiket svängt bör det dessutom förstärkas i svängarna då erosionsrisken ökar markant just där (Edvinsson, 2009, s14).

Den viktigaste egenskapen i ett svackdike är ofta att vattnet ska hinna infiltrera innan det når den nedre änden. Detta kan regleras genom att till exempel variera ytan vattnet har att infiltrera på eller på olika sätt variera tiden det tar för vattnet att ta sig genom diket, med andra ord uppehållstiden.

Att vattnet ska hinna infiltrera är för att få en så effektiv toppflödesreducering och flödesfördröjning som möjligt. En ökad uppehållstid i diket för vattnet ökar dock även reningseffektiviteten. Dimensioneringsmässigt föreslås därför att diket ska vara:

- minst 60 meter långt
- en bottenbredd på 0.5 – 3 meter
- en släntlutning med ett förhållande på 1:15 till 1:5
- en längdslutning på 0.5 – 2 %

(Clar et al, 2004, s6-10; Edvinsson, 2009, s14; Horner, 1988; Larm, 2000;)

Det översta jordlagret bör innehålla ca 35 – 60 % sand, 30 – 55 % näringsrik mull och ca 10 – 25 % lera för att utgöra en god grogrund för gräset och samtidigt ha en relativt hög infiltrationskapacitet (Edvinsson, 2009, s11). Enligt Hagstrand (2009) används ofta en sandblandad matjord som översta lager. För att få en bra infiltration bör infiltrationskapaciteten i de undre lagren vara minst 13 mm/h (Tchang, 2009, s19).

Att ha gräs på botten av diket är inte enbart trevligt rent estetisk. Det finns flera andra fördelar med att ha gräs där, så som att gräset minskar erosion genom binda jorden, det kan filtrera och fånga upp föroreningar, minska vattenhastigheten genom att utgöra ett motstånd samt att det även gynnar den biologiska mångfalden på många sätt (VVR Väg, 2009).

Är lutningen av någon anledning större än 2 % bör svackdiket förses med fördämningar ungefär var 15 eller 30 meter för att på så sätt minska vattenhastigheten och öka infiltrationen. Fördämningarna kan till exempel vara byggda av sten och är då i sig permeabla men det finns även exempel på fördämningar i betong vilket då gör dem mer eller mindre impermeabla. Det är även viktigt att ha ett litet jack eller rör i botten på fördämningen för att tillåta mindre flöden att obehindrat ta sig igenom oavsett hur fördämningen ser ut i övrigt (Edvinsson, 2009, s14).

### **4.2.3 Vinterförhållanden**

På vintern finns en viss risk att svackdikena fryser och således minskar infiltrationsförmågan drastiskt. Infiltrationen kan till och med elimineras helt. Detta kan vara särskilt besvärligt vid snösmältningen. Dock har fältstudier visat att svackdiken kan hjälpa till att minska smältvattnenflödet med upp till 60 % enbart genom infiltrering (Bäckström, 2002, s8). En annan fördel med just svackdiken, och även andra typer av diken, är att de kan användas till att förvara bortplogad snö i. Genom att göra detta kan smältvattensreduktionen ökas ytterligare. Dessutom kan en hel del av alla de partiklar

som finns i denna typ av snö filtreras bort (Bäckström, 2002, s9).

#### 4.2.4 Tjäle

Det går att undvika att dräneringsledningen blir påverkad av tjälen genom att lägga ett isolerande lager antingen precis under den eller både precis under och över. Detta isolerande lager hindrar då tjälen från att tränga ner till röret. Detta kan dock i viss mån påverka rörets infiltrationskapacitet negativt. Det gör också hela konstruktionen en hel del dyrare. Det bästa är att om möjligt lägga röret på ett sådant djup att det helt enkelt inte påverkas av tjälen. Detta är ju dock inte alltid praktiskt möjligt då det kan innebära en hel del nya problem så som till exempel ökade konstruktionskostnader (VVTK Väg, 2008).

#### 4.2.5 Underhåll och Skötsel

Liksom när det gäller översilningsytor är svackdiken oftast relativt billiga att både bygga och underhålla om man jämför med konventionella dagvatten-ledningssystem. Om svackdiket är korrekt konstruerat och underhålls på ett tillfredsställande sätt är dess livslängd i det närmaste oändligt (Clar et al, 2004, s6-3). Det finns de som påstår att skötsel av svackdiket inte är nödvändigt över huvud taget men det beror naturligtvis på vad svackdiket har för syfte, vilken typ av växtlighet som finns där och så vidare (Edvinsson, 2009, s14). Den absoluta majoriteten av litteratur på ämnet rekommenderar dock att svackdiken underhålls regelbundet. Inte minst för att föroreningshalterna i dagvattnet eller marken inte får vara för stora då marken kan bli mättad och tappa markant i speciellt reningseffektivitet. Sediment kan till exempel behövas tas bort för att återställa dikets ursprungliga egenskaper. Det rekommenderas även att gräset klipps eller att vegetationen på annat sätt skördas för att få bort de näringsämnen det har tagit upp samt så att ett uniformt flöde kan bibehållas (Dennison, 1996, s357). Det är också viktigt att påpeka att varken de kortsiktiga eller de långsiktiga effekterna av svackdiken egentligen har undersökts. Inte heller har designens inverkan på svackdikets beteende direkt undersökts (Bäckström, 2002, s2; Clar et al, 2004, s6-3). Det senare ska dock denna rapport försöka bringa större klarhet i.

#### 4.2.6 Typer av Svackdiken

Det finns tre huvudtyper av svackdiken, dessa är:

- Naturligt gräsklätt svackdike
- Torrt svackdike
- Vått svackdike

(Clar et al, 2004, s6-1)

#### 4.2.7 Naturligt Svackdike

Ett naturligt svackdike, eller gräsklädd kanal som det också kallas, är i princip enbart en naturlig fördjupning i marken. De består enbart av ett tunt lager matjord där gräset, eller annan vegetation, kan växa och under det finns vad det nu var där för jordart innan kvar. Vilket antyds i namnet är det inte helt ovanligt att denna typ av diken är helt naturliga. Det byggs dock även en hel del av dem på olika platser, speciellt inom jordbruket. Oftast är dessa svackdiken enbart till för att leda undan vatten och kanske möjligen mildra toppflödena lite. Men ska ett sådant svackdike anläggas med hänsyn till andra lite mer avancerade och utökade aspekter så som rening och liknande är det väldigt viktigt att ha full koll på det undre jordlagrets egenskaper vad gäller infiltration och så vidare. Det är inte ovanligt att det åtminstone under lite längre perioder står vatten i diket då de underliggande jordlagren inte kan infiltrera vattnet fort nog. Dessa diken har ofta en lite större längdslutning än de andra typerna av svackdiken. I vissa fall är de snarare mer lika ett vanligt dike än ett svackdike. Det som dock skiljer ett naturligt svackdike från ett vanligt dike är att svackdiket har en bredare botten och inte är lika djupt (Debo et al, 2003, s889).

#### 4.2.8 Torrt Svackdike

Med ett torrt svackdike menas att det under större delen av året inte står eller flödar något vatten i det. Rena ytflöden ska med andra ord enbart uppstå vid höga dagvattenflöden. Detta betyder dels att grundvattnet inte får ha någon kontakt med botten av diket och dels att det också i övrigt måste vara dimensionerat för att undvika just ytvattenbildning när det gäller till exempel konstruktion och val av material (Debo et al, 2003, s890).

Ett torrt svackdike med dränering är kanske det allra vanligaste. Överst finns även här ett tunt lager av matjord för gräsets skull. Ofta är dock sand iblandat detta lager för att ytterligare öka infiltrationen. Under själva botten på diket ersätts jordlagret med ett väldigt dränerande material så som till exempel makadam eller grovt grus. Underst i detta dränerande lager finns dessutom ofta en dräneringsledning som effektivt leder bort det infiltrerande vattnet för att på så sätt ytterligare öka infiltrationen från ytan och undvika att grundvattennivån stiger för högt (Hagstrand, 2009).

Torra svackdiken föredras oftast i bostadsområden då våta och naturliga svackdiken kan få egenskaper liknande de i våtmarker vilka både kan lukta lite illa och bidrar dessutom till en ökad myggpopulation. Avrinning från ytor så som mindre parkeringsplatser, hustak och vägbanor är perfekta för ett torrt svackdike att ta hand om (Debo et al, 2003, s890). Att det inte får förekomma stående vatten i mer än 48 timmar i taget i diket brukar vara ett riktvärde för att det ska få kallas ett torrt svackdike (Debo et al, 2003, s893).

Dräneringslagret brukar vara 15 till 70 cm djupt och dräneringsröret brukar vara ett perforerat PVC-rör (alltså plast) som är ca 100 mm i diameter (Debo et al, 2003, s893; Hagstrand, 2009). Enligt Debo et al (2003) kan hela dräneringslagret vara klätt med en

permeabel duk för att förhindra att de olika materialen blandas men enligt Hagstrand (2009) finns denna duk enbart under det dränerande lagret eller kring själva röret.



**Figur 2: Ett torrt svackdike intill en väg och en gräsmatta. Fungerar även här som ett snölager vid vägplogning. Fotograf: Henrik Djerv 2010-03-18**

#### **4.2.9 Vått svackdike**

Ett vått svackdike är helt enkelt ett svackdike där det konstant, eller åtminstone under längre tider på året, står och/eller rinner vatten. Oftast beror detta på att grundvattnet går upp över botten av diket och på så sätt skapar en vattenyta. Annars är konstruktionen i allmänhet liknande den av ett naturligt svackdike. Oftast finns det heller inga brunnar eller liknande utlopp i våta svackdiken (Debo et al, 2003, s893).



**Figur 3: Ett typexempel på ett vått svackdike med ängsvegetation i ett lantbrukslandskap. Fotograf: Henrik Djerv 2009-11-22**

Våta svackdiken är ofta designade så att det aldrig står eller rinner mer än 45 cm vatten i dem. Detta är dels för att eventuella flödesreduktioner inte helt ska sättas ur spel och dels för att de ska vara lite säkrare. Det senare är extra viktigt om diket är beläget i bebyggt område. Växtligheten består oftare av grästuvor med lite längre gräs än den gräsmatteliknande växtligheten som ofta finns i ett torrt svackdike (Debo et al, 2003, s897). Figur 3 visar ett typiskt exempel på ett svackdike med ängsvegetation i ett lantbrukslandskap. Bilden är tagen utanför Dösjebro i Skåne.

#### **4.2.10 Fysikalisk Beskrivning**

Vad händer med vattnet då det kommer till svackdiket? Vattnet kommer i detta fall in i svackdiket på två olika sätt. Dels som nederbörd och dels som ett flöde under marken in i den mättade zonen. Det finns alltså inget inflöde uppströms i diket. Nederbörden träffar marken och börjar ta sig längre nedströms medan den infiltrerar med hjälp av gravitationen. Det som marken inte hinner ta emot (infiltrera) rinner längs ytan mot utloppet. Det ytvatten som tar sig ända till utloppet rinner obehindrat vidare ut ur systemet. Det vatten som tar sig ner i marken infiltrerar genom det övre matjordslagret och vidare ner genom den omättade zonen och fyller slutligen på den mättade zonen vilken utgörs av grundvattnet. Ganska lite av nederbörden tar sig förmodligen ner till grundvattnet då andra processer så som evapotranspiration tar bort vatten från speciellt de

övre lagren. Evaporationen (avdunstningen) sker då solen värmer vattnet och gör om det från flytande till gasform. Detta vatten går sedan upp i luften. Transpiration sker då växter tar upp vatten som de sedan använder.

Det vatten som kommer in svackdicket under marken fyller direkt på grundvattnet och om det inte rinner undan lika mycket som det flödar in stiger grundvattennivån upp i den omättade zonen och omvandlar delar av denna till en omättad zon. Det omvända gäller även om det flödar ut mer än det kommer in. Då sänks grundvattennivån istället. I och med att den största delen av dräneringslagret består av ett väldigt genomsläppligt material bör grundvattennivån normalt stå i botten av detta lager. Det borde, om det är rätt dimensionerat, kunna leda ut allt det vatten som stiger upp i det då grundvattennivån eventuellt stiger. Att dessutom dräneringsröret ligger i botten på detta lager borde ytterligare hjälpa till att få undan vattnet.

Det sker inget inflöde i dräneringsröret. Däremot sker det ett betydande utflöde genom detta rör då vattnet både lätt tar sig in genom det och även har lätt för att flöda i det. Röret fortsätter ut under diket där det sammanlänkas med det konventionella ledningsnätet.

De viktigaste fysikaliska processerna är med andra ord kanalströmning för hantering av ytvattnet, infiltration för hantering av det vatten som tar sig ner i marken, rörströmning för hantering av det vatten som tar sig in och ut genom dräneringsröret samt evapotranspiration för hantering av det vatten som tar sig upp i atmosfären igen.



## 5 Rening i Svackdiken

---

De reningsprocesser som ett svackdike kan bidra med är i första hand infiltration, sedimentation och adsorption (Bäckström, 2002, s6; Clar et al, 2004, s 6-4). Infiltration betyder att vattnet filtreras ner i marken och att partiklarna då ges tid och tillfälle att fastna etc. Infiltrationen är även en förutsättning för adsorptionen då det tar ner vattnet och föroreningsämnen ner i marken. Adsorption betyder att jordpartiklar binder andra ämnen till sig. Sedimentation betyder att partiklar som finns i dagvattnet helt enkelt sjunker och lägger sig på botten. För att speciellt infiltration och sedimentation ska vara effektiva processer krävs att vattenhastigheten är relativt låg. Det betyder i sin tur att just vattenhastigheten är en nyckelfaktor när det gäller rening i svackdiken (Edvinsson, 2009, s14). När väl vattnet och dess innehåll har kommit ner i marken finns där också förutom adsorption en mängd olika mikroorganismer som hjälper till med reningen genom att omvandla de farliga ämnena till mindre farliga eller olösliga ämnen som sedan har lättare att fastna i marken (Edvinsson, 2009, s11).

Enligt Bäckström (2002) visar ett antal olika studier på att gräsklädda svackdiken kan rensa bort, och behålla, stora delar av bland annat suspenderade partiklar, tungmetaller och oljor (Bäckström, 2002, s6; Clar et al, 2004, s6-4). När det gäller näringsämnen så som fosfor och kväve är dock upptagningsgraden i många fall ganska liten. I vissa fall är den till och med negativ, vilket betyder att svackdiket släpper ifrån sig näringsämnen till vattnet. Detta är även fallet för vissa helt upplösta metaller (Bäckström, 2002, s6). Denna negativa reningsgrad kan bland annat bero på att den nedbrytning av växtdelar som sker på hösten och avsaknaden av gräs under vintern gör att näringsämnen inte infiltrerar ordentligt eller tas upp av växter (Clar et al, 2004, s6-5). Om ett ökat upptag av näringsämnen önskas krävs en väldigt liten lutning på hela diket, för att få en så hög uppehållstid som möjligt. Är dock lutningen och infiltrationen för liten kan vattnet bli stående vilket kan leda till andra problem så som en ökning av myggpopulationen samt en ökning av ovälkommen lukt (Clar et al, 2004, s6-4).

### 5.1 Reningseffekt

En annan sak som är viktig att påpeka är att reningsgraden är väldigt varierande från fall till fall. Detta beror förmodligen på att varje svackdike mer eller mindre har en unik uppbyggnad både vad gäller design och markförhållanden (Bäckström, 2002, s7).

Svackdiken rekommenderas ofta som ett försteg som i första hand är till för att leda och fördröja dagvattenflöden till andra steg där själva reningen ska påbörjas. Det finns dock de som säger att ett svackdike under rätt förhållanden kan ha en lika hög reningsgrad som en damm eller ett sandfilter (Bäckström, 2002, s7). Hur stor reningseffekt ett svackdike har varierar både ganska mycket mellan olika ämnen och mellan olika källor och undersökningar. Reningen av de totala suspenderade partiklarna (TTS) är i de flesta undersökningarna den som är störst. Oftast ligger den mellan 70 till 90 %. Metaller så som Zink (Zn), Bly (Pb) och Koppar (Cu) rensas till mellan 45 och 75 %, där bly är den metall som har störst reningsgrad på ca 70 %. Det är dock som sagt extra viktigt att halterna av dessa metaller i dagvattnet inte är för stor. För även om reningseffekten är bra

kan metallerna ackumuleras i marken och till slut även ta sig ner i grundvattnet. Den totala fosfor (TP), vilket är ett näringsämne, som tas upp varierar mellan ungefär 30 till 55 %. Men när det gäller just näringsämnena finns det många faktorer som påverkar reningseffekten.

**Tabell 1: Reningseffekt i % av Totala suspenderade partiklar (TSS), Totala fosfor (TP), Zink (Zn), Bly (Pb) och Koppär (Cu) vid svackdiken med en längd på ca 60 meter.**

	<b>TSS</b>	<b>TP</b>	<b>Zn</b>	<b>Pb</b>	<b>Cu</b>
<b>Clar</b>	83	29	63	67	46
<b>Edvinsson</b>	87	55	63	67	46
<b>Tchang</b>	30	30	30	75	50

(Källor: Clar et al, 2004; Edvinsson, 2009; Tchang, 2009)

Enligt Clar et al (2004) är experterna relativt eniga om att en reningsgrad på ungefär 70 % när det gäller TSS, 25 % för TP och 50 – 90 % för metaller kan förväntas i ett svackdike. Tchang (2009) anger en reningsgrad på enbart 30 % för TSS vilket visar på att det kan skilja väldigt mellan olika diken. Förmodligen har det med markegenskaper att göra då själva konstruktionen av de olika diken i tabell 1 är väldigt likartad. Enligt Edvinsson (2009) tar svackdiken även hand om ungefär 75 % av de oljor och fetter som kommer med dagvattnet.

Längden av svackdiken verkar ha en stor inverkan på reningsgraden. Clar et al (2004) jämför ett dike som är 30 meter långt med ett som är 60 meter (tabell 2). Som synes är reningsgraden mycket högre för alla ämnen utan för den totala fosfor (TP) i diket som är 60 meter. Reningseffekten för den totala fosfor är istället högre i 30-metersdiken vilket bara ytterligare understryker att näringsämnena har en tendens att istället läcka ut om uppehållstiden är för lång. Även reningen av metaller verkar påverkas väldigt mycket av uppehållstiden, eller längden. De verkar ha mer av ett exponentiellt beroende av längden än ett linjärt, även om det naturligtvis inte med säkerhet kan sägas genom att enbart titta på två olika längder (datamängder). Dock stöds denna teori av Bäckström (2002) då han skriver att föroreningskoncentrationerna minskar exponentiellt med just längden.

**Tabell 2: Reningseffekt i % för likartade svackdiken men med olika längd.**

	<b>TSS</b>	<b>TP</b>	<b>Zn</b>	<b>Pb</b>	<b>Cu</b>
<b>30 m</b>	60	45	16	15	2
<b>60 m</b>	83	29	63	67	46

(Källa: Clar et al, 2004, s6-5)

## **5.2 Begränsningar**

Studier visar på att majoriteten av föroreningarna fastnar i det övre jordlagret. Dock beter sig många lösta ämnen, så som bekämpningsmedel och vägsalt, annorlunda och kan i många fall helt obehindrat ta sig ner till grundvattnet. Detta gör att det finns en viss ökad risk för att grundvattnet förorenas vid svackdiken. Detta är något som måste beaktas vid planering och byggnation av dessa (Bäckström, 2002, s8). Clar et al (2004) rekommenderar att man bör ha en infiltrationskapacitet i de övre lagren på minst 38 mm/h för att kunna ta hand om lösta ämnen. Detta kan ju då tyckas gå stick i stäv med Bäckström (2002) enligt vilket denna relativt höga infiltrationskapacitet kan vara en risk för kontaminering av grundvattnet. Även Tchang (2009) påpekar att det inte är lämpligt att anlägga ett svackdike på mark som redan har en hög föroreningshalt då det ökade vattenflödet kan få föroreningarna att lossna och både följa med ner i grundvattnet och följa med ytvattnet längre nedströms, vilket i sin tur kan skapa problem för eventuella efterföljande reningssystem.

Höga koncentrationer av suspenderade partiklar eller andra sedimentterande och olösliga ämnen som oljor kan ställa till problem i diket då de dels kan skada vegetationen genom att täppa till porer i växterna och att de även kan täppa till porerna i marken vilket då påverkar infiltrationen. Detta gör att diket kan få grävas ur och återplanteras för att återställa det (Clar et al, 2004, s6-7).

Ett annat problem med rening i svackdiken, och då speciellt våta svackdiken, är att de verkar vara väldigt bra grogrunder för diverse oönskade bakterier. Förmodligen är det så att bakterierna tycker om den lite varma jorden som finns i dikena. Men det har även lyfts fram att människor ofta rastar sina hundar i det grönområde svackdiket utgör och på så sätt tillsätter både en massa bakterier och de näringsämnen bakterierna gillar. Just våta svackdiken verkar även ha en tendens att ha ett högre utsläpp av löslig fosfor, alltså en högre koncentration av fosfor i utflödet än inflödet. Detta beror troligen på att det just står vatten i diket och att då fosfor får lång tid på sig att lösas i vattnet (Debo et al, 2003, s893).

### **5.2.1 Vinterförhållanden**

Hur påverkas då reningseffektiviteten i svackdiket av vintern och allt vad det innebär med snö och temperaturer under fryspunkten? Enligt Bäckström (2002) som själv har deltagit i ett antal studier om just detta funkar det relativt bra. Under de perioder då temperaturen är under fryspunkten sker det naturligtvis ingen rening men då det heller inte finns något vattenflöde att tala om är detta av mindre betydelse. Det som är intressant är ju hur svackdiket klarar av snösmältningen. En stor del av de lite större partiklar som ackumuleras i snön under vintern följer med största sannolikhet inte med smältvattnet utan blir kvar på marken när snön försvinner. Däremot tar smältvattnet med sig det mesta av de lösta föroreningarna vilket kan resultera i en ganska hög belastning under relativt kort tid. De höga smältvattensflödena kan också vara ett problem när det gäller erosion (Bäckström, 2002, s8, Clar et al, 2004, s6-5).

