



# Ekologisk dagvattenhantering med biodiken

-teknik, utveckling och inspiration

Anna Edvinsson

Kandidatarbete vid institutionen för stad och land i Uppsala, LA- avdelningen

EX0285 Kandidatarbete i landskapsplanering, 2009, 15hp på landskapsarkitektprogrammet

© Anna Edvinsson

Titel: Ekologisk dagvattenhantering med biodiken -teknik, utveckling och inspiration

Nyckelord: Ekologisk dagvattenhantering, biodike, bioswale, fördröjning, infiltration, dagvattenrening, hållbart samhälle

Handledare: Elin Tidbeck, institutionen för stad och land

Examinator: Malin Eriksson, institutionen för stad och land

Online publication of this work: <http://epsilon.slu.se/>

## Sammanfattning

De traditionella dagvattensystemen med