De positiva effekterna av reningen som vegetationen har är naturligtvis mindre uppenbara på vintern då det till exempel inte sker något näringsupptag alls samt att den döda vegetationen utgör ett mindre motstånd för vattnet och att den är mer känslig för erosion (Bäckström 2002, s8). Studier visar även att mer suspenderade partiklar försvann under den period som gräset växte än under den period då det inte växte (Bäckström, 2002, s9).

### **5.3 Konstruktion och Dimensionering**

Som sagt är vattenhastigheten i svackdiket av avgörande betydelse för reningsprocesserna. Vattenhastigheten skall helst inte överstiga 0.15 m/s för att infiltrationen och sedimentationen ska fungera som de ska. För att hålla sig under denna vattenhastighet bör längdslutningen inte överstiga 2 %, utan att ha andra fördröjande åtgärder. Diket bör inte heller vara kortare än 60 meter för att allt vatten ska hinna infiltrera vid normala flöden (Bäckström, 2002, s7).

#### **5.3.1 Vegetationen**

Även vegetationen i diket kan ha en viss inverkan på reningsprocessen. Faktorer så som grästäthet och gräslängd påverkar till exempel flödeshastigheten, speciellt vid låga flöden, och på så sätt även indirekt infiltration och sedimentation (Bäckström, 2002, s8). Gräslängden kan vara väldigt viktig då gräset fungerar som en borste och kan under rätt förhållanden hjälpa till att filtrera bort till exempel lite större suspenderade partiklar. Om gräset är för kort ger det inte tillräckligt med motstånd och är det för långt har det en tendens att lägga sig ner och då kan vattnet flöda över. Gräset ska optimalt vara mycket styvt och vara ungefär 50 mm över den högsta vattennivån (Clar et al, 2004, s6-7). Valet av gräs har mindre betydelse i ett torrt svackdike, så länge det tål att översvämmas emellanåt, då vattenflödena ska vara relativt små. Dock kan svackdikets geografiska läge ha betydelse för vilket gräs som är lämpligt. Ligger det i till exempel i ett tempererat område och nära i en väg måste ju gräset tåla vägsalt bra osv. (Dennison, 1996, s356).

## 6 Hydrologisk Modellering

---

När en hydrologisk modell ska användas är det viktigt att ha följande i åtanke. Modellen visar INTE verkligheten. Den visar snarare en, av många, tolkningar av verkligheten. Det är alltså möjligt för två olika personer som använder samma modelltyp att få lite olika resultat helt enkelt beroende på att de uppfattar situationen något olika vilket då kan resultera i till exempel att den data de använder skiljer sig. Det är även viktigt att veta att ingen modell visar verkligheten av den enkla anledningen att alla modeller är förenklingar. Naturens processer är helt enkelt för komplicerade för att de i nuläget ska kunna replikeras i en dator (Beven, 2001).

Jämförelser mellan mätningar i verkliga fall och modelleringar har visat att till exempel MIKE SHE ger goda och sunda resultat (MIKE SHE User Manual, 2009).

Det finns en uppsjö av olika typer av modeller. När det gäller hydrologiska modeller finns tre huvudtyper. Dessa är statistiska, konceptuella och fysiskt baserade modeller.

Statistiska modeller är baserade enbart på statistik. Dessa är så kallade black-box-modeller där det matas in data och det kommer ut ett resultat men det säger egentligen ingenting om vad som händer där emellan. Nackdelen med denna typ av modell är att det måste göras en hel del noggranna mätningar av det specifika området som modellen avser. Fördelen är dock att det oftast är relativt lätt och billigt att göra dessa mätningar (Beven, 2001).

Fysiskt baserade modeller försöker efterlikna naturen så mycket som möjligt och använder väldigt komplicerade ekvationer för att försöka uppnå detta. De delar ofta dessutom in de olika komponenterna så som den omättade zonen i mindre delar. Fördelen med fysiskt baserade modeller är att det ofta direkt går att sätta in mätdata i dem. Det är även möjligt att titta på de olika delprocesserna på ett helt annat sätt än i en statistisk modell. Nackdelen är att de snabbt blir väldigt stora och komplicerade att använda, vilket i sin tur leder till att det kan ta väldigt lång tid att räkna igenom (Beven, 2001). MIKE SHE, vilken är modellen som har använts i detta arbete är en fysiskt baserad modelltyp men som kan göras om till en konceptuell modelltyp genom att förenkla de processer som är mindre intressanta i det specifika fallet.

Konceptuella modeller är en blandning mellan fysiskt baserade och empiriskt baserade modeller. De innehåller med andra ord en hel del komplicerade ekvationer men även en hel del förenklingar och empiriska parametrar. De flesta vida antända modeller inom hydrologisk modellering är av denna typ (Beven, 2001).

## 7 MIKE SHE

---

MIKE SHE är ett avancerat och flexibelt beräkningsprogram för hydrologiska modeller. Flexibiliteten ligger i att det i stor mån är möjligt att själv bestämma på vilken nivå beräkningarna skall utföras på. Det är även möjligt att mixa väldigt komplicerade beräkningsmodeller med mindre avancerade beroende på vilken del av modellen och vilken hydrologisk process som fokus ligger på. MIKE SHE ger möjlighet att modellera och simulera alla de större hydrologiska processerna i den hydrologiska cykeln. Detta inkluderar bland annat evapotranspiration, flöde på markytan (ytavrinning), flöden i den omättade- och den mättade zonen, flöden i kanaler och floder samt hur dessa olika delar interagerar med varandra. Givetvis kan även all möjlig indata så som till exempel regn och snösmältning (temperatur) anges i modellen (MIKE SHE User Manual, 2009, s13).

Programmet kan tillämpas inom många olika typer av hydrologiska frågor och modeller och används ofta av både organisationer så som universitet och konsultföretag. MIKE SHE används både som ett analysverktyg och ett planeringsverktyg. Det har även använts för att följa upp redan existerande projekt och anläggningar. Det har dessutom börjat användas mer och mer för miljö- och ekologiska analyser av diverse slag som innehåller yt- eller grundvattenelement. Några exempel på vad MIKE SHE kan användas till är:

- Design och optimering av vattenresurshantering
- Bevattnings och dränering av områden
- Ekologiska utvärderingar vad gäller vatten
- Design av våtmarker
- Inverkan på miljön med hänseende på vatten och mark
- Kontaminering från soptippar
- Inverkan av klimatförändringar

(MIKE SHE User Manual, 2009, s15)

MIKE SHE är ett modelleringsprogram av typen deterministiskt, fysiskt baserat och distribuerat. Det löser med andra ord partiella differentialekvationer som beskriver de olika processerna (MIKE SHE User Manual, 2009, s12). Ett exempel på en ekvation som används av programmet är Darcy's ekvation vilken beskriver flödet i ett mättat, poröst material. Fördelen med en fysisk modell är att alla parametrar kan mätas ute i fält och användas direkt i modellen.

## **7.1 Begränsningar**

Nackdelarna med en fysisk modell är att det behövs en hel del indata för att den ska bli korrekt. Dessa data kan dels vara svår att mäta på ett tillfredsställande sätt och dels kan den kosta ganska mycket i både tid och kronor att få tag i. I och med att modellen lätt blir väldigt komplicerad att lösa krävs också ofta en relativt lång simuleringstid samt ganska kraftiga datorer. Just denna komplexitet kan även ställa till det om området som simuleras är för stort. För att få ner simuleringstiden till en acceptabel nivå används då större beräkningsrutor (grid) vilket i sin tur leder till att beräkningarna blir mindre noggranna. Därför kan det vara praktiskt att använda en mindre avancerad beräkningsprocess då det är möjligt. Det går som tur är att använda en mix av rena fysiska beräkningar och lite mindre avancerade beräkningar i MIKE SHE. Problemet är dock att detta kan göra att parametrarna inte längre fungerar som de ska i en fysisk modell utan att de måste kalibreras innan ett korrekt resultat kan erhållas (MIKE SHE User Manual, 2009, s17).

Det finns inga begränsningar för hur stort område som kan modelleras i MIKE SHE men praktiskt begränsas det naturligtvis av den datorkapacitet som finns tillgänglig. Ju större och mer komplex en modell är desto längre är simuleringstiden (MIKE SHE User Manual, 2009, s20).

## **7.2 Kompatibilitet med andra program**

MIKE SHE kan även kopplas ihop med beräkningsprogrammet MOUSE vilket bland annat hanterar och simulerar avlopps- och dräneringssystem (MIKE SHE User Manual, 2009, s14).

## 8 Modellering av torrt Svackdike

---

### 8.1 Uppbyggnad av modellen

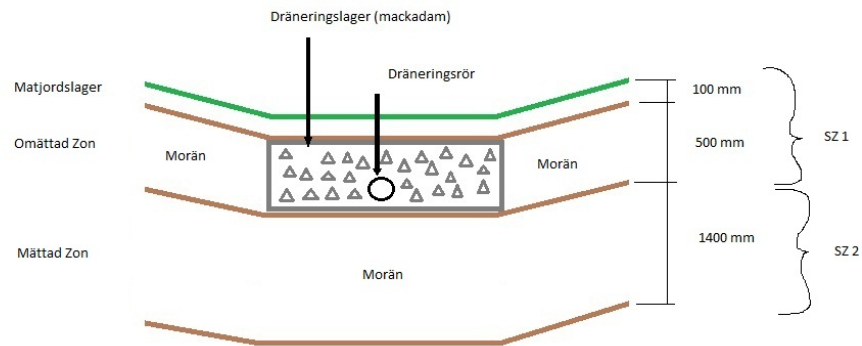
Grundmodellen som används har följande dimensioner:

Bredd: Total bredd är 3.5 m  
Bottenbredd: 1.5 m  
Längd: 60 m  
Släntlutning: 1:10  
Längd lutning: 0.5 %  
Bottennivå: ca 0.5 m över säsongshögsta grundvattennivån

Dessa dimensioner är baserade på rekommendationer från litteraturstudien. Grundmodellen och då även ”Fall 1: Grundfallet” är alltså inte baserat på något verkligt fall utan är helt fiktivt.

Grundmodellen är av typen torrt svackdike med dräneringslager och dräneringsrör. Överst ligger ett 0.1 m tjockt lager med lätt sandblandad matjord där det växer gräs liknande det som finns på gräsmattor. Under detta ligger ett lager med sandig morän som ska representera den redan existerande geologin i området. Under botten på svackdiket ligger ett 0.5 m tjockt dränerande lager bestående av makadam med dimensionen 11/16. Längst ner i detta dränerande lager ligger dessutom ett dräneringsrör. Dräneringsröret är av typen perforerat PVC-rör (plast) (Extena, 2009). Röret har en hålarea på  $50 \text{ cm}^2/\text{m}$  och en diameter på 110 mm. Figur 4 visar ett tvärsnitt av svackdikets uppbyggnad. SZ 1 och SZ 2 representerar de två olika mättade zoner där det kan ske ett utflöde (se vattenbalanserna i bilaga 1). SZ 2 omfattar den ”normala” eller ursprungliga mättade zonen medan SZ 1 representerar den mättade zon som skapas då grundvattnet stiger och omvandlar den omättade zonen till en mättad.

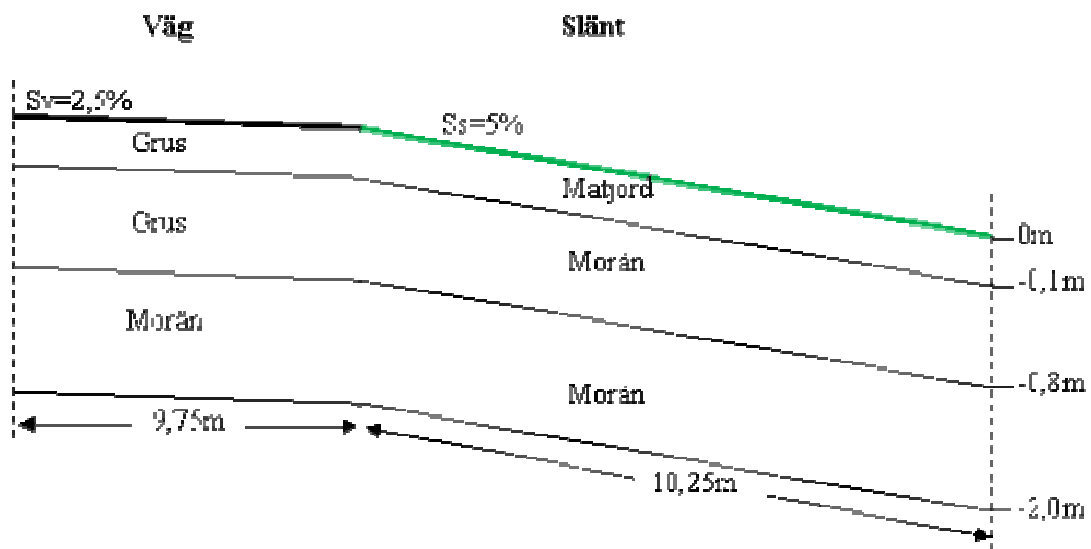




**Figur 4: Principskiss över svackdikets uppbyggnad. Observera att SZ 1 enbart existerar då grundvattnet stiger upp i den omättade zonen och på så sätt gör delar av dräneringslagret till en mättad zon. Storleken på zonerna är alltså inte helt fasta.**

### 8.1.1 Avrinningsområde

Det är enbart svackdiket som är modellerat och simulerat i denna modell. Dock används en asfalterad väg och en gräsbelagd översilningsyta som avrinningsområde. Dessa är simulerade separat i ett annat examensarbete gjort av Malena Valtersson (Valtersson, 2010). I figur 5 visas en principskiss av detta avrinningsområde. De resultat som genererades av simuleringen av vägen och översilningsytan implementerades sedan i den modell som använts här genom att använda dem som inflöden.



**Figur 5: Principskiss av avrinningsområdet (Valtersson, 2010)**

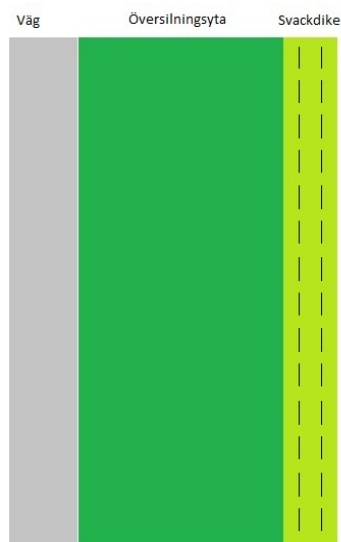
### 8.1.2 Sammansättning av systemen samt Randvillkor

Figur 6 och 7 visar hur avrinningsområdet, vilket består av en asfalterad väg och en gräsbeklädd översilningsyta, och svackdiket hänger ihop.

I den gräns där översilningsytan och svackdiket möts kan det strömma vatten åt båda hållen, alltså både in och ut från svackdiket. Här sker även det inflöde till den mättade zonen som kommer från avrinningsområdet. Samma randvillkor finns i den nedre änden av svackdiket där utflödet finns. Den gräns som finns längst upp i svackdiket är helt tät. Inget vatten kan alltså passera där. Det samma gäller gränsen som ligger längst till höger i figur 7.



Figur 6: Principskiss (tvärsnitt) över hur avrinningsområdet hänger ihop med svackdiket.



Figur 7: Principskiss (ovanifrån) över hur avrinningsområdet hänger ihop med svackdiket. Vattnet rinner nedåt i bilden.

## **8.2 Modellen i MIKE SHE**

I programmet MIKE SHE finns möjlighet att mata in och klassificera många olika typer av indata. Följande är en yttlig genomgång av denna process för att ge en överblick av vilka olika parametrar och värden som har använts i modellen och beräkningarna. Observera dock att detta enbart är applicerbart på grundmodellen. När olika parametrar ändras för att göra känslighetsanalysen förändras även delar av indatan.

### **8.2.1 Simulerings-specifikationer (Simulation Specification)**

Här anges bland annat simuleringsperioden vilken är vald till ett år. Mer precist är simuleringsperioden mellan kl 00:00 2003-01-01 och kl 00:00 2004-01-01. Att simuleringsperioden är vald till ett år är för att få med alla årstidernas specifika inverkan på systemet vad gäller nederbörd och dylikt. Att det är just perioden 2003 till 2004 beror främst på att nederbördsdata fanns lätt tillgänglig under den tiden.

Här anges även många av de parametrar som styr hur simuleringen ska genomföras. Bland annat är tidssteget 0.1 timmar (6 min) angivet för alla beräkningar utan för den mättade zonen där tidssteget 0.4 timmar (24 min) används istället.

För att få en mer korrekt simulering har en så kallad "hot start" använts. Detta innebär att två simuleringar görs på varje fall, men att det enbart är den sista som används som resultat för analysen. I den andra simuleringen används den förstas resultat som startvärde för att få en bättre och mer realistisk simulering.

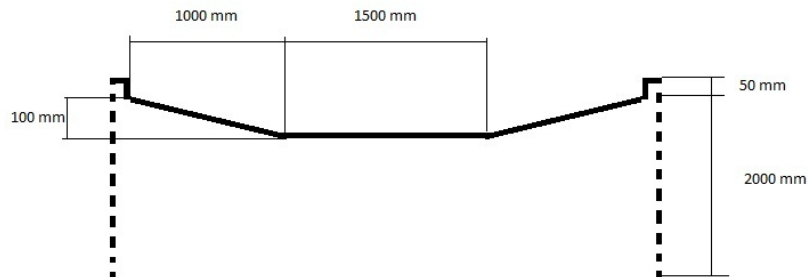
### **8.2.2 Modelldomän (Model Domain and Grid)**

I modelldomänen definieras hur beräkningsområdet ska se ut. I grundfallet (och de flesta fall) utgörs detta område av en rektangel med måtten 60 x 4.5 meter. Det är även i modelldomänen antalet beräkningspunkter bestäms. I detta fall är varje beräkningsruta 0.25 x 0.25 meter.

### **8.2.3 Topografi (Topography)**

Under topografi anges hur modellens yta ser ut. I detta fall är det ett 0.1 meter djupt dike som löper i mitten av modellen med dimensionerna som angetts i avsnittet "Modellering av torrt svackdike". Topografien används sedan av programmet för att beräkna flödesriktningar och flödes hastigheter. Alla de parametrar som anges nere i marken är också angivna i relation till denna markyta. En vall som är 5 centimeter hög har konstruerats på båda långsidorna. Detta är för att det inte ska rinna ut något vatten där då diket antas ligga på lägsta punkten avrinningsområdet. Samma effekt går att få genom att använda en speciell funktion i MIKE SHE som heter "Specific flow areas" men då det var svårt att få det att fungera korrekt fungerade det bättre att skapa vallarna. En snittskiss

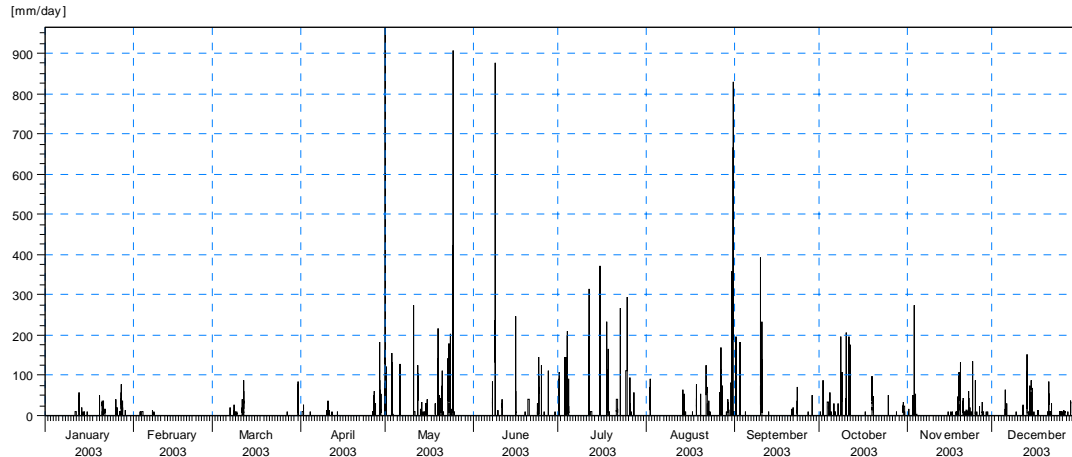
av topografin som visar detta finns i figur 8. De streckade linjerna ingår inte i topografin utan illustrerar systemets gränser.



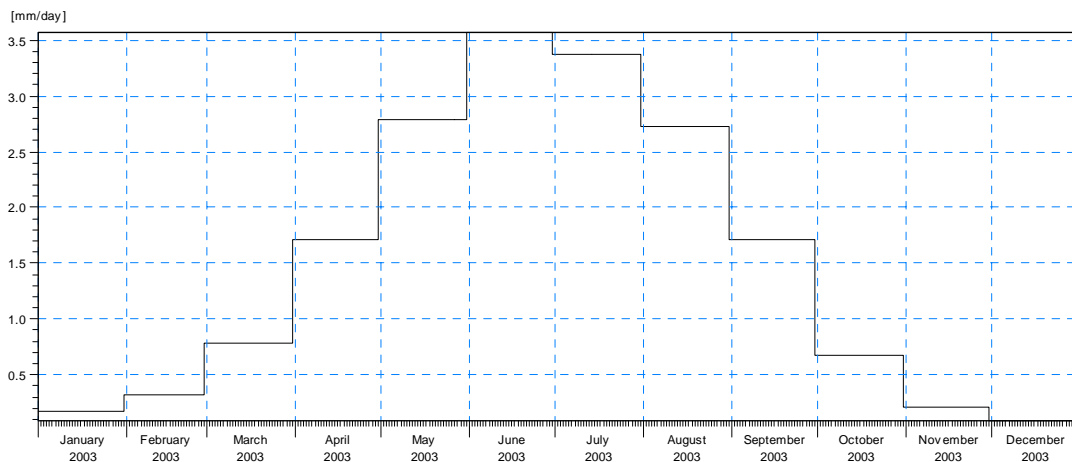
**Figur 8: Snitt av topografin i Fall 1: Grundfallet. Visar hur en 5 cm hög vall finns på båda sidor för att hindra vattnet från att ta sig ut den vägen.**

#### 8.2.4 Klimat (Climate)

I klimatdelen anges nederbörden och evapotranspirationen för modellområdet. I denna modell är evapotranspirationen jämt fördelad över hela området medan nederbörden är uppdelad i två olika områden. Ingen av dem är dock jämt fördelade över tiden vilket resulterar i att grafer skapas från uppmätt nederbörds- och evapotranspirationsdata. I figur 9 visas hur nederbörden för majoriteten av området förändras över året angett i mm/dygn och i figur 10 hur förändringen av evapotranspirationen ser ut i mm/dygn. Programmet använder dock en nederbördsintensitet med noggrannheten mm/h för alla beräkningar. Nederbördsdatan för 2003 – 2004 valdes då detta år varken är speciellt torrt eller blött. Både nederbörden och evapotranspirationen är uppmätt i Helsingborgstrakten men då denna modell är helt generisk har det mindre betydelse.



**Figur 9: Nederbördsintensitet i mm/dygn under simuleringsperioden 2003-2004 (från DHI:s interna arkiv).**



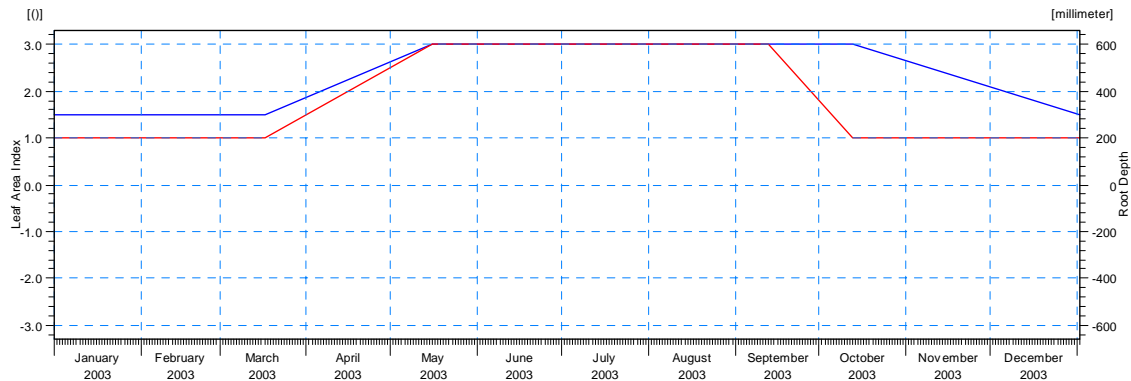
**Figur 10: Evapotranspirationen i mm/dygn under simuleringsperioden 2003 – 2004 (Eriksson, 1981).**

Nederbörden är uppdelad i två olika områden med något olika data. Över större delen av ytan faller det regn som visas i figur 9, vilken är den normala nederbörden. Ytavrinningen från avrinningsområdet går inte att direkt föra in i svackdikets modell som ett flöde. Därför har det gjorts om till ett regn vilket faller på en smal linje längs med svackdikets vänstra kant. Över detta lilla område faller alltså det skapade regnet plus den normala nederbörden.

Evapotranspirationsdata är tagen från "Den potentiella evapotranspirationen i Sverige" av Eriksson, 1998 men är något modifierad. I och med att denna data är för granskog har den multiplicerats med 0.9 då områden som domineras av gräsytor har en något mindre evapotranspiration. Just denna modifiering kommer ifrån erfarenheter av Lars-Göran Gustavsson på DHI. Regndatan är helt omodifierad och är tagen ifrån DHI:s interna arkiv.

### 8.2.5 Landanvändning (Land Use)

Under denna förgrening anges vad för sorts vegetation (om någon) som finns på modellens yta. Detta har sedan betydelse för hur mycket vatten som transpireras, tas upp och släpps ut i atmosfären, av växterna. I detta fall är hela modellområdet täckt av en gräsmatta. Data för gräsmattan har fåtts av DHI:s redan existerande databas. I figur 11 ses Lövarea Index och Rotdjup vilka sedan styr transpirationen. Växterna är som förväntat mycket mindre aktiva under vinterhalvåret för att sedan gå upp och sätta igång på allvar när växterna lever och frodas under sommarhalvåret.



Figur 11: Data för en gräsmatta vilken transpirationen är baserad på. Visar Lövarea Index (blå, övre) och rottdjup i mm (röd, undre).

### 8.2.6 Ytavrinning (Overland Flow)

Här behandlas de parametrar som har med det vatten som rinner på ytan att göra.

Mannings tal, vilket styr kanalföden, är satt till  $10 \frac{1}{5}$  (VVMB 130, 2004). Ytvattenlagringen (detention storage) vilket är det vattendjup på ytan som måste uppnås innan det börjar flöda eller med andra ord ytans guppighet är satt till 2 mm (Larm, 2000, s55) och det initiala vattendjupet är 0 meter då det inte ska vara något vatten i diket från början, detta kan dock även styras av den "hot start" som görs.

Viktigt att påpeka är att Mannings tal (M) inte är samma sak som Mannings skrovlighetskoefficient (n). Mannings tal är nämligen omvänt proportionell mot Mannings skrovlighetskoefficient. Förhållandet kan ses i ekvation 2.

$$M = \frac{1}{n}$$

Ekvation 1: Förhållandet mellan Mannings tal (M) och Mannings skrovlighetskoefficient (n)

### 8.2.7 Omättade zonen (Unsaturated Flow)

Den omättade zonen är den del av marken som inte är vattenmättad. Denna zon delas upp i två olika delar, dikesslätten och dikesbotten. Detta görs för att geologin under dessa ser

lite olika ut. Under dikesslätten finns ett tunt lager med matjord och under det ligger det bara en sandig morän. Även under dikesbotten ligger det ett tunt matjordslager men under det finns ett dränerande lager på en halv meter bestående av makadam som sedan följs av samma sandiga morän som under dikesslätten. De olika jord- och stensorterna samt deras egenskaper har tagits från DHI:s redan existerande databaser samt ytterligare källor vilka anges i avsnittet "Mättade zonen".

Då det händer ganska mycket precis i den övre delen av den omättade zonen är beräkningscellerna mindre i vertikalled där för att få en ökad upplösning. Denna upplösning kan själv bestämmas och är i samtliga fall enligt tabell 3.

**Tabell 3: Beräkningcellsupplösning i den omättade zonen.**

Från djup (m)	Till djup (m)	Cellhöjd (m)	Antal celler
0	0,1	0,01	10
0,1	0,3	0,02	10
0,3	0,8	0,05	10
0,8	2	0,2	6

Efter inledande simuleringar sågs att det tar väldigt lång tid, upp till 10 timmar, att beräkna samtliga beräkningceller. Därför används istället en förenkling av simuleringarna genom att använda den så kallad "specified classification". Detta betyder att beräkningsområdet har delats in i områden som liknar varandra i förutsättningarna och sedan beräknar dessa som en klump. Detta minskar antalet beräkningar markant och får även ner beräkningstiden till mellan 1,5 och 2 timmar beroende på förutsättningarna i fallet som simuleras.

Den ekvation som används för att beräkna vattnets rörelser i den omättade zonen är Richards ekvation vilken beskrivs i ekvation 3. Denna ekvation gör det bland annat möjligt att beräkna vattenflöden mot gravitationens riktning vilket kan vara viktigt för att få en korrekt vattenbalans (MIKE SHE User Manual, 2009).

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left( K(\theta) \frac{\partial \psi}{\partial z} \right) + \frac{\partial K(\theta)}{\partial z} - S(z)$$

**Ekvation 2: Richards ekvation vilken beskriver vattnets rörelser i den omättade zonen.**

- $\theta$  Vattenhalt
- $K(\theta)$  Omättad hydraulisk konduktivitet
- $S(z)$  Rotupptag, sänka
- $\psi$  Tryck höjd

### **8.2.8 Mättade zonen (Saturated Zone)**

Den mättade zonen är den del av modellen som är vattenmättad. Hur stor denna del är, och då även indirekt hur stor den omättade zonen är, varierar beroende på hur mycket vatten som finns i modellen vid varje given tidpunkt. I detta fall är den mättade zonen uppdelad i två delar, den övre (SZ 1) och den undre (SZ 2). Den undre delen består av sandig morän och utgör även botten på modellen. Den övre mättade zonen skapas enbart då delar av den omättade zonen blir vattenmättad och har således samma uppbyggnad som det område som den ersätter. Även dräneringslagret är definierat här som en geologisk lins bestående av makadam.



De olika delarna/jord- och stensorterna har följande egenskaper:

### Hydraulisk konduktivitet

Sandig morän	$1 * 10^{-6}$ m/s	(Svensson, 2001, s71)
Sandblandad matjord	$7 * 10^{-6}$ m/s	(Egen uppskattning)
Makadam 11/16	$1.3 * 10^{-3}$ m/s	(Johansson, 2009)

Den hydrauliska konduktiviteten för makadam beräknas genom ekvation 4 (Johansson, 2009).

$$K = 5 * D^2$$

**Ekvation 3: Ekvation för beräkning av hydrauliska konduktiviteten hos makadam.**

K     Hydrauliska konduktiviteten (m/s)

D     Kornstorleken (meter)

### Specific Yield

(även kallat vattenavrinningstal och är lika med den effektiva porositeten)

Sandig morän	15 %	(Walton, 1991, s414)
Matjord	20 %	(Egen uppskattning)
Grus	23 %	(Walton, 1991, s414)

Egenskaperna hydrauliska konduktivitet och specific yield för matjord är egna uppskattningar baserade på en blandning av data ur DHI:s arkiv.

### Specific Storage

(även kallad specifik magasineringskoefficient)

Denna koefficient är satt till  $0.0001 \text{ m}^{-1}$  (Fetter, 2001, s101)

I den mättade zonen anges även den initiala grundvattennivån. I detta fall har den satts till 0.5 meter under markytan men kan ändras vid en ”hot start”.

Gränserna runt om modellen har angetts så att det inte sker något flöde vid den övre och den högra gränsen på grund av att dessa utgör högsta punkterna. Vid den vänstra gränsen sker ett inflöde som kommer från avrinningsområdet, vilket utgörs av den väg och översilningsyta som Malena Valtersson tidigare har simulerat i MIKE SHE. Vid den undre gränsen, som ligger lägst i modellen, flödar vattnet fritt för att det ska fungera som ett utlopp/brunn.

I den mättade zonen är det Boussinesq ekvation som styr vattenflödet. Denna ekvation presenteras under ekvation 5.

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) - Q = S \frac{\partial h}{\partial t}$$

**Ekvation 4: Boussinesq ekvation vilken styr vattenflödet i den mättade zonen**

$K_{xx}, K_{yy}, K_{zz}$	Hydraulisk konduktivitet längs axlarna x, y och z.
Q	Vattenföring per volymenhet för källor och sänkor
h	Tryckhöjd
S	Specifik magasinskoefficient för materialet

## 8.2.9 Extraparametrar (Extra Parameters)

Här anges kopplingen mellan MIKE SHE och MOUSE.

### 8.2.10 MOUSE / Dräneringsröret

Dräneringsröret modelleras separat i programmet MOUSE och kopplas sedan till MIKE SHE när simuleringen sker. Röret som har simuleras är ett perforerat PVC-rör (plaströr) som har en hålarea på 50 cm<sup>2</sup>/m och har en diameter på 110 mm (Extena, 2009).

För att beräkna infiltrationskapaciteten för röret användes "Orifice flow equation" vilken presenteras i ekvation 6.

$$Q = \frac{C \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}}{\varphi}$$

Ekvation 5: "Orifice flow equation" vilken beräknar infiltrationskapaciteten för dräneringsröret

Q	Flödet (m <sup>3</sup> /s/m)
C	Öppningskoefficient = 0.6
A	Hålarean (m <sup>2</sup> /m)
h	Maximala vattennivån över röret (m)
$\varphi$	Blockeringsfaktor (ofta ungefär 2)

(Chrispijn, 2005)

I detta fall är C = 0.6,  $\varphi = 2$ , g = 9.81, h = 0.6 m, A = 0.005 m<sup>2</sup> Alltså blir dräneringsrörets infiltrationskapacitet:

$$Q = \frac{0.6 \cdot 0.005 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot 0.6}}{2} = 0.005 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

Röret följer MIKE SHE modellens lutning på 0.5% och botten av röret ligger på 0.5 meters djup.

## 9 Känslighetsanalys av parametrar

Själva känslighetsanalysen har gått till så att en parameter i taget har ändrats från grundfallet. Detta gör att det går att jämföra hur mycket denna parameter påverkar hela systemet.

Känslighetsanalysen delas upp i ett antal fall, vart och ett med en parameter ändrad från grundfallet. Exempel på olika parametrar är längdslutning och jordegenskaper. De fall som studerats i känslighetsanalysen kan ses i tabell 4. I de flesta fall har varje parameter ändrats med 150 % respektive 50 % för att det ska vara lätt att jämföra vilken inverkan de har relativt både grundfallet och varandra.

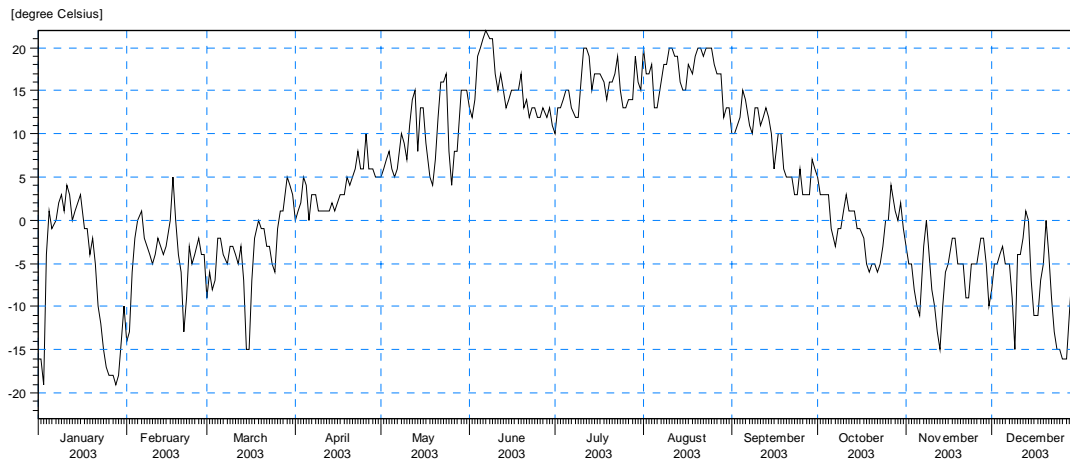
Fall 8 – 10 vilka simulerar extremregn och snösmältning är grundfallet men med olika meteorologi. I Fall 25 har avrinningsrådet helt tagits bort. Detta betyder att det inte finns något inflöde varken på ytan eller i den mättade zonen.

**Tabell 4: Visar Fall 1 – 25 samt vilken parameter som är ändrad i respektive fall. Grundfallet finns beskrivet under rubriken ”Modellering av torrt svackdike”.**

Fall	Parameter	Grundvärde
Fall 1	Grundfallet	
Fall 2	Utan dräneringsrör	
Fall 3	Dräneringsrör med diameter 165 mm	110 mm
Fall 4	Dräneringsrör med diameter 55 mm	110 mm
Fall 5	Utan dräneringslager	
Fall 6	Ingen växtlighet och inget matjordslager	Gräs
Fall 7	Annan växtlighet (Äng)	Gräs
Fall 8	Snölagring och snösmältning	
Fall 9	Max-regn (medelvärde av 10 olika max-regn under 10 år)	
Fall 10	Min-regn (medelvärde av 10 olika min-regn under 10 år)	
Fall 11	Bottenbredd 2.25 m	1.5 m
Fall 12	Bottenbredd 0.75 m	1.5 m
Fall 13	Längdslutning 0.75 %	0.5 %
Fall 14	Längdslutning 0.25 %	0.5 %
Fall 15	Släntlutning 0.15 %	0.10 %
Fall 16	Släntlutning 0.05 %	0.10 %
Fall 17	Mer genomsläpplig geologi (Sand)	Morän
Fall 18	Mindre genomsläpplig geologi (Lera)	Morän
Fall 19	Utan både dräneringsrör och dräneringslager	
Fall 20	Mannings tal M = 15	M = 10
Fall 21	Mannings tal M = 5	M = 10
Fall 22	Detention Storage 1 mm	2 mm
Fall 23	Detention Storage 3 mm	2 mm

<b>Fall 24</b>	Med en kupolbrunn i utloppet
<b>Fall 25</b>	Utän avrinningsområde

I Fall 8 har en temperaturkurva använts för att simulera snösmältning. Denna kurva är baserad på verklig men modifierad och approximerad för att passa ett generiskt år. Det har dock mindre betydelse var och när denna temperatur kommer ifrån då det ändå behandlas som ett påhittat år. Temperaturkurvan redovisas i figur 12.



**Figur 12: Generisk temperaturkurvan som används i Fall 8 för att simulera snösmältning.**

Rådatan vid varje simulering har sedan gjorts om till vattenbalanser. Vattenbalanserna har skapats genom att använda "waterbalance tool" som ingår i MIKE SHE. Varje vattenbalans redovisas var för sig i figurer vilka presenteras i bilaga 1.

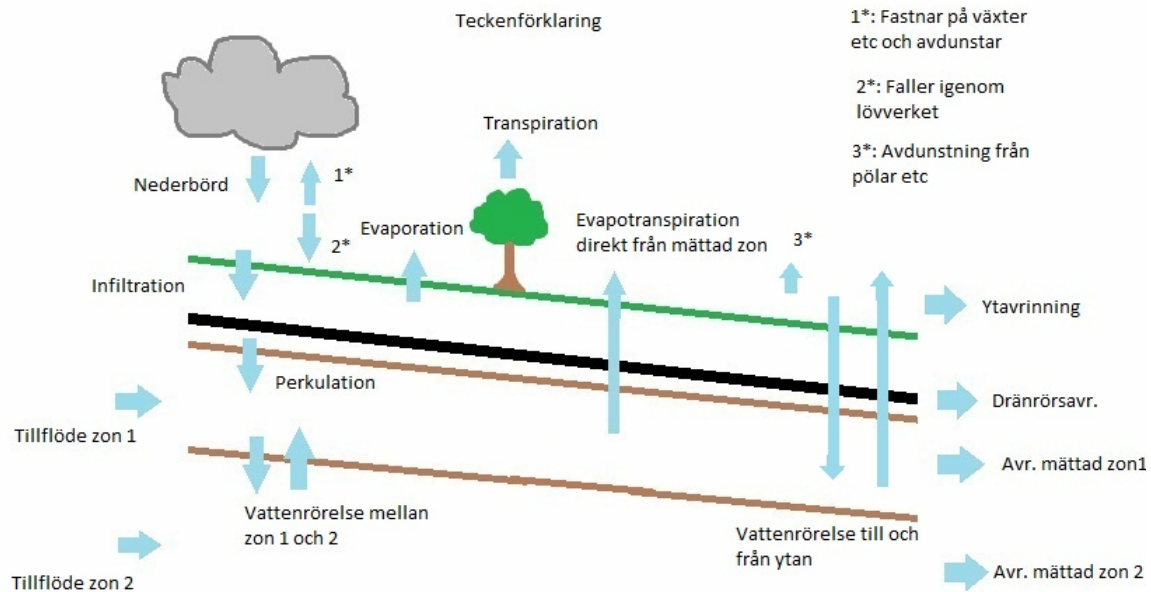
## **9.1 Resultat av Fall 1: Grundfallet**

Här nedan presenteras resultaten för grundfallet för att lättare ge en inblick av hur resultaten har tagits fram och för att visa på vissa av det torra svackdikets mer allmänna funktioner. Liknande resultat har tagits fram för samtliga Fall men redovisas inte i samma detalj som Fall 1.

### **9.1.1 Vattenbalanser**

För varje simuleringsfall har en vattenbalans skapats för att lättare kunna se hur vattnet rör sig inne i systemet under olika förutsättningar. Vattenbalansen är i stort sett baserad på den hydrologiska cykeln med poster som nederbörd, infiltration och evaporation. Dock finns även ett antal poster som även beskriver till exempel hur vattnet rör sig mellan de olika zonerna vilka kanske inte är typsikt för just den hydrologiska cykeln. Allt vatten som kommer in i systemet måste om allt stämmer även antingen ta sig ut ur det eller lagras i marken. I vattenbalanserna som skapades låg felet mellan 0,0001 och 0,1 mm/år vilket är mycket litet. Dock kan vissa fel finnas i de vattenbalanser som redovisas då de är avrundade till närmsta heltal för att göra det lättare att avläsa. Detta gör även att vissa extremt små poster inte redovisas trots att de inte riktigt är noll.

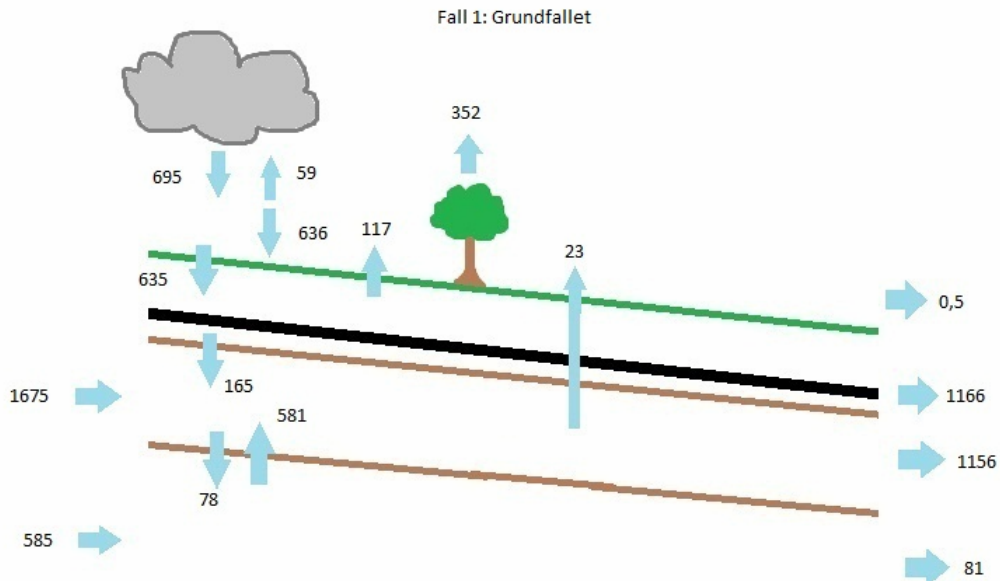
I figur 13 finns en teckenförklaring för vattenbalansen. Dränrörsavrinningen är det vatten som tar sig ut genom dräneringsröret. Evapotranspirationen direkt från den mättade zonen består till största delen av sådant vatten som växterna tar upp genom rotsystemet och vattenrörelsepilarna direkt från den övre mättade zonen till ytan representerar först och främst att grundvattennivån stiger till ytan och att det på så sätt tränger upp vatten ur marken. Observera att det inte finns någon avrinning direkt från den omättade zonen. Detta beror på att den avrinning som eventuellt sker i denna zon istället sker i den övre mättade zonen då denna tar över den omättade zonen då grundvattnet stiger.



**Figur 13: Teckenförklaring för vattenbalanserna. Alla enheter i alla vattenbalanser är i mm/år.**

Vattenbalansen för Fall 1: Grundfallet kan ses i figur 14. Den totala nederbörden är 695 mm/år men enbart 636 mm/år når marken då en del fastnar på vegetationen och avdunstar (evaporeras) direkt. Av det som når marken infiltrerar i princip allt ner i marken. Enbart en mycket liten del rinner av på ytan (0,5 mm/år) eller avdunstar på annat sätt. Dock försvinner en hel del av vattnet upp i atmosfären igen genom evapotranspiration. Mer än hälften (352 mm/år) försvinner genom vegetationens transpiration och en hel del (117 mm/år) evaporeras från marken. Endast 165 mm/år perkolerar längre ner i marken till en mättade zonen. Den mättade zonen fylls dock på med en väldigt stor mängd vatten ( totalt 2260 mm/år) från avrinningsområdet (översilningsytan). Denna stora volym rinner dock nästan rakt igenom antingen i den mättade zonen eller rinner ut genom dräneringsröret. I och med att det inte sker någon pölbildning att tala om i Fall 1 finns inte heller den posten med i vattenbalansen . Det samma gäller vattenrörelser direkt från den mättade zonen till ytan då grundvattnet inte stiger så högt. Den största avrinningen sker i dräneringsröret med den övre mättade zonen som tät tvåa. Att avrinningen är så pass mycket större i den övre mättade zonen än i den undre mättade zonen kan lättast förklaras med att den övre mättade zonen inkluderar dräneringslagret.

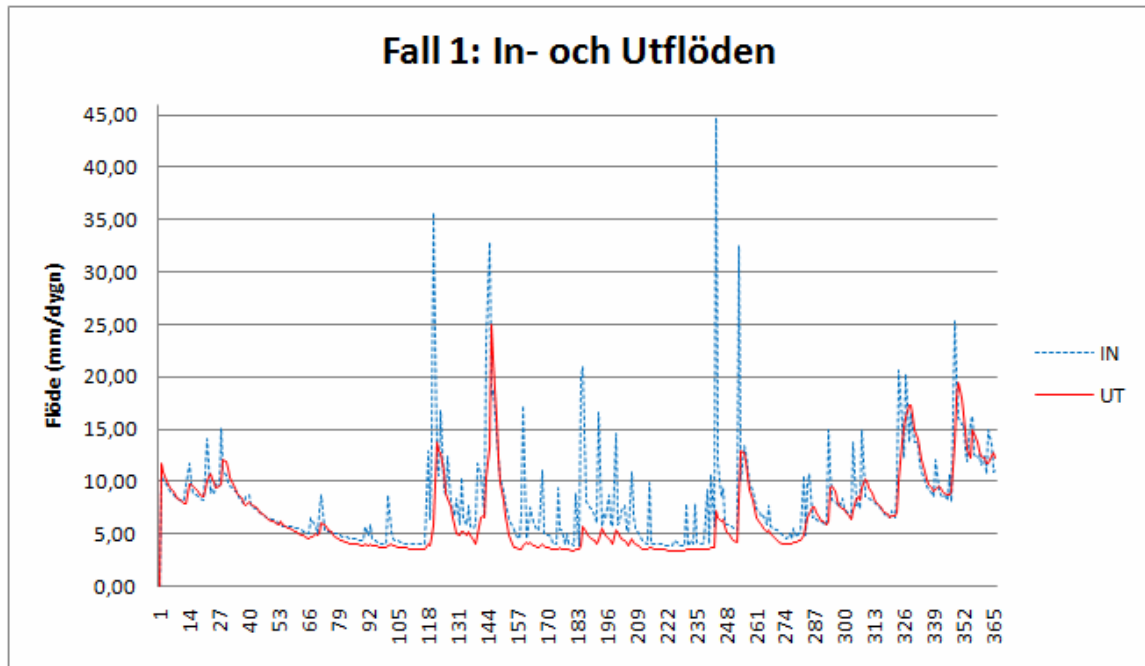
Vattenbalanserna för de övriga fallen ser naturligtvis i de flesta fallen något annorlunda ut i förhållande till den som beskrivs här. Vattenbalanser för de Fall som ingår i känslighetsanalysen finns i bilaga 1.



Figur 14: Vattenbalansen för Fall 1: Grundfallet. Alla enheter är i mm/år.

### 9.1.2 Vattenföring över året

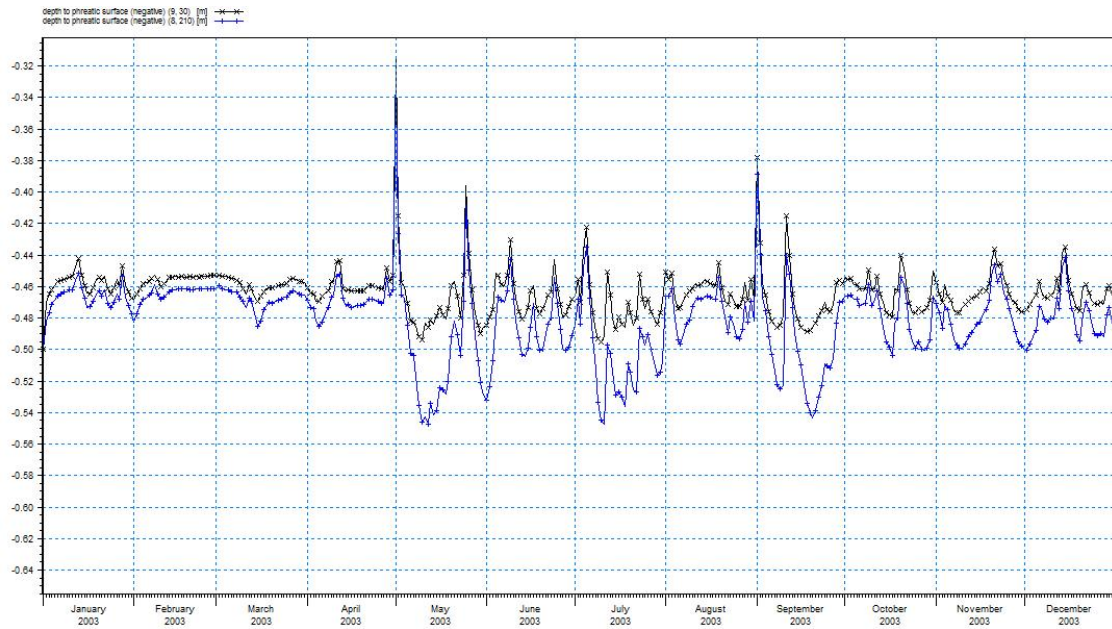
Det kan även vara intressant att titta på hur vattenflödena betar sig över året. Detta illustreras lättast genom att plotta in- och utflödena i samma graf. I figur 15 visas hur in- och utflödena varierar under ett år för Fall 1: Grundfallet. Den heldragna röda linjen representerar det totala utflödet i mm/dygn och den streckade blå linjen visar det totala inflödet, alltså nederbörden samt inflöde till den mättade zonen, i mm/dygn. Jämförs de båda linjerna upptäcks att utflödet till större delen följer inflödet men att den hela tiden ligger både något under (lägre amplitud) och i många fall även är något förskjuten (framåt) i tiden i förhållande till inflödet.



**Figur 15: In- och utflöden för Fall 1: Grundfallet i mm/dygn under ett år med början i januari 2003. Blå streckade linjen representerar inflödet och den röda heldragna linjen representerar utflödet. Utflödet har både mindre amplitud och är förskjutet åt höger.**

### 9.1.3 Grundvattennivå

I och med att det ska vara ett torrt svackdike är det viktigt att se till att det inte står vatten under några längre tider i diket. En stor orsak till att vatten samlas i diken är att grundvattnet inte rinner undan fort nog och således stiger upp över botten på diket och på så sätt skapar en vattenyta. För att se så att detta inte sker i grundfallet plottas grundvattnets avstånd till dikesbotten i figur 16. Mätpunkter har tagits från den övre änden (uppströms) och den nedre änden (nedströms) av diket. Den blå undre kurvan representerar den övre mätpunkten och den svarta övre representerar den undre mätpunkten. Som kommer inte grundvattnet inte närmare än 0,32 m från ytan i någon punkt eller tidpunkt. Det går också att se att grundvattnet för det mesta håller sig runt det värde (0,5 m) som grundvattennivån sattes till från början.



**Figur 16: Visar grundvattennivåns avstånd till ytan för en mätpunkt uppströms (blå) och en nedströms (svart) för Fall 1: Grundfallet.**



## **9.2 Resultat av känslighetsanalys av parametrar**

I tabell 5 är resultaten av simuleringarna av Fall 1 till 25 presenterade. Avrinningen (alltså det vattenflöde som kommer ut ur modellen) är uppdelade i fyra huvuddelar baserade på de olika lagren i modellen samt dräneringsröret. Dessa är ytavrinning vilket syftar på allt det vatten som rinner ut på ytan, det övre lagret i den mättade zonen (layer-1) vilket egentligen är den delen av den omättade zonen som blir mättad under simuleringens gång, det undre lagret i den mättade zonen (layer-2) vilken är den egentliga ursprungliga mättade zonen samt dräneringsröret. Observera att det inte finns någon egentlig avrinning i den omättade zonen då detta vatten rinner rakt ner i den mättade zonen. Det är även värt att notera att den mättade zonen flyttar sig antingen uppåt eller nedåt då antingen vatten tillsätts eller dras ifrån. Detta gör att dräneringsröret ibland ligger i den omättade zonen och ibland i den övre mättade zonen. Det finns även en kolumn som visar den totala avrinningen i  $m^3$  och en ( $Q_{peak_{out}}$ ) vilken visar det största utflödet för varje fall i  $m^3/dygn$ .

Vidare är varje huvudgrupp i tabell 5 indelad i ytterligare två resultatdelar. Kolumnen "Volym ( $m^3$ )" visar mängden vatten i  $m^3$  som rinner ut ur systemet för varje utloppspunkt. Den andra delkolumnen "%" visar på hur många procent av den totala avrinningen som flödar ut i respektive utflödespunkt.

Observera att procentandelen i varje fall totalt kan bli över 100 %. Detta beror på avrundningar då enbart hela procent redovisas. Detta gör även att trots att till exempel ytavrinningen i de flesta fall visar på 0 % rinner en liten volym ut där.

**Tabell 5: Resultat för simuleringarna av Fall 1 till 25. Visar den avrinning som sker över ytan, i dräneringsröret och i de två olika mättade lagren. Resultaten visas i m<sup>3</sup>/år samt procentandel av den totala avrinningen. Observera att arean är större respektive mindre i Fall 11 och 12. Q<sub>peak,out</sub> är det största utflödet uttryckt i m<sup>3</sup>/dygn för respektive Fall.**

	Ytavrinning		SZ Layer 1- avrinning		Dräneringsrörsavr.		SZ Layer 2- avrinning		Total Volym (m <sup>3</sup> )	Q <sub>peak,out</sub> (m <sup>3</sup> /dygn)
	volym (m <sup>3</sup> )	%	volym (m <sup>3</sup> )	%	volym (m <sup>3</sup> )	%	volym (m <sup>3</sup> )	%		
<b>Grundfallet</b>										
Fall 1	0	0%	273	50%	255	47%	19	4%	547	4.7
<b>Dränlager / Rör</b>										
Fall 2: Utan Dränrör	2	1%	392	94%	0	0%	23	5%	417	2.7
Fall 5: Utan Dränlager	2	1%	9	3%	239	89%	20	7%	270	3.4
Fall 19: Utan dränlager och dränrör	121	45%	97	36%	0	0%	50	19%	268	9.3
<b>Dränrör</b>										
Fall 3: Rördiameter 165 mm	0	0%	270	49%	263	48%	19	3%	552	4.5
Fall 4: Rördiameter 55 mm	0	0%	279	51%	246	45%	19	4%	544	4.5
<b>Växtlighet</b>										
Fall 6: Ingen växtlighet eller matjord	0	0%	273	50%	255	47%	19	4%	547	5.0
Fall 7: Annan växtlighet (Ång)	0	0%	273	50%	258	47%	19	4%	550	4.7
<b>Meteorologi</b>										
Fall 8: Snösmältning	0	0%	274	50%	260	47%	19	3%	553	4.7
Fall 9: Max-regn	2	0%	278	42%	357	54%	20	3%	657	7.5
Fall 10: Min-regn	0	0%	270	59%	167	37%	19	4%	456	3.2
<b>Bottenbredd</b>										
Fall 11: 2.25 m	0	0%	353	58%	252	41%	7	1%	612	4.8
Fall 12: 0.75 m	0	0%	154	36%	259	60%	19	4%	432	3.2
<b>Längdslutning</b>										
Fall 13: 0.75 %	0	0%	280	51%	241	44%	24	4%	545	4.1
Fall 14: 0.25 %	0	0%	266	48%	268	49%	17	3%	551	4.7
<b>Släntlutning</b>										
Fall 15 : 0.15 %	0	0%	445	66%	204	30%	22	3%	671	5.1
Fall 16: 0.05 %	0	0%	113	27%	291	69%	20	5%	424	3.8
<b>Geologi</b>										
Fall 17: Sand	0	0%	275	49%	257	46%	28	5%	560	4.0
Fall 18: Lera	1	0%	273	50%	258	48%	10	2%	542	5.4
<b>Mannings Tal</b>										
Fall 20: M=15	0	0%	273	50%	255	47%	19	4%	547	4.7
Fall 21: M=5	0	0%	273	50%	255	47%	19	4%	547	4.7
<b>Detention Storage</b>										
Fall 22: 1 mm	0	0%	273	50%	255	47%	19	4%	547	4.7
Fall 23: 3 mm	0	0%	273	50%	255	47%	19	4%	547	4.7
<b>Kupolbrunn</b>										
Fall 24	0	0%	273	50%	255	47%	19	4%	547	4.7
<b>Avrinningsområde</b>										
Fall 25	0	0%	10	77%	3	23%	0	0%	13	0.1

### 9.2.1 Stor påverkan

Tabell 5 visar att de parametrar som har stor påverkan på systemet är de i fall 2, 5, 9-10, 15-16, 19 och 25, vilket motsvarar dräneringsröret, dräneringslagret, förändringar i regnmängd, släntlutningen samt om avrinningsområdet helt tas bort.

Störst påverkan har dräneringsröret och dräneringslagret där framför allt avsaknaden av båda dessa gör att speciellt ytavrinningen ökar dramatiskt då nästan 50 % av vattnet rinner av på ytan i jämförelse med i princip 0 % i grundfallet. Utan dräneringsröret ökar avrinningen från den övre mättade zonen väldigt mycket och utan dräneringslagret minskar avrinningen i samma lager till nästan noll. Om varken dräneringslagret eller dräneringsröret finns fås ett toppflöde på 9,3 m<sup>3</sup>/dygn vilket är nästan 51 % större än i grundfallet.

Även släntlutningen påverkar vattenföring i svackdicket relativt mycket. Vid en större lutning på slänterna rinner i förhållande mer vatten ut i den övre mättade zonen än i röret och tvärt om då släntlutningen är mindre. Värt att notera är även att då släntlutningen är större rinner en avsevärt större volym ut ur den övre mättade zonen jämfört med grundfallet. Denna volym är nästan dubbelt så stor som i grundfallet trots att inte dubbelt så mycket procentuellt rinner ut ur denna zon. Dessa förändringar har dock till synes ytterst liten påverkan på ytavrinningen samt avrinningen i den undre mättade zonen, både procentuellt och volymmässigt. Vid den större släntlutningen fås även en större flödestopp och vid en mindre släntlutning fås en mindre flödestopp.

Vad gäller ökad och minskad regnmängd påverkar det genom att andelen vatten som rinner ut ur röret ökar då det kommer mer regn och minskar då nederbörden minskar. Avrinningen i den undre mättade zonen är procentuellt oförändrad men volymen ökar respektive minskar något. I fallet med ett större regn fås även en ganska stor förändring i ytavrinningen.

Ett borttagande av avrinningsområdet förändrar också förhållandet mellan de olika utloppspunkterna dramatiskt. Hela 77 % försvinner ut genom den övre mättade zonen medan i princip inget försvinner från den undre mättade zonen.

### **9.2.2 Mindre påverkan**

En lite mindre påverkan har Fall 11-12, 13 och 18 vilka motsvarar förändring i bottenbredd, större längdslutning samt när geologin bestod av ett mindre genomsläppligt material (lera).

Då geologin består av ett mindre genomsläppligt material, i detta fall lera, fås en något större ytavrinning. Den är fortfarande mycket liten då den enbart är ca 1 m<sup>3</sup> per år men den är ändå ganska mycket större än ytavrinningen i grundfallet vilken ligger på i princip noll. Avrinningen från den undre mättade zonen minskar med nästan hälften, både procentuellt och volymmässigt. Dock påverkas inte de större delarna, nämligen avrinningen i övre mättade zonen samt röret märkvärt. Flödestoppen ökar något.

När det gäller förändring av bottenbredden fås att då den är större minskar andelen avrinning i röret och ökar något i den övre mättade zonen. Då bottenbredden minskas infinner sig ett motsatt förhållande. Då bottenbredden ökar minskar avrinningen i den undre mättade zonen ganska markant. Detta sker inte då bottenbredden minskar.

En större längdslutning ger att avrinningen i det undre mättade lagret ökar något rent volymmässigt. De andra delarna av avrinningen är dock mer eller mindre opåverkade med enbart en liten förändring av den övre mättade zonen. Observera att en mindre längdslutning knappt inte verkar ha någon påverkan på systemet alls.

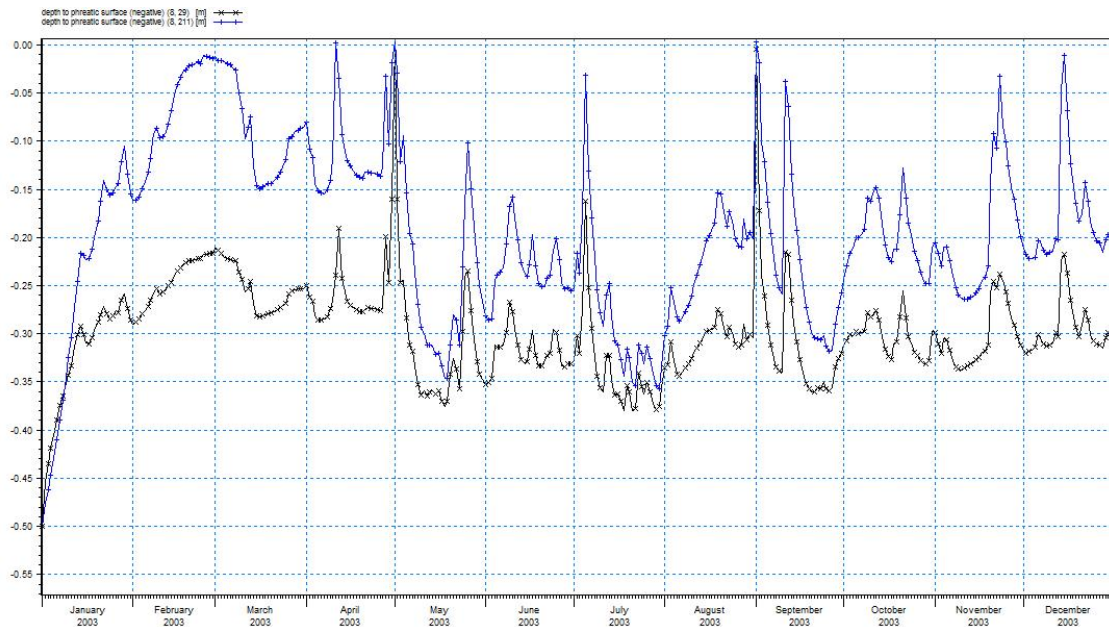
### 9.2.3 Ingen eller minimal påverkan

Samtliga övriga fall (3,4,6,7,8,14,17,20,21,22,23 och 24) och dess parametrar har ingen eller åtminstone en mycket liten påverkan på systemet. De parametrar som inte har någon större påverkan är med andra ord storleken på dräneringsröret, växtligheten eller avsaknaden där av, om snösmältning simuleras eller inte, om längdslutningen är mindre, om geologin är mer genomsläpplig (sand), förändringar i Mannings tal och i detention storage samt om det finns en kupolbrunn i ena änden eller inte.

### 9.2.4 Grundvattennivåer

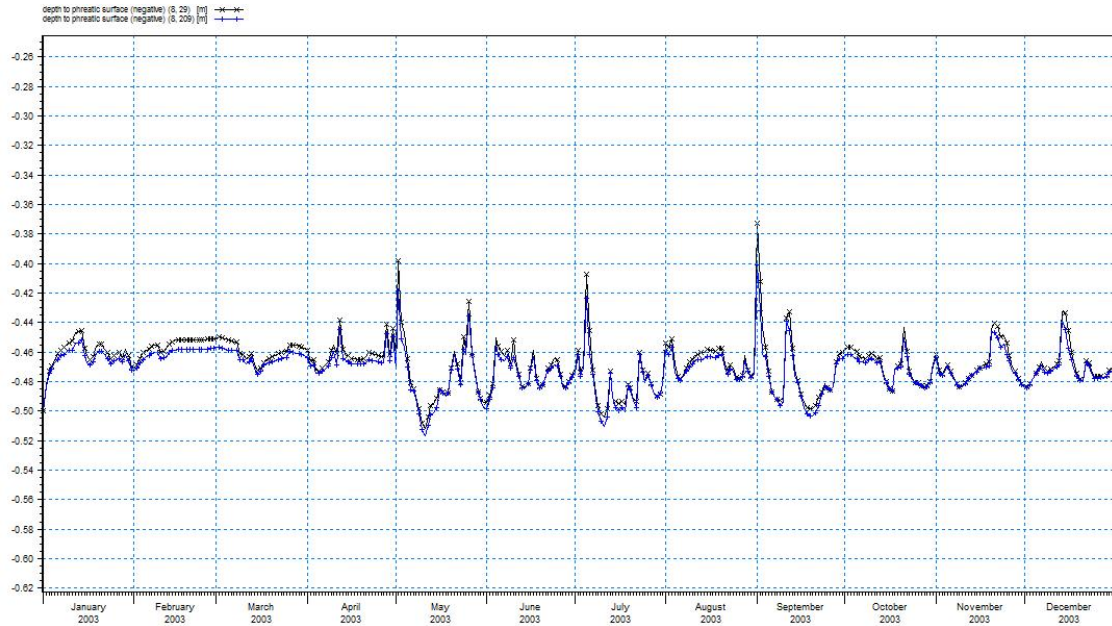
Grundvattennivåerna i de flesta Fall liknar de i Fall 1: Grundfallet. Det kan dock vara extra intressant att titta på grundvattennivåerna i de fall då det finns en betydande ytavrinning. Detta sker i Fall 2: Utan dräneringsrör, Fall 5: Utan dräneringslager samt i Fall 19: Utan både dräneringsrör eller dräneringslager.

Figur 17 visar grundvattennivån i Fall 2: Utan dräneringsrör. Här går grundvattnet upp i ytan under korta stunder vilka håller sig under ett dygn. Den vattenyta som skapas på dikesbotten är minimal med ett maximalt djup på ca 3 mm. Den övre (blå) representerar en mätpunkt uppströms i systemet och den undre (svart) representerar en mätpunkt nedströms i systemet.



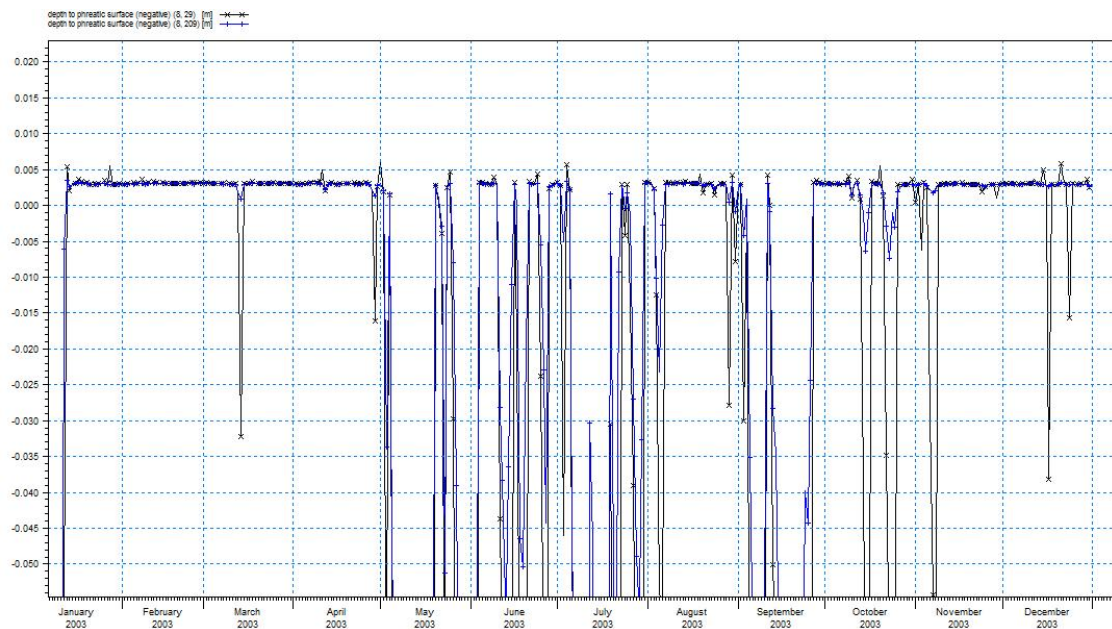
**Figur 17: Visar grundvattennivåns avstånd till ytan för en mätpunkt uppströms (blå) och en nedströms (svart) för Fall 2: Utan dräneringsrör.**

För Fall 5: Utan dräneringslager ser grundvattennivåerna ut enligt figur 18. Denna kurva liknar den i Fall 1: Grundfallet mycket mer än den i figur 12. Grundvattnet går aldrig upp till ytan utan håller sig hela tiden minst 0,36 m under dikesbotten.



**Figur 18:** Visar grundvattennivåns avstånd till ytan för en mätpunkt uppströms (blå) och en nedströms (svart) för Fall 5: Utan dräneringslager.

Då det saknas både dräneringsrör och dräneringslager (Fall 19) står det upp till en centimeter vatten på ytan under stora delar av året. Det är enbart under sommarmånaderna som grundvattnet drar sig ner under dikesbotten till en acceptabel nivå. Detta illustreras i figur 19.



**Figur 19:** Visar grundvattennivåns avstånd till ytan för en mätpunkt uppströms (blå) och en nedströms (svart) för Fall 19: Utan både dräneringslager och dräneringsrör.

## **9.3 Diskussion känslighetsanalysen**

### **9.3.1 Dräneringslager och dräneringsrör**

Att just dräneringslagret och dräneringsröret har så stor betydelse kanske inte är så oväntat. Det är ju ändå två ganska stora delar av systemet vilka dessutom har en stor potential för att leda vatten, både ut ur diket och ner genom marken.

Det verkar även som om dräneringsröret har en hel del överkapacitet då det inte har någon betydelse om man minskar eller ökar det 50 respektive 150 %. Det kanske till och med kan vara så att röret inte behöver vara riktigt så stort som det är. Just storleken på röret är en utmärkt riktning att gå vidare i för framtida studier. Rörets storlek kan om inte annat ha en viss ekonomisk inverkan vid byggnationen av ett svackdike. Att inte ha ett dräneringsrör påverkar även systemet inne i modellen. Vattenbalansen för Fall 2 (bilaga 1) visar bland annat på att ytavrinningen ökar markant då grundvattennivån stiger upp till markytan, att mer vatten rinner längre ner i systemet, att växterna måste hämta mer vatten längre ner i marken samt att det blir en positiv lagring av vatten i systemet på  $10 \text{ m}^3$  per år. Dräneringslagret klarar med andra ord inte ensamt att föra bort allt vattnet i systemet. En volym på  $10 \text{ m}^3$  per år är inte så mycket vatten om man jämför med den totala vattengenomströmningen på  $504 \text{ m}^3$  men pågår det under lång tid lagras mer och mer vatten vilket gör marken blötare och blötare vilket i sin tur om inte annat kan ändra förutsättningarna rejält. Att grundvattennivån går upp till dikesbotten är inte heller bra ur renings synpunkt då detta vatten ofta för med sig många av de föroreningar som inte är så hårt bundna i marken och för med sig dem ut ur systemet. Detta kan i sin tur ge en föroreningstopp längre ner i systemet då mycket av dessa föroreningar mer eller mindre försvinner nedströms direkt. Det samma gäller för näringsämnen vilka ofta ligger ganska löst bundna och vilka kan, om det är riktigt illa, bidra till en väldig övergödning av nedströms system som dessutom ställa till det rejält för reningsverk och liknande anläggningar.

Även dräneringsmaterialet kan vara på gränsen för vad som verkligen behövs, åtminstone tillsammans med dräneringsröret. Det syns inte minst då det inte har någon betydelse om det finns ett mer genomsläppligt material på sidorna. Det kommer ändå inte i närheten av dräneringsmaterialet när det gäller att föra undan vatten. Denna överkapacitet kan genomgående ses i simuleringsresultaten. En del parametrar påverkar ytavrinningen men så länge dräneringsröret och dräneringslagret finns där är påverkan relativt liten. Detta beror säkerligen på att dräneringsröret och dräneringslagret kan svälja även till exempel större delarna av ett maximalt regn. Därför kan det vara intressant att titta närmare på dräneringslagret. Å andra sidan kan det kanske vara bra att ha dessa komponenter i diket lite överdimensionerade med tanke på att de flesta klimatprognoser pekar på att nederbörden kommer att öka de närmaste decennierna. Och tittar man på resultatet för maxregnet i Fall 9, vilket i och för sig är ett relativt kraftfullt regn, så är ytavrinningen väldigt många gånger större än i grundfallet trots att regnet enbart är 1,45 gånger större.

När det inte finns något dräneringslager ökar ytavrinningen markant på grund av att infiltrationskapaciteten i marken minskar dramatiskt, men är fortfarande relativt liten med  $3 \text{ m}^3$  per år. Att notera är även att tillrinningen i den övre mättade zonen minskar med 60

% och avrinningen i samma zon med nästan 97 %! Allt på grund av att vattnet får så mycket svårare att röra sig i den övre mättade zonen. Dock klarar röret den ökade vattenmängd som det får ta hand om och ingen lagring sker.

Det är också värt att nämna att avrinningsområdet enbart har varit en väg samt en översilningsyta med en total area på 2400 m<sup>2</sup> (2.4 ha) vilket tillsammans med diket självt ger en total avrinningsarea på 2670 m<sup>2</sup> (2.7 ha). Då det inte är alls ovanligt att konstruera dessa svackdiken vid en större gräsyta eller en parkeringsplats istället kan den överkapacitet som finns i denna modell mycket väl behövas för att ta hand om den eventuellt ganska mycket större vattenmängd sådana avrinningsområden ger.

En annan slutsats som kan dras av simuleringsresultaten är att det är viktigt att ha både dräneringslager och dräneringsrör. Finns inget av dem försvinner till exempel ca 50 % av vattnet som ytavrinning och belastar således efterkommande system. Studeras vattenbalansen för Fall 19 (bilaga 1) ses att det står vatten i diket under perioder. Detta kan utvärderas genom att det finns en direkt avdunstning från stillastående vatten i diket samt att grundvattnet stiger över markytan. Detta är mindre bra då diket är utformat för att det ska vara just ett torrt dike. Detta kan nämligen i sin tur skapa bra habitat åt till exempel myggor vilket inte är så trevligt om diket nu till exempel är placerat i ett bostadsområde. En jämförelse mellan vattenbalanserna av Fall 2 och Fall 5 (bilaga 1), vilka är utan dräneringsrör respektive utan dräneringslager, ger att det som bidrar mest till ytavrinningen är att grundvattnet stiger till ytan och inte den direkta avrinningen.

Om varken dräneringsrör eller dräneringslager finns ökar toppflödet markant vilket kan ställa till diverse problem med bland annat erosion och rening. En annan väldigt viktig aspekt är att det blir ett vått svackdike istället för ett torrt svackdike då grundvattnet under större delen av året går upp över dikesbotten. Detta har en väldigt stor betydelse inte minst för reningen samt flödesfördröjningen och flödesreduceringen. Även då det inte finns något dräneringsrör fås en viss pölbildning men denna är så pass liten att den med råge omfattas av definitionen av ett torrt svackdike, vilken säger att det inte får stå vatten i diket i mer än 48 h åt gången. Den ökade ytavrinningen som uppstår då det inte finns något dräneringslager beror inte på grundvattnet då detta inte stiger över bottenytan utan måste då istället bero på att infiltrationsförmågan försämras och då på så sätt ökar andelen vatten som rinner av på ytan.

Måste man välja mellan att enbart ha ett dräneringsrör eller enbart ett dräneringslager är det bäst att ha dräneringsröret. Infiltrationen blir lite lidande och ytavrinningen ökar något i jämförelse med om man enbart har ett dräneringslager men det sker ingen lagring av vatten i systemet vilket är mycket viktigare.

Även växterna påverkas när varken dräneringsrör eller dräneringslager finns då de på grund av den minskade genomsläppligheten och genomströmningen är tvungna att ta sitt vatten längre ner i marken vilket är svårare speciellt för gräs som ofta har relativt korta rötter. Detta kan dessutom då möjligen ge en något annorlunda flora i diket. Om detta sedan är positivt eller negativt beror nog från fall till fall och har mest med estetik att göra så länge det inte skiljer sig allt för mycket från vanligt gräs eller äng.

Då avrinningen på ytan sker snabbare än om det skulle ske i marken eftersätts dessutom några av svackdikets viktigaste funktioner, nämligen flödesreduceringen och flödesfördröjningen. För att inte tala om att reningen av vattnet blir väldigt lidande då uppehållstiden i svackdikedet blir mycket kortare samt att infiltreringen inte heller fungerar som den ska då flödes hastigheten av ytvattnet ökar till mer än vad som är riktigt bra. Detta kan väl i och för sig även diskuteras när det gäller materialet i dräneringslagret. Som det är nu infiltrerar det mesta av vattnet men det går också relativt fort, samt att kontaktytan är relativt liten då materialet består av större stenar. För att få en så bra rening som möjligt bör kanske infiltrationen behållas men med ett material som har en mindre kornstorlek där det rör sig lite långsammare och vilket ger en större kontaktyta.

### 9.3.2 Släntlutningen

Att mer vatten procentuell rinner ut i den övre mättade zonen än i röret jämfört med i grundfallet då släntlutningen ökar kan förklaras med att vattnet fortare når botten på diket där den största och snabbaste infiltrationen sker och att detta då ökar vattenmängden som infiltrerar över röret under vissa tider. Detta gör i sin tur att röret inte hinner infiltrera allt vattnet utan att det då istället tar vägen ut ur den övre mättade zonen. Även det omvända är sant men då får vattnet istället mer tid på sig att infiltrera in i röret vilket gör att mer vatten tar sig ur den vägen. Med andra ord går det att till viss del reglera hur mycket av vattnet man vill ska flöda ut ur röret för att sedan till exempel rinna vidare direkt genom ledningsnätet genom att variera lutningen på slänterna. En lutning på mer än 0,15 % är nog dock inte att rekommendera då en ökad lutning även ökar den totala avrinningsvolymen i den övre mättade zonen. Långt mer än vad som kan förklaras av den procentuella ökningen. Detta beror förmodligen på att vattnet som tidigare sagt fortare rinner ner mot botten där det infiltrerar. På så sätt hinner inte avdunstningen bli så stor vilket i sin tur då leder till en ökad volym som infiltrerar. Ökas lutningen ännu mer kan den förmodligen bidra även till en ökad ytavrinning, vilket är huvudorsaken till att svackdiken har så svagt sluttande slänter till att börja med.

### 9.3.3 Geologin / Materialval

Vad gäller materialet i den övriga marken (alltså inte dräneringslagret) har det ingen betydelse om det har en större permeabilitet. Detta beror förmodligen på att dräneringslagret inte behöver någon ytterligare hjälp att svälja vattnet då geologin består av morän, vilket det gör i grundfallet. Då kvittar det att det är sand istället då i princip allt vatten ändå försvinner. Det är dock en annan sak då materialet är mindre permeabelt så som till exempel lera. Detta gör att dräneringslagret sätts under en mycket större press då knappt något vatten infiltrerar på till exempel slänterna. Diket blir dessutom ganska mycket blötare på ytan och viss pölbildning finns också vilket ju som tidigare är sagt inte är helt bra.

Enligt den modell vilken har använts till simuleringarna i denna rapport går det utmärkt att ha morän om det samtidigt finns ett dräneringslager och ett dräneringsrör. Det går även att bygga med lera runt omkring men det är inget som rekommenderas då till



exempel ytavrinningen börjar växa till sig och det är definitivt inte lämpligt då större regnmängder förväntas.

### 9.3.4 Längdslutningen

Att den undre mättade zonen får ta emot en större volym vatten då längdslutningen är större (Fall 13) beror förmodligen på att mer vatten då helt enkelt hinner ta sig dit då vattnet med hjälp av gravitationen rinner snabbare, eller åtminstone får mindre motstånd då vinkel ändrar sig. Att det omvända inte är sant, alltså att det inte blir mindre vatten i den undre mättade zonen då längdslutningen är mindre beror förmodligen på att lutningen redan är så pass liten att det inte kan rinna mycket saktare i alla fall. Observera att de större respektive mindre volymerna kan förklaras med att en bredare botten ger en större totalarea och vise versa.

### 9.3.5 Parametrar med mindre påverkan

Det är ganska många parametrar som inte påverkar systemet nämnvärt i slutändan. När det gäller Mannings tal och detention storage är detta kanske ganska naturligt för ett torrt svackdike då det inte sker något större flöde på ytan. Att kupolbrunnen inte har någon betydelse är också ganska väntat då det enda den gör är att föra ytavrinning ner i röret, och ytavrinningen är minimal.

### 9.3.6 Snösmältning

Att snösmältningen inte har större påverkan kan återigen förklaras med överkapaciteten i dräneringsröret och dräneringslagret. De tillsammans klarar helt enkelt de mer koncentrerade flöden som uppstår vid snösmältning. Det är här även värt att nämna att det största flödet sker under marken och är på så sätt opåverkat av kylan då tjälen inte simuleras. Även om slutresultatet inte påverkas nämnvärt påverkar dock snösmältningen en hel del inne i systemet. Studeras vattenbalansen för Fall 8 (bilaga 1) ses att bland annat att den direkta avdunstningen blir 27 % mindre på grund av kylan och snötäcket. Avdunstningen har annars varit i princip konstant för de övriga fallen, om än lite olika fördelad. Dessutom blir perkolationen, det vill säga det vatten som rör sig från den omättade zonen till den mättade zonen, 17 % större. Detta beror på att när snön väl smälter blir infiltrationen så mycket större att dräneringsröret inte riktigt hinner med och får släppa förbi lite. Det mesta av detta extra vatten rinner dock ut i den övre mättade zonen istället så det är inget problem. Det kunde dock vara intressant att ta redan på hur en modell utan både dräneringsrör och dräneringsmaterial beter sig under vinterförhållanden.

### 9.3.7 Växtlighet

Lite mer oväntat är att växtligheten inte verkar spela någon större roll för slutresultatet. Går man in lite mer i detalj och tittar på vattenbalansen för Fall 6 och 7 (bilaga 1) ser man att det vatten som växterna inte tar upp och släpper ut genom transpiration istället avdunstar då solen kommer åt vattnet bättre vilket gör att detta mer eller mindre tar ut

varannat. Även när det är mer vegetation (äng) går det mer eller mindre jämt ut då vegetationen tar upp mer och avdunstningen blir mindre. Förmodligen är avdunstningen så stor att allt som inte växterna vill ha evaporeras. Detaljstuderar man fallen ser man att den totala evapotranspirationen faktiskt nästan är lika stor som nederbörden vilket stödjer ovanstående påstående. Dock finns en viss pölbildning när det inte finns något jordlager (Fall 6) vilket förstärker nyttan med att faktiskt ha ett tunt lager jord vilket har en större permeabilitet än underliggande geologi.

### **9.3.8 Flödesreduktion och flödesfördröjning**

I figur 15 kan tydligt ses att två av svackdikets viktigaste funktioner, nämligen flödesreduktion och flödesfördröjning faktiskt existerar. Utflödestopparna (röda) är klart lägre än inflödestopparna (blå) och dessutom är de förskjutna framåt i tiden. Toppflödet minskar med så mycket som 40 % i vissa fall och är dessutom fördröjda upp till en vecka. Detta underlättar således för omhändertagandet av detta vatten längre ner i systemet samt bevisar att svackdiken faktiskt har sin plats i de lokala dagvattenlösningarna när det gäller vattenföring. Denna relativt långa uppehållstiden i ett svackdike som ändå är konstruerat för i första hand vattenhantering visar även på att en hög reningsgrad inte ska vara omöjlig att uppnå.

## 10 Hantering av extremflöden

I denna del har dikets förmåga att hantera olika vattenmängder utretts. Detta har gjorts genom att den blötaste och den torraste perioden under året har plockats fram. I slutet av dessa perioder har sedan olika extremregn lagts in samt att regnet helt har tagits bort ca en månad efter detta extremregn. Detta gör att det går att se hur systemet reagerar under olika extrema betingelser. De olika extremregnen och dess olika kombinationer kan ses i tabell 7.

Den blötaste perioden är runt den 1 juni, och den torraste perioden är runt den 7 september. Detta fås fram genom att titta på lutningen i den kurva som ges av det ackumulerade utflödet i grundfallet. Där lutningen är som störst är det blötast och där den är som minst är det torrast.

De olika maxregnen har sedan tagits ur en statistisk tabell (Dahlström, 2006) och implementerats enligt tabell 6 och tabell 7. Regn med en återkomsttid på 10 år, 5 år och 2 år har simulerats med olika intensiteter baserade på 10 min, 2 h och 24 h. De olika intensiteterna redovisas i tabell 6.

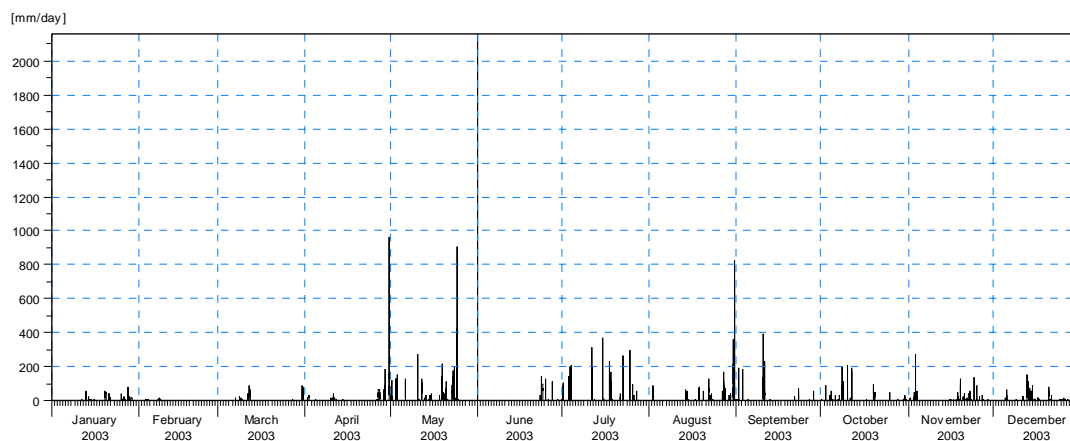
**Tabell 6: De regnmängder och andra parametrar som Fall 30 – 47 är baserade på. 10 min, 2 h och 24 h avser den tid regnet faller på, eller med andra ord regnintensiteten.**

	<b>10 min (mm/h)</b>	<b>Total Volym (m<sup>3</sup>)</b>	<b>2 h (mm/h)</b>	<b>Total Volym (m<sup>3</sup>)</b>	<b>24 h (mm/h)</b>	<b>Total Volym (m<sup>3</sup>)</b>
<b>10- årsregn</b>	90	3.6	16	7.6	2	11.4
<b>5- årsregn</b>	71.4	2.8	12.4	5.9	1.6	9.1
<b>2- årsregn</b>	52.8	2.1	9.1	4.3	1.2	6.9

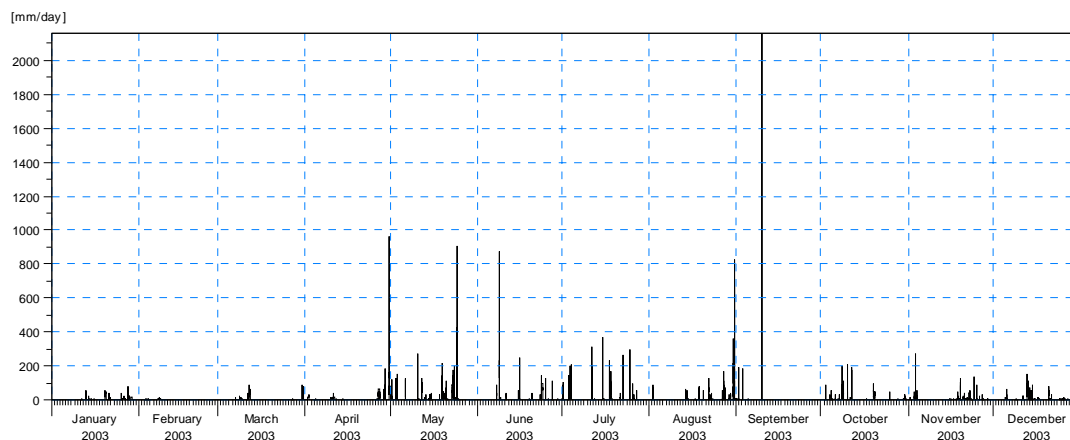
**Tabell 7: Visar Fall 30 – 47 och de förutsättningar som råder för dessa. Fallen inkluderar simuleringar under blöt och torr period för 10 års-, 5 års- och 2 års-regn med regnintensiteter på 10 min, 2 h och 24 h.**

<b>Fall 30</b>	Blöt period, 10-årsregn under 10 min
<b>Fall 31</b>	Blöt period, 10-årsregn under 2 h
<b>Fall 32</b>	Blöt period, 10-årsregn under 24 h
<b>Fall 33</b>	Blöt period, 5-årsregn under 10 min
<b>Fall 34</b>	Blöt period, 5-årsregn under 2 h
<b>Fall 35</b>	Blöt period, 5-årsregn under 24 h
<b>Fall 36</b>	Blöt period, 2-årsregn under 10 min
<b>Fall 37</b>	Blöt period, 2-årsregn under 2 h
<b>Fall 38</b>	Blöt period, 2-årsregn under 24 h
<b>Fall 39</b>	Torr period, 10-årsregn under 10 min
<b>Fall 40</b>	Torr period, 10-årsregn under 2 h
<b>Fall 41</b>	Torr period, 10-årsregn under 24 h
<b>Fall 42</b>	Torr period, 5-årsregn under 10 min
<b>Fall 43</b>	Torr period, 5-årsregn under 2 h
<b>Fall 44</b>	Torr period, 5-årsregn under 24 h
<b>Fall 45</b>	Torr period, 2-årsregn under 10 min
<b>Fall 46</b>	Torr period, 2-årsregn under 2 h
<b>Fall 47</b>	Torr period, 2-årsregn under 24 h

Exempel på hur nederbörden kan se ut efter att den har blivit modifierad med ett extremregn kan ses i figur 20 respektive figur 21 för en blöt och en torr period. Figur 20 visar nederbördskurvan för Fall 30 och är ett 10 års-regn under en blöt period med längden 10 min. I figur 21 kan ett 10 års- regn med längden 10 min under den torra perioden ses vilket finns i Fall 39. Observera att all nederbörd har tagits bort ca en månad efter extremregnstillfallet.



**Figur 20: Visar en nederbördskurva för ett 10 års-regn med en längd på 10 min under den blöta perioden.**



Figur 21: Visar en nederbördskurva för ett 10 års-regn med en längd på 10 min under den torra perioden.

### 10.1 Resultat för hantering av extremflöden

I tabell 8 visas resultaten av simuleringarna av Fall 30 – 47. Där redovisas först toppflödena in ( $Q_{p_{in}}$ ) respektive ut ( $Q_{p_{out}}$ ) vilka har enheten  $m^3/h$ . Även skillnaden mellan dessa i %, alltså flödesreduceringen, redovisas. Efter detta följer den totala volymen i  $m^3$  som flödar ut ur systemet efter sju dagar samt vart detta vatten tar vägen i %. De aktuella vägarna för vattnet är avdunstning vilket är det vatten som försvinner upp i luften, ytavrinning vilket är det vatten rinner på ytan, markavrinning vilket avser det vatten som rinner ut ur modellen under markytan, dräneringsrörsavrinning vilket är det vatten som försvinner ut i röret samt magasinering vilket är det vatten som stannar kvar i modellen. Alla värden är enbart baserade på en period på en vecka efter extremregnet för att få fram regnets inverkan på flödesreduceringen. Efter en vecka har nämligen systemet återgått till ett ”normal” tillstånd och påverkas inte längre av den extrema nederbörden.

Tabell 8: Resultat av simuleringarna av Fall 30 till 47 vilka visar systemets kapacitet att hantera extrema flöden i form av 10-års, 5-års och 2-års regn med olika intensitet och längd. Observera att alla värden är baserade på veckan efter extremhändelsen.

	Toppflöden ( $m^3/h$ )			Vattnets väg						
	$Q_{p_{in}}$	$Q_{p_{out}}$	%	Volym <sub>in</sub> ( $m^3$ )	Avdunstning %	Ytavrinning %	Markavrinning %	Dräneringsrörsavr. %	Magasinering %	
Fall 30	3,6	1,8	50%	15,2	33%	0%	33%	34%	0%	Blöt 10 år 10 min
Fall 31	7,6	4,2	55%	19,8	27%	0%	29%	44%	0%	Blöt 10 år 2 h
Fall 32	11,4	5,5	48%	22,3	22%	0%	23%	54%	0%	Blöt 10 år 24 h
Fall 33	2,9	1,6	55%	14,5	34%	0%	34%	31%	0%	Blöt 5 år 10 min
Fall 34	6,1	3	49%	17,6	28%	0%	30%	43%	0%	Blöt 5 år 2 h
Fall 35	9	4,3	48%	20,2	25%	0%	26%	49%	0%	Blöt 5 år 24 h
Fall 36	2	1,5	75%	13,6	37%	0%	35%	28%	0%	Blöt 2 år 10 min
Fall 37	4,7	2,1	45%	15,9	31%	0%	31%	37%	0%	Blöt 2 år 2 h
Fall 38	6,9	3,2	46%	17,9	28%	0%	28%	44%	0%	Blöt 2 år 24 h
Fall 39	3,6	2	56%	10,2	23%	0%	47%	30%	0%	Torr 10 år 10 min
Fall 40	8,2	4,7	57%	14,3	17%	0%	35%	48%	0%	Torr 10 år 2 h
Fall 41	11,4	5,2	46%	16,9	14%	0%	30%	56%	0%	Torr 10 år 24 h
Fall 42	2,9	1,8	62%	9,8	24%	0%	49%	27%	0%	Torr 5 år 10 min
Fall 43	6,4	3,4	53%	12,9	19%	0%	39%	43%	0%	Torr 5 år 2 h
Fall 44	9	4,1	46%	15	16%	0%	33%	51%	0%	Torr 5 år 24 h
Fall 45	2,1	1,6	76%	9,3	26%	0%	54%	21%	0%	Torr 2 år 10 min
Fall 46	4,7	2,5	53%	11,2	21%	0%	45%	34%	0%	Torr 2 år 2 h
Fall 47	6,9	3	43%	12,9	19%	0%	39%	43%	0%	Torr 2 år 24 h

### 10.1.1 Vattnets väg

Enligt tabell 8 är toppflödena större då regnet har en mindre intensitet men håller på längre. Toppflödet är ca tre gånger större vid ett regn som håller på i 24 h än ett regn som håller på i 10 minuter men är mycket intensivare. Att det är mer vatten i 2 och 24 timmarsregnen än i 10 minuters-regnet kan även ses på volymen ut där till exempel ett 10-årsregn som håller på i 24 h ger upphov till ett totalt utflöde på 22,3 m<sup>3</sup> medan ett 10-årsregn som håller på i 10 minuter enbart ger upphov till en utvolym på 15,2 m<sup>3</sup>.

Det är skillnad på den blöta och den torra perioden när det gäller vart vattnet tar vägen. I den blöta perioden finns en maximal avdunstning på 37 % medan samma siffra för den torra perioden är 26 %. Även markavrinningen och avrinningen i dräneringsröret skiljer sig mellan de olika perioderna. Under den blöta perioden är den maximala avrinningen i marken 35 % medan den i den torra är 54 %. När det gäller avrinningen i dräneringsröret är motsvarande procentsatser 54 % och 56 % för blöt respektive torr period.

Även inom de olika perioderna tar vattnet lite olika vägar beroende på vilket sorts regn som faller. Under den blöta perioden varierar till exempel markavrinningen mellan 35 till 23 %. En trend är att mer vatten går via dräneringsröret desto mer utspritt regnet är över tiden och då samtidigt desto större totalvolym det har. Detta är än mer sant när det gäller den torra perioden där skillnaden mellan procentsatserna i till exempel avrinningen i dräneringsröret varierar ännu mer beroende på hur regnet ser ut än under den blöta perioden. Andelen vatten som tar vägen genom dräneringsröret varierar med hela 26 procentenheter.

Jämförs de lika perioderna är avdunstningen i snitt 10 procentenheter mindre under den torra perioden medan markavrinningen ökar med i snitt 11 procentenheter. Andelen vatten som går genom dräneringsröret är i stort sett lika mellan de olika perioderna, även om det skiljer ganska mycket inom den posten.

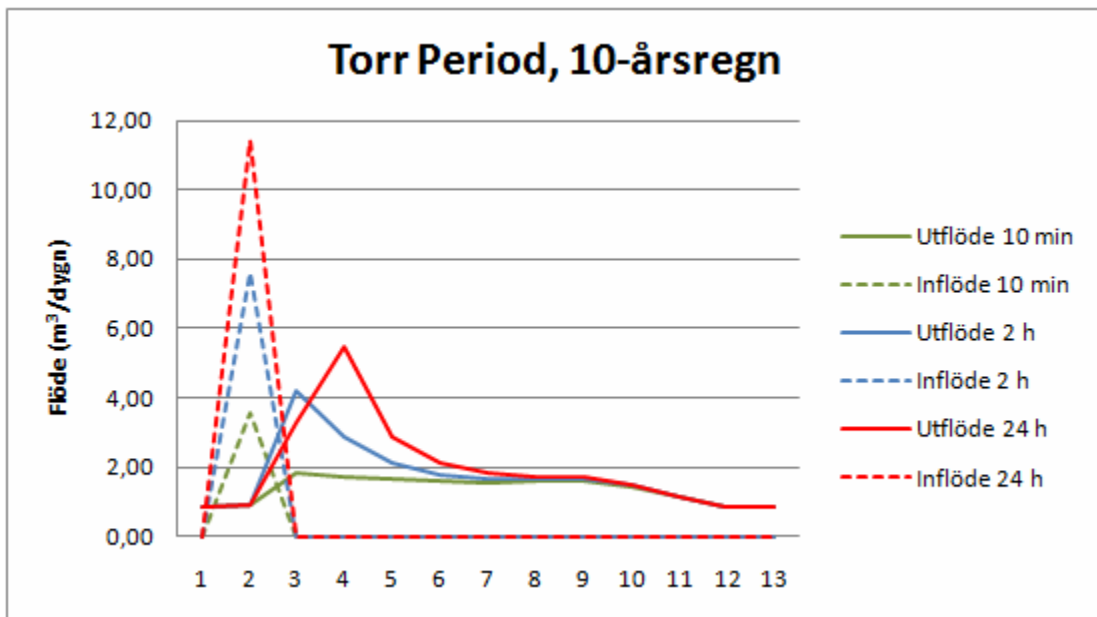
Det förekommer varken någon ytavrinning eller magasinering att tala om i något av fallen. Studeras ytavrinningen närmare är den hela tiden mindre än 0,5 m<sup>3</sup>. Den magasinering som förekommer, om någon är i storleksordningen 0,1 m<sup>3</sup> och registreras inte som en procentsats. Att notera är även att det förekommer en liten negativ magasinering i vissa fall, alltså att systemet dränerar mer vatten än det tar in. Dessa värden är dock väldigt små och har ingen direkt påverkan på systemet.

### 10.1.2 Flödesreducering

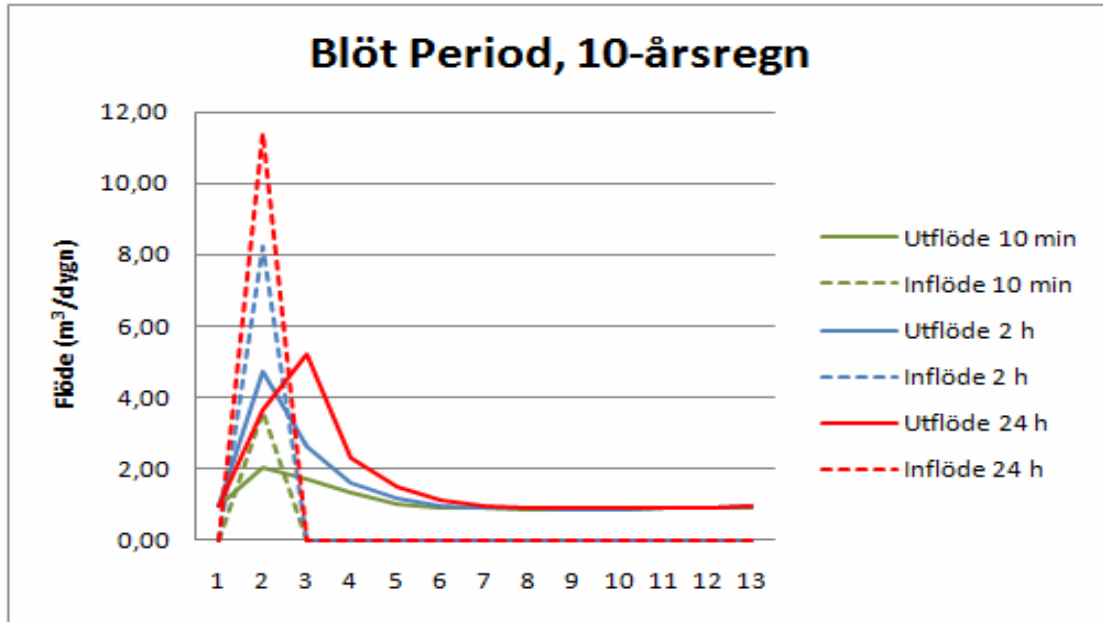
Flödesreduceringen varierar mellan 48 – 55 % med ett fall där den är hela 75 % under den blöta perioden. Under den torra varierar flödesreduceringen mellan 43 – 62 % med ett fall där den når upp till 76 %. En trend som kan urskönjas är att flödesreduceringen blir större ju mindre volym regnet innehåller. Det kan i vissa fall skilja så mycket som 29 procentenheter mellan ett 10-minutersregn och ett 24-timmarsregn.

Den maximala flödestoppen och således också tillflödet är  $11,4 \text{ m}^3/\text{h}$  både under den blöta och under den torra perioden. Det maximala utflödet uppgår till  $5,5 \text{ m}^3/\text{h}$  för den blöta perioden och  $5,2 \text{ m}^3/\text{h}$  för den torra. Alla dessa maximala flöden sker under en period med ett 24 timmars 10-års regn.

I figur 22 och figur 23 presenteras hur svackdiket hanterar extremflöden under 10-årsregn med olika intensiteter genom att visa inflödet genererat av de olika regnen samt de utflöden dessa ger upphov till. De streckade linjerna representerar regnen och de heldragna representerar utflödena.



Figur 22: Nederbörd och utflöden för ett 10-årsregn under en torr period. Den undre axeln visar antal dagar.



Figur 23: Nederbörd och utflöden för ett 10-årsregn under en blöt period. Den undre axeln visar antal dagar.

I figur 17 och figur 18 syns tydligt att den nederbörd som faller på 24 timmar ger upphov till den största avrinningen trots att intensiteten är mycket mindre än den vid ett 10-minutersregn. I samtliga fall är utflödets amplitud avsevärt mindre än nederbördens. Utflödestopparna är även förskjutna åt höger. Regnet påverkar systemet i ca sju dagar, sedan återgår utflödena till det ”normala”.

Den maximala flödesfördröjningen sker när 24 timmarsregnet infaller under båda perioderna. Under den torra perioden är den ca två dygn och under den blöta ca ett och ett halvt dygn. Även 2-timmars- och 10-minuters-regnet har en relativt lång flödesfördröjning på ca ett dygn under den torra perioden. Dock har de näst intill ingen flödesfördröjning alls under den blöta perioden.



## **10.2 Diskussion extremflöden**

När det gäller att ta hand om extrema regn, och således också extrema flöden, är svackdiket väl rustat. Det verkar som om dräneringslagret tillsammans med dräneringsröret klarar av även denna ökade börda utan att det påverkar dess funktion märkvärt. I och med dräneringslagrets goda förmåga att leda ner vatten i marken undviks ytavrinning och dräneringsröret hjälper sedan till att föra undan vattnet så att det inte magasineras och på så sätt ändrar förutsättningarna för till exempel rening och flödesreduktion.

Att den totala volymen vatten är större i det lite långsammare regnet är ingen större överraskning då det håller på upp till 144 gånger längre.

Den mindre avdunstningen under den torra perioden kan förklaras med att marken innehåller förhållandevis lite vatten och således är mottaglig för att snabbt infiltrera det vatten som kommer. Det i sin tur betyder att vattnet inte vistas på ytan så länge och att då den direkta avdunstningen minskar. Detta leder i sin tur till att mer vatten tar sig ner i marken och rinner ut som markavrinning. I och med att avrinningen i dräneringsröret inte skiljer sig särskilt mycket mellan perioderna kan det antas att dessa har mer eller mindre fullt upp och är nära sin maxkapacitet. Även det faktum att det procentuellt rinner ut mer i dräneringsröret om regnet är lite mer utspritt stödjer denna teori. När allt regnet kommer på en gång når röret snart sin maximala kapacitet och resten måste ta sig ut genom den lite långsammare marken. Men om regnet kommer över lite längre tid kan röret ta hand om mer av vattnet då allt inte kommer på en gång helt enkelt.

Under de korta och kraftiga 10-minutersregnen fungerar marken som ett magasin då det lagrar det vatten som inte dräneringsröret och dräneringslagret direkt kan ta hand om. Detta rinner dock sedan ganska snabbt ut ur systemet då regnet har upphört varför det inte registrerades någon direkt magasinering i slutändan.

### **10.2.1 Flödesreduktion**

Att svackdiket hjälper till att reducera flödestopparna kan tydligt ses i både tabell 8 och figurerna 22 och 23. Generellt sett över alla fallen är flödesreduceringen ca 50 %. Den skulle förmodligen kunnat vara lite större om inte dräneringen hade varit så bra. Dock hade förmodligen även ytavrinningen ökat ganska dramatiskt om dräneringen hämmades. Så det är en liten avvägning som får göras utifrån de förutsättningar och förväntningar som finns på diket. Om det inte gör något att det svämmer över en gång ibland kan ju dräneringsförmågan eftersättas lite med till exempel ett annat material och på så sätt kanske minska flödestopparna ytterligare ner till ett reningsverk. Men om det absolut inte får svämma över, det kan ju till exempel ligga hus med källare i närheten, ska nog dräneringsförmågan bibehållas. Det kan dock då vara nödvändigt att antingen dimensionera efterföljande system efter detta eller åtminstone göra så att det går att leda förbi extrema vattenmängder på något annat sätt.

Det är även större skillnader i flödesreduceringen inom den torra perioden än det är inom den blöta. Inom den torra perioden skiftar det mellan 43 och 62 % medan det enbart skiftar mellan 48 och 55 % inom den blöta perioden. Dessutom är flödesreduktionen något större vid korta intensiva regn under den torra perioden men även något mindre vid längre regn så som 24-timmarsregn i jämförelse med den blöta perioden. Det kan också nämnas att flödesreduktionen överlag är bättre, eller större, vid korta intensiva regn. Detta beror förmodligen på att speciellt dräneringslagret hinner ta upp även dessa intensiva regnmängder direkt men att marken istället hinner bli mer och mer mättad när det regnar över en längre tid vilket leder till att flödestoppen kommer något senare men också är något kraftigare. Denna teori stöds av figur 22 och 23 då man där ser att 24-timmarsregnets utflödestopp kommer senare än 2-timmarstoppen och så vidare.

Hur mycket flödet fördröjs, eller med andra ord flödesfördröjningen, beror ganska mycket på hur förhållandena i marken ser ut innan regnet. Är det torrt, eller i alla fall torrare, ökar tiden mellan inflödestoppen och utflödestoppen. För den torra perioden är fördröjningen ca två dygn för ett 24-timmarsregn och ett dygn för 2-timmars- och 10-minutersregn. Då marken redan innehåller mycket vatten under den blöta perioden minskar fördröjningen för ett 24-timmarsregn till ett och ett halvt dygn och minskar till enbart ett par timmar för de andra regnen. Förenklat kan man med andra ord säga att marken redan är så fuktig att det regn som faller, och fortfarande infiltrerar i dräneringslagret, puttar ut det vatten som redan finns i systemet. Under den blöta perioden ligger dessutom grundvattennivån i diket uppe i dräneringslagret, eller åtminstone precis i botten, vilket för det första gör att vattnet snabbare når grundvattnet och för det andra direkt kan utnyttja dräneringslagret för att ta sig ut snabbare. Observera dock att toppflödesreduceringen fortfarande finns där. Det är bara att utflödestoppen inte är fördröjd med speciellt lång tid.

## 11 Slutsatser och rekommendationer

---

Vad kan vi då dra för slutsatser av alla dessa simuleringar och vilka rekommendationer kan ges. Först och främst kan man väl kanske redan nu säga att det kan vara svårt att dra slutsatser och ge rekommendationer då ett svackdikes konstruktion är väldigt plats- och situationsspecifikt. Frågor man måste ställa sig är bland annat; vad är huvudsyftet med diket? Är det att leda bort vatten eller är det kanske att rena det? Hur ligger diket i förhållande till omgivningen? Ligger det inom ett bostadsområde där det finns hus med källare eller ligger det kanske i en park? Ja, detta är enbart några av de funderingar man måste ha när man ska projektera och konstruera ett svackdike. Här nedan följer dock några av de viktigaste och kanske mest användbara av de observationer och slutsatser som jag har dragit under tiden som denna rapport har vuxit fram.

Först och främst kan jag inte nog framhålla betydelsen av att åtminstone ha ett dräneringsrör om det nu ska vara ett torrt svackdike. Helst ska där även finnas ett dräneringslager bestående av makadam eller något annat grovt material för att ytterligare öka infiltrationen och på så sätt undvika både en ökande ytavrinning vilket kan göra diket mindre effektivt och för att förhindra att det inte magasineras för mycket vatten i systemet vilket i sin tur kan ändra förutsättningarna i systemet dramatiskt. Vidare är det nog inte helt fel att konstruera diket med en inbyggd överkapacitet eller kanske använda nederbördsprognoser för framtiden då det planeras med tanke på att diket ska kunna användas lång tid framöver och större nederbörds mängder förväntas inom de närmaste decennierna.

Om det ska bli ett torrt svackdike med alla dess funktioner så måste det minst finnas antingen ett dräneringslager eller ett dräneringsrör. Finns inget av dessa går nämligen grundvattnet upp över bottenytan och skapar en tunn vattenyta under stora delar av året vilket istället gör det till ett vått svackdike. En konstruktion utan varken dräneringsrör eller dräneringslager ger dessutom en markant ökning av toppflödet i diket vilket i sin tur kan ställa till med sin egen typ av problem.

En annan viktig parameter är lutningen på dikets slänt. Denna bör om möjligt hållas väldigt flack då den annars bidrar till en ganska markant ökning av vattenflödet genom den övre mättade zonen och i slutändan bidrar även en brantare slänt till en ökad ytavrinning.

Vad gäller geologin går det utmärkt att konstruera svackdiken i de flesta moränjordar även om det naturligtvis är bäst om man kan välja en plats med sandig morän eller en jordart med ännu större genomsläpplighet. Det rekommenderas inte att bygga där lera är vanligt förekommande. Det går förmodligen att skapa en konstruktion som dränerar bort det mesta av vattnet ändå. Dock rekommenderar jag då andra dagvattenlösningar så som att kanske anlägga ett vanligt dike och sedan anlägga en damm eller våtmark som vattnet leds in i.

En annan väldigt viktig slutsats som jag har dragit är att svackdiken faktiskt fungerar som både flödesreducerare och flödesfördröjare, och har dessutom potential att utföra dessa uppgifter väldigt bra så länge det är detta som prioriteras. Tack vare dikets inneboende höga infiltrationskapacitet klarar det även att reducera och fördröja både mycket stora och mycket intensiva regn.

En annan intressant observation är att dräneringsröret har en extrem betydelse för att grundvattnet inte ska närma sig ytan vid extrema regn. Detta är ytterligare ett argument för att dräneringsrör bör användas i torra svackdiken.

Då Fall 1: Grundfallet som är baserat på rekommendationer från litteraturen fungerade utmärkt som torrt svackdike även då extrema flöden simulerades måste man väl säga att dessa rekommendationer är väl grundade och användbara. Dock finns det vissa reservationer då det till exempel även verkar finnas en viss överkapacitet som kanske inte i alla lägen är helt nödvändig.

Resultaten bör rimligen relatera väl till ett verkligt fall då modellen innehåller och hanterar alla de större fysikaliska processerna så som evapotranspiration och infiltration med sunda och väldokumenterade ekvationer och parametrar.

Till sist kan jag verkligen rekommendera svackdiken som ett sätt att hantera dagvatten då det både är billigt att anlägga, har en relativt enkel konstruktion och dessutom är effektivt både när det gäller rening av vattnet och för att ta hand om flödestoppar.

## 12 Vidare arbete och begränsningar

---

Det finns många sätt detta arbete skulle kunna utvecklas och förbättras på. Dels skulle det behövas göras fler och mer detaljerade simuleringar på ett antal parametrar så som till exempel dräneringsrörets diameter och dräneringslagrets material för att kunna ge bättre rekommendationer för dimensionering av dessa.

Det skulle även behövas ta reda på mer om hur snösmältningen påverkar systemet och om det kanske till och med skulle vara en permanent del av modellen. Speciellt då just snösmältningen rumsterar om en del inne i systemet vad gäller bland annat avdunstningen samt kan bidra till interna flödestoppar då snön smälter. Detta i kombination med till exempel avsaknaden av dräneringslager har förmodligen en del ytterligare påverkan på systemet.

En annan fråga som kan ställas är hur systemet beter sig vid de extrema gränserna för vad som är rekommenderat i litteraturen. Alltså till exempel vad som händer då bottenbredden enbart är 0,5 meter eller längdslutningen är 2 %.

Andra typer av avrinningsområden är även det intressant då svackdiken byggs på lite olika platser. En vanlig typ är till exempel med enbart en väg som avrinningsområde. Detta ger då en lite annan typ av belastning på diket, speciellt vid extrema regn. Andra intressanta fall kan inkludera en lite större asfalterad parkeringsplats eller att diket ligger mellan en väg och en trottoar.

Det gäller dock att komma ihåg att även den bästa modell enbart är en approximation av verkligheten och således inte direkt applicerbar på den. Därför skulle det vara väldigt intressant att göra ett par tester med ett riktigt svackdike och se hur väl det stämmer överrens med resultaten i denna modell.

## 13 Källförteckning

---

**Beven, K.J.**, Rainfall-Runoff Modelling: The Primer,  
ISBN-13: 978-0470866719, John Wiley & Sons Ltd 2001 Chichester

**Bäckström M.**, Grassed Swales for Urban Stormwater Drainage,  
ISSN 1402-1544, 2002

**Chrispijn J.**, WSUD Engineering Procedures for Stormwater Management in Southern Tasmania, Derwent Estuary Program 2005,  
<http://www.derwentestuary.org.au/file.php?id=213>, 2009-10-14

**Clar M.L.**, Barfield B.J., O'connor T.P., Stormwater Best Management Practice Design Guide Volume 2 Vegetative Biofilters,  
Order nr 1c-r059-ntsx, US. Environmental Protection Agency 2004

**Dagvattenstrategi för Malmö**, Malmö stad, 2008

**Dahlström B.**, Regnintensitet i Sverige – en klimatologisk analys, VA-Forsk-projektnr: 24-115, Svenskt Vatten 2006

**Debo T.N.**, Reese A.J., Municipal Stormwater Management,  
ISBN 1-56670-584-3, Lewis Publishers 2003

**Dennison M.S.**, Storm Water Discharges,  
ISBN 1-56670-198-8, CRC Press Inc. 1996

**Edvinsson A.**, Ekologisk Dagvattenhantering med biodiken,  
<http://epsilon.slu.se> 2009-10-16

**Extena monteringsanvisning**, Extena AB, 2009-11-03  
[http://www.extena.se/downloads/1/Extena\\_monteringsanvisning\\_ESS\\_Dran.pdf](http://www.extena.se/downloads/1/Extena_monteringsanvisning_ESS_Dran.pdf)

**Fetter C.W.**, Applied Hydrology, Fourth Edition,  
ISBN 0-13-122687-8, Prentice Hall 2001

**Gustavsson L-G.**, Enhetschef Vattenresurser DHI Sverige,  
Muntligt 2009-12-03

**Hagstrand P.**, Enhetschef Nybyggnad & Exploatering VA SYD,  
Muntligt 2009-09-29

Henrik Djerv  
Examensarbete 2009/2010 LTH / DHI Sverige AB

**Horner** R.R., Biofiltration for Storm Runoff Water Quality Control, Prepared for the Washington State Department of Ecology, Center for Urban Water Resources Management, University of Washington, Seattle WA 1988

Henrik Djerv  
Examensarbete 2009/2010 LTH / DHI Sverige AB

**Johansson F.**, Labbchef NCC Roads AB,  
Muntligt 2009-10-09

**Larm T.**, Utformning och Dimensionering av dagvattenreningsanläggningar,  
ISBN 91-89182-47-2, AB Svensk Byggtjänst 2000

**Lindvall P.**, Examensarbete: Utformning av översilningsytor för dagvatten,  
Tyréns AB Malmö 2008

**MIKE SHE User Manual**, följer med programmet MIKE SHE, 2009

**Protecting Natural Wetlands**, United States Environmental Agency 1996,  
<http://www.epa.gov>, 2009-10-30

**Svensson C.**, Teknisk Geologi AK, Kompendium Lunds Tekniska Högskola, 2001

**Tchang N.**, Dagvattenanläggningar i bostadsområden,  
ISSN 1651-064x, 2009

**Valtersson M.**, Översilningsytor, Hydrologisk modellering av påverkansfaktorer för  
avrinning och infiltration,  
ISSN 1101-9824, 2010

**Vägverket**, Publikation VVMB 310 Hydraulisk Dimensionering,  
ISSN 1401-9612, Vägverket Tryckeri Borlänge 2008

**Vägverket**, Publikation VVR Väg,  
ISSN 1401-9612, Vägverket Tryckeri Borlänge 2009

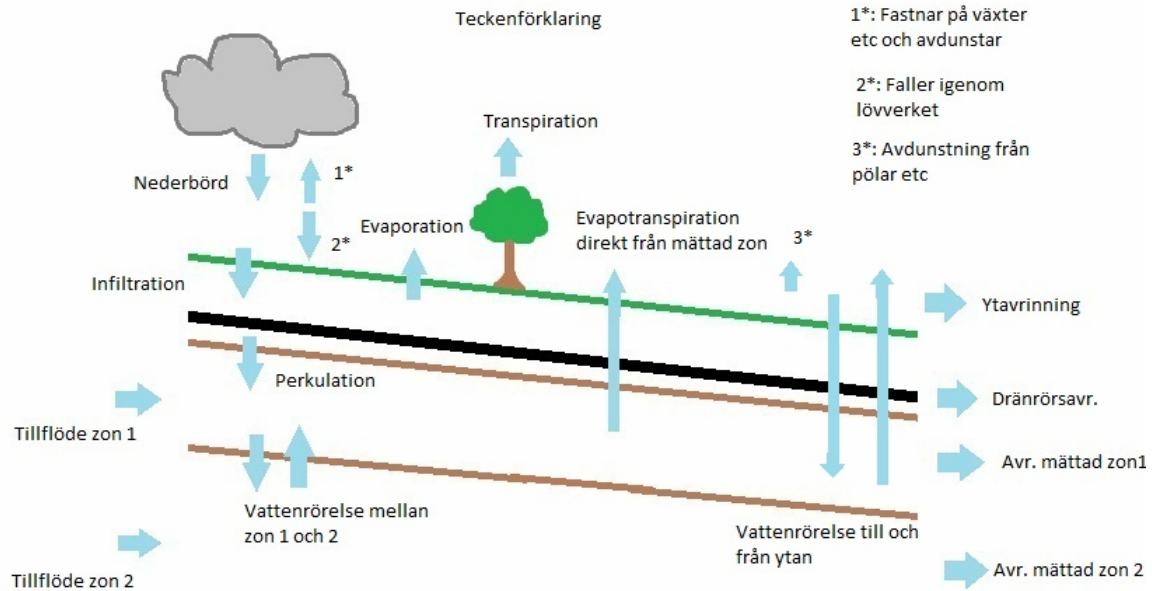
**Vägverket**, Publikation VVTK Väg,  
ISSN 1401-9612, Vägverket Tryckeri Borlänge 2008

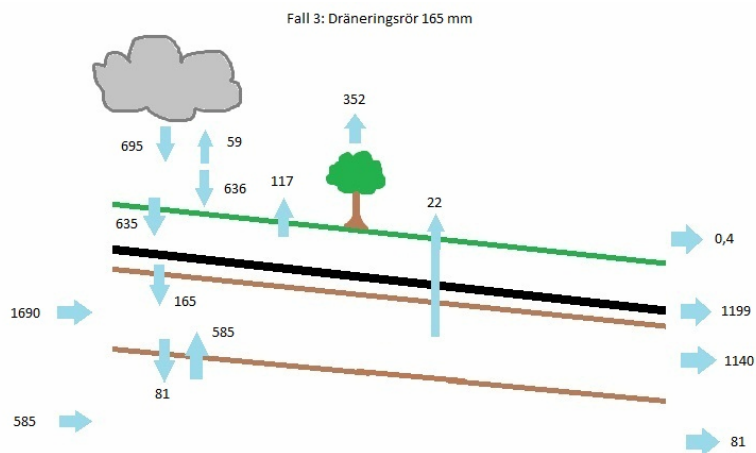
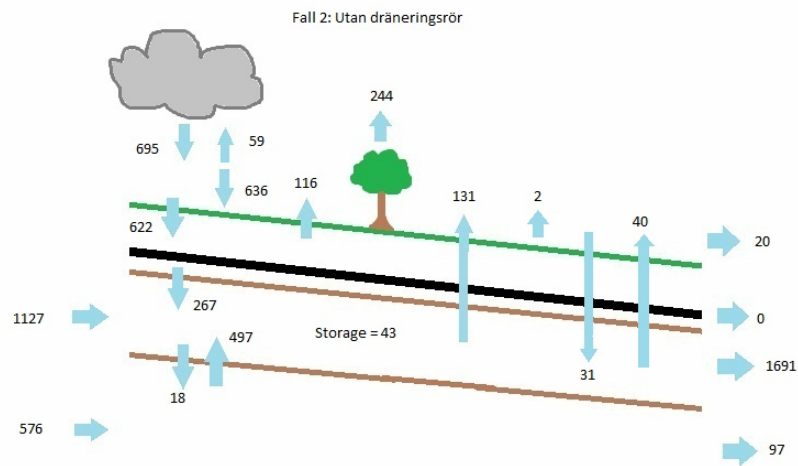
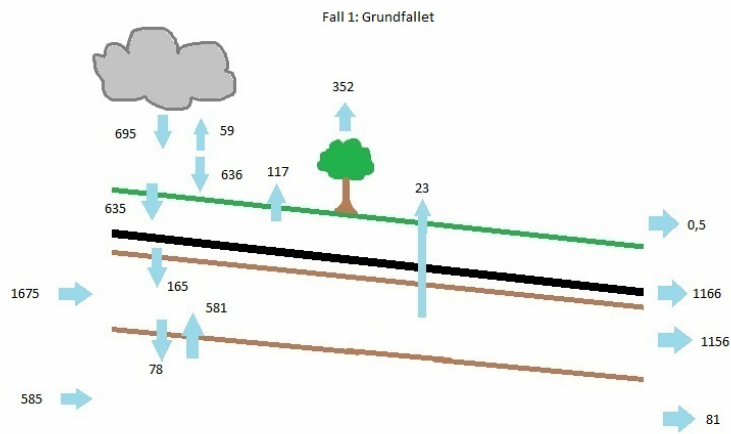
**Walton W.C.**, Principles of Groundwater Engineering,  
ISBN 0-87371-283-8, Lewis Publishers 1991

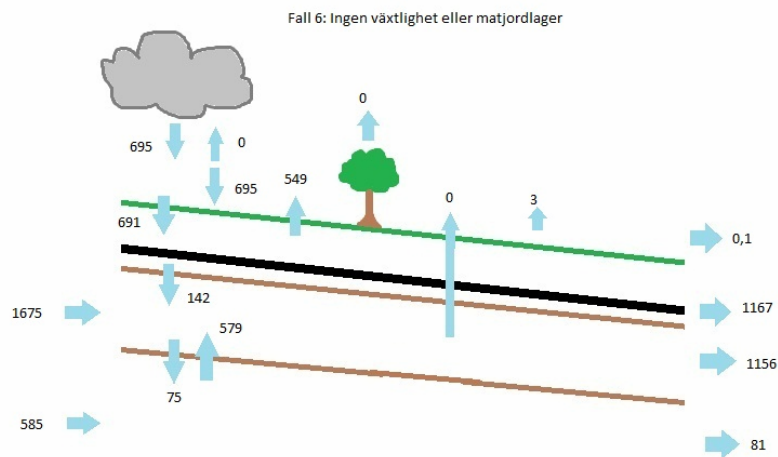
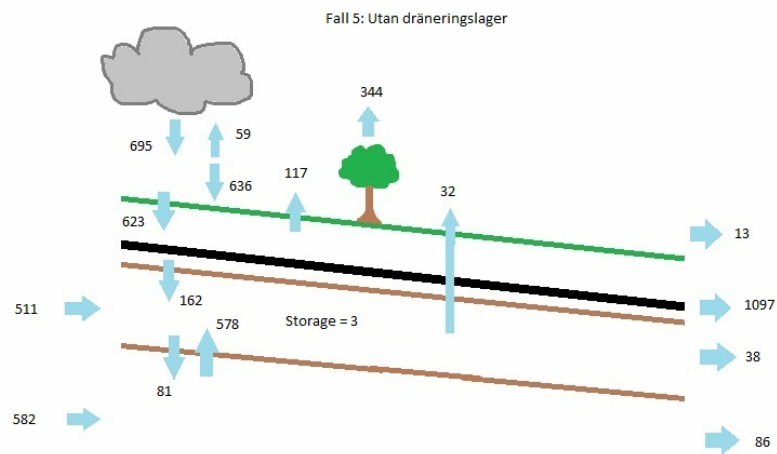
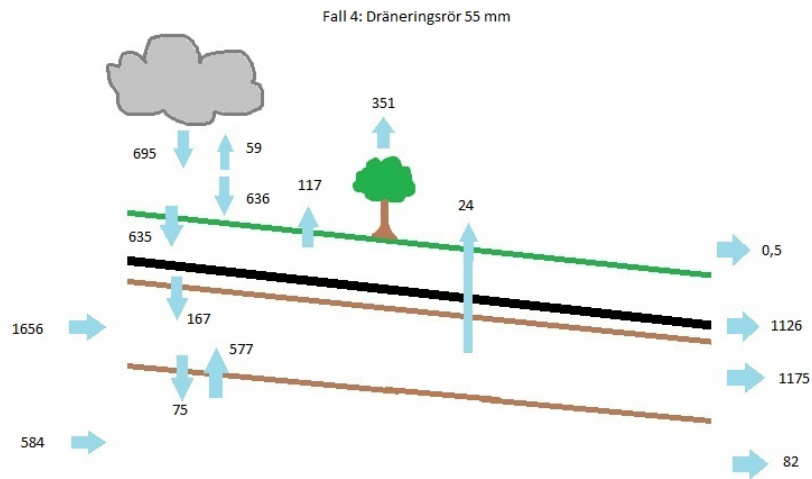


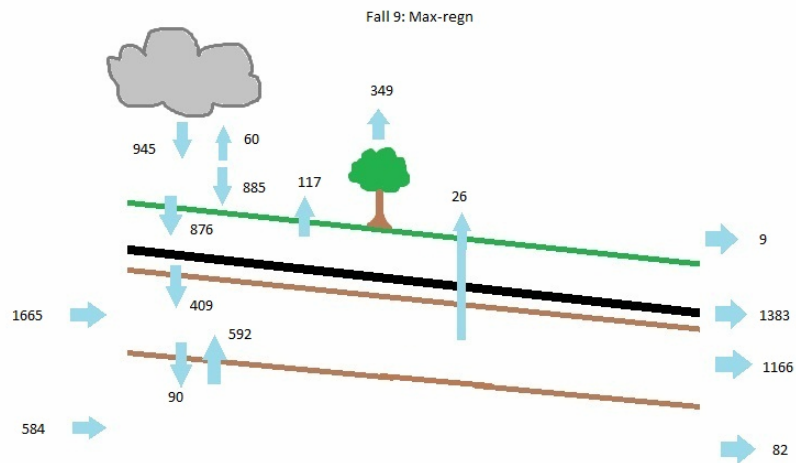
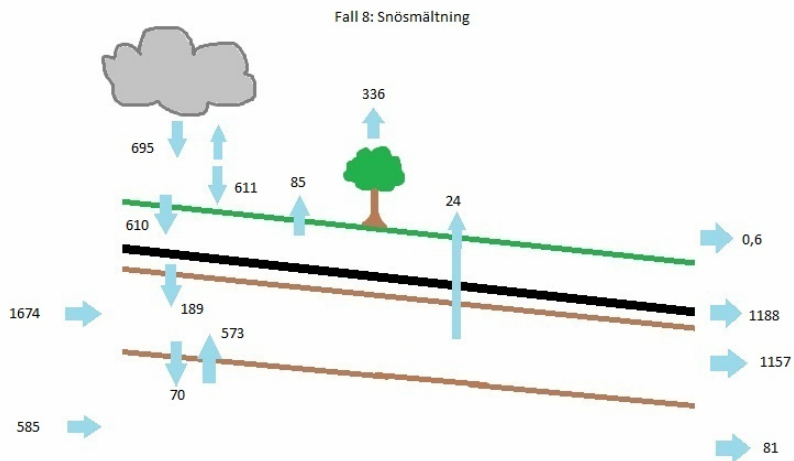
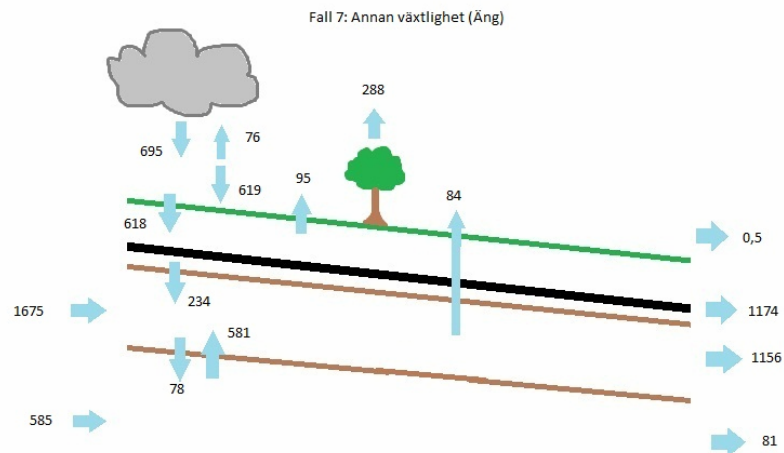
## Bilaga 1: Vattenbalanser

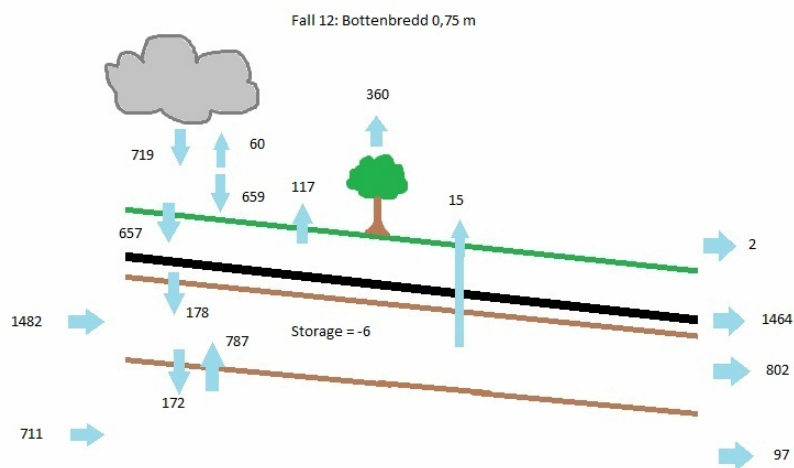
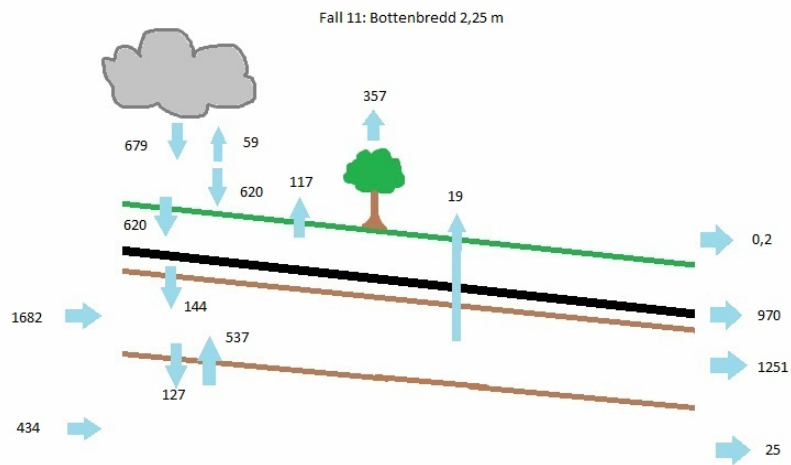
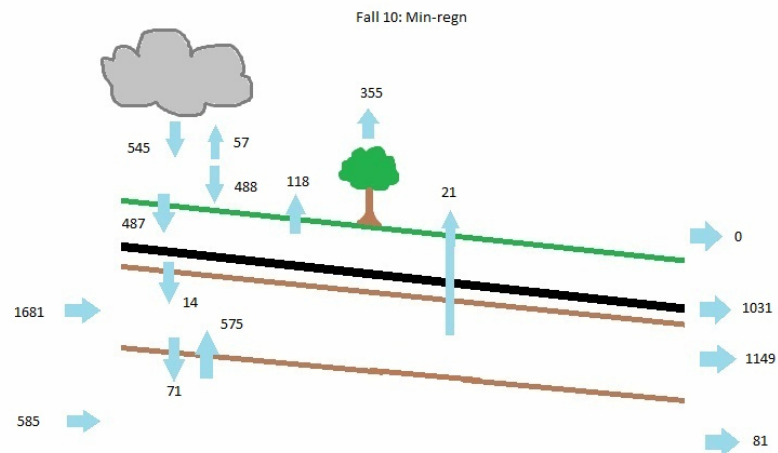
Vattenbalanser för de Fall som ingår i känslighetsanalysen (Fall 1 till 25). Alla flöden har enheten mm/år.

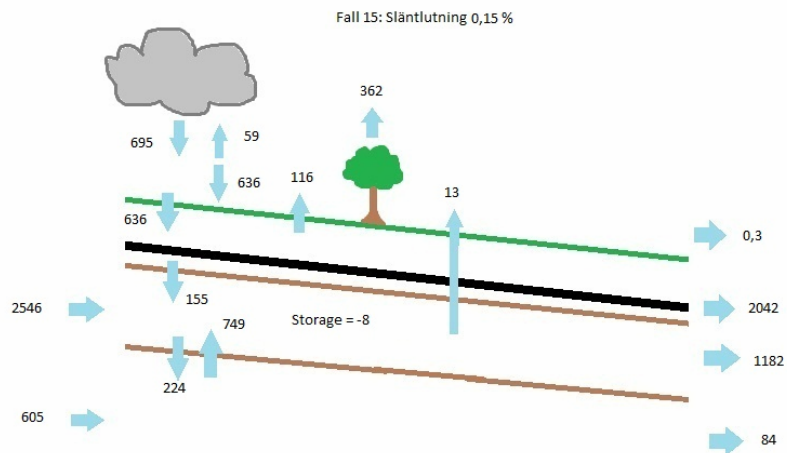
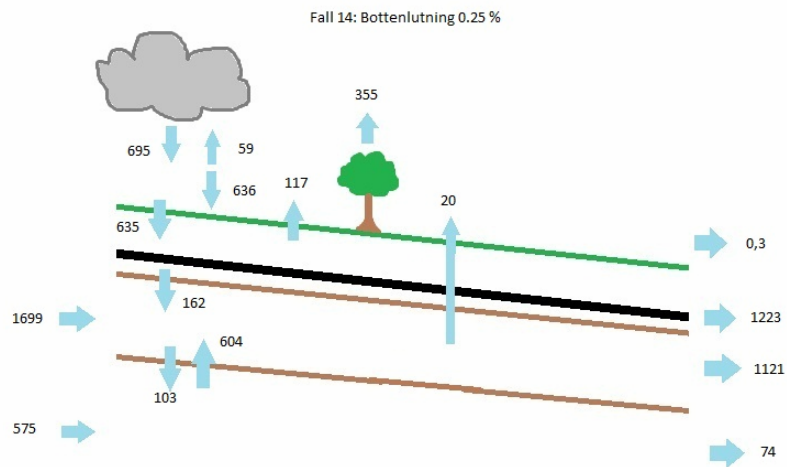
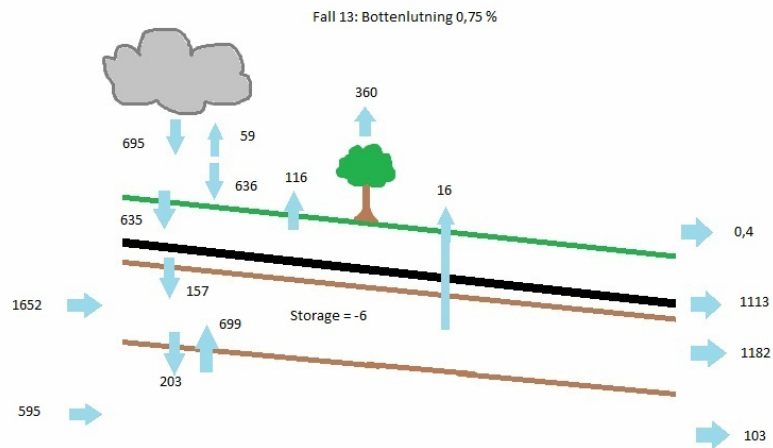


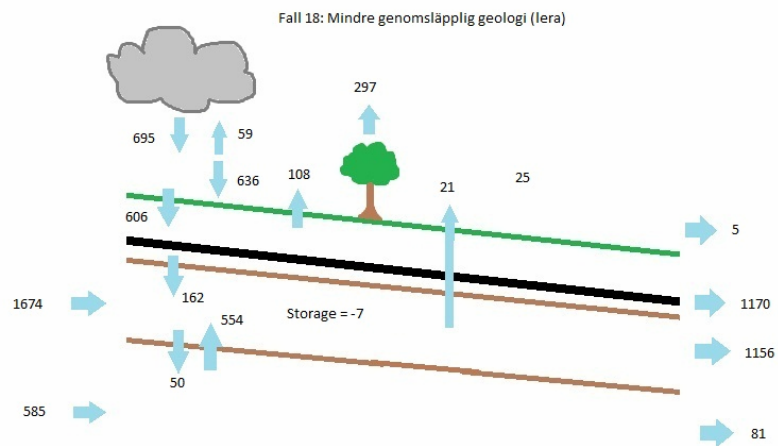
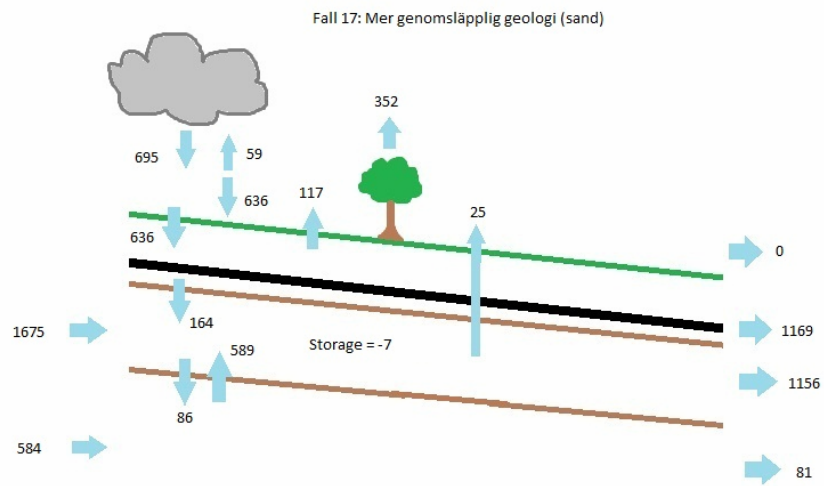
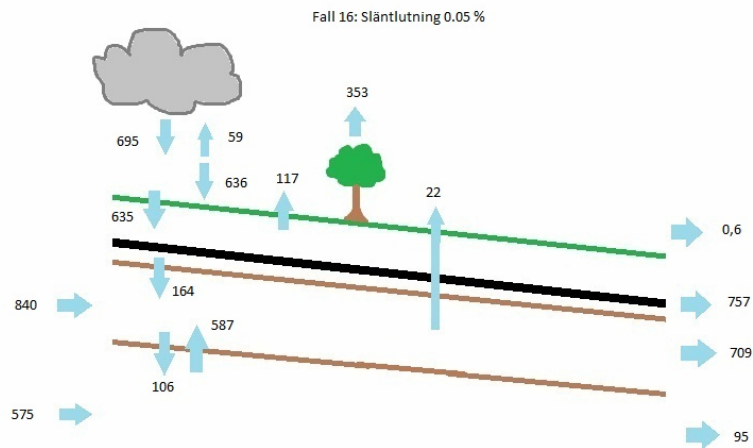


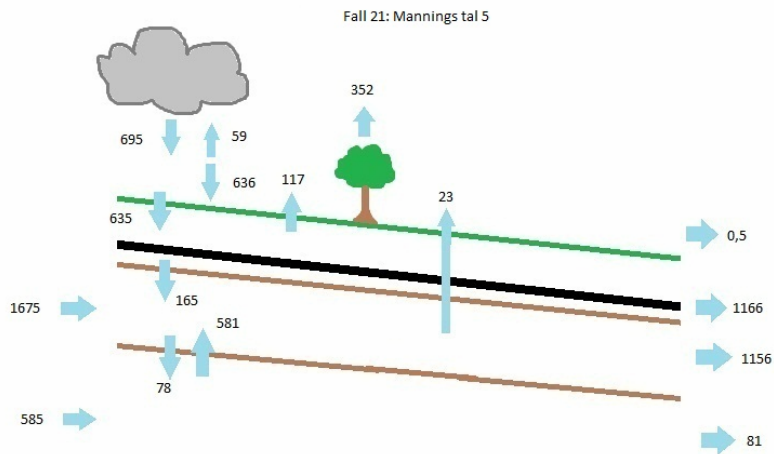
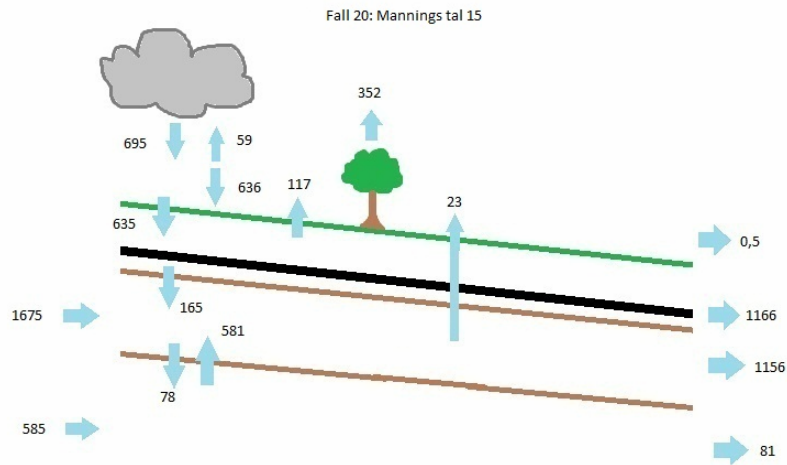
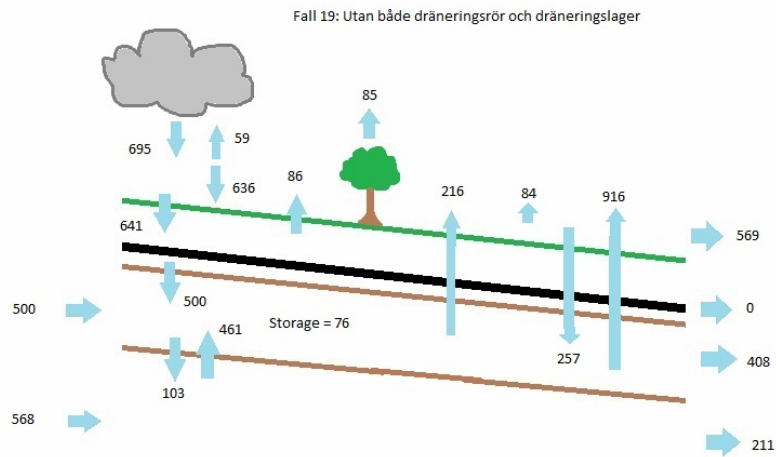




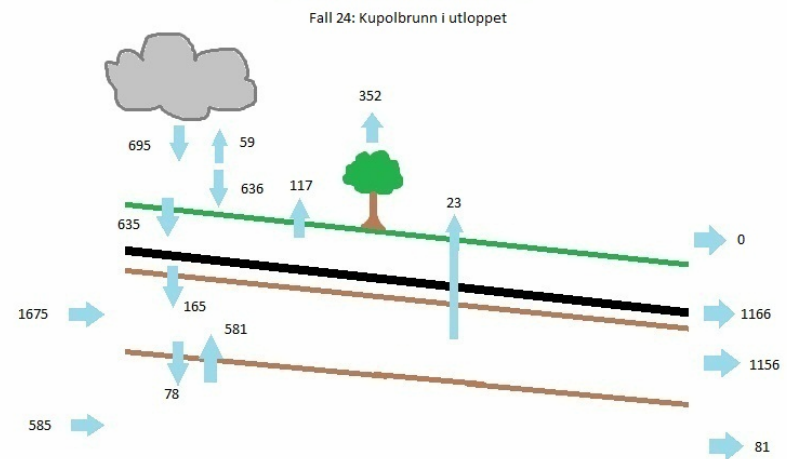
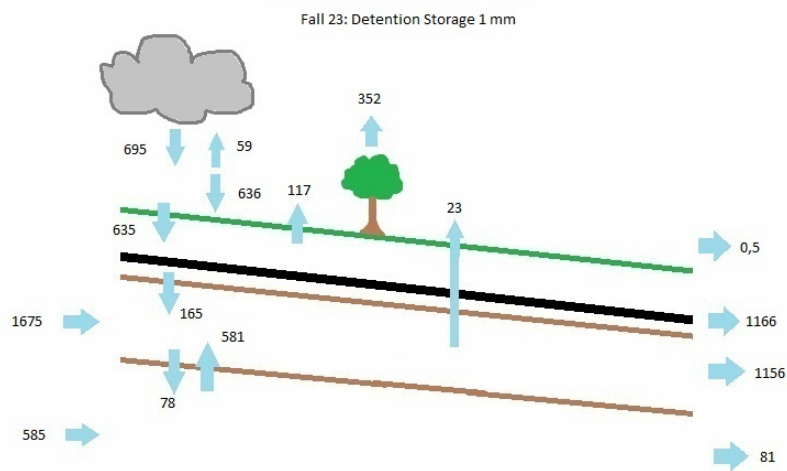
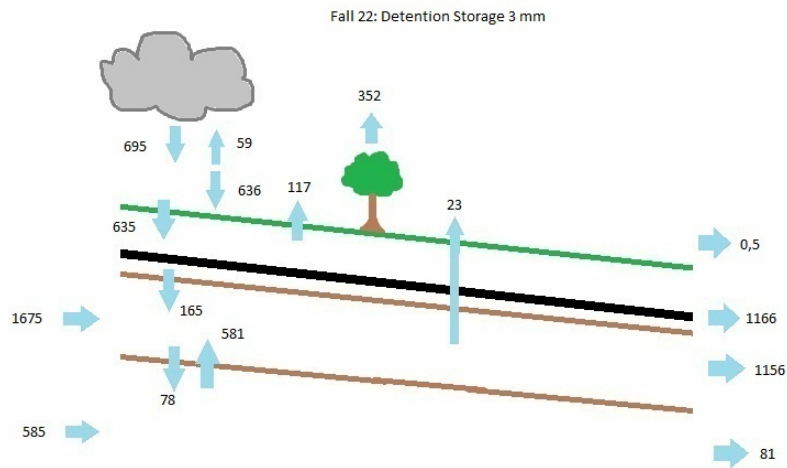


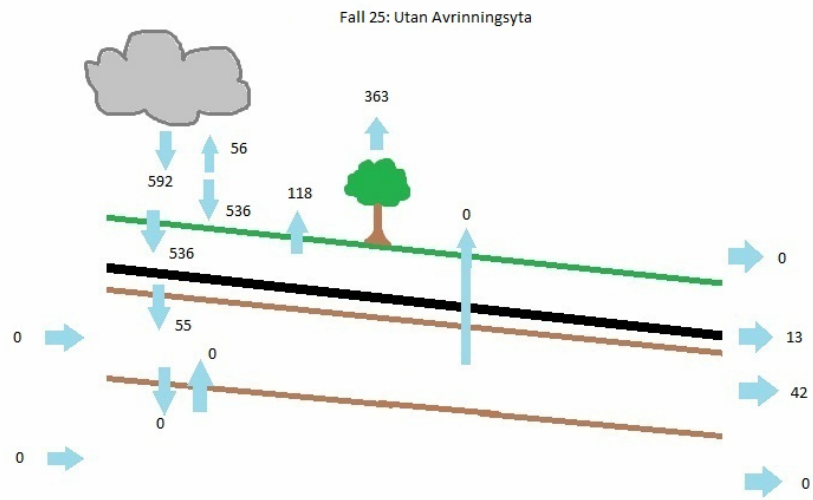












## Bilaga 2: Ord- och förkortningsförklaring

---

Cu	Grundämnet Koppar
Detention storage	Fördröjningsmagasin, vattnet måste uppnå ett visst djup (t.ex. 2 mm) innan det börjar röra på sig.
Dräneringslager	Lager bestående av ett material med hög infiltrationskapacitet och med syftet att leda bort vatten.
Evapotranspiration	Sammanfattande term för avdunstning (evaporation) och det vatten som växterna tar upp (transpiration).
MIKE SHE	Hydrogeologisk beräkningsprogram framtaget av DHI Sverige AB.
MOUSE	Beräkningsprogram vilket hanterar rörsystem. Ingår i samma familj av program som MIKE SHE.
Mättad / Omättad zon	Den mättade zonen är den del av marken som är mättad (fylld) med vatten. Kan även kallas grundvattenzon. Den omättade zonen är den del av marken som inte är mättad med vatten. Den kan dock innehålla en hel del vatten ändå.
Pb	Grundämnet Bly
SZ 1	Mättad zon 1 eller den övre mättade zonen som enbart existerar då grundvattnet stiger över den satta nivån och gör om delar av den omättade zonen till en mättad zon.
SZ 2	Mättad zon 2 eller den undre mättade zonen. Detta är den ursprungliga mättade zonen och finns alltid.
TP	Total fosfor (Total phosphorus)
TTS	Totala suspenderade partiklar (Total suspended solids)
Zn	Grundämnet Zink
Översilningsyta	Slänt vilken ofta är gräsbelagd där vattnet ska kunna infiltrera ner i marken.



## Bilaga 3: Resultatmatriser

---

Här finns större och mer utskriftsvänliga versioner av tabell 5 och tabell 8 vilka är de resultatmatriser som sammanställdes av simuleringarna.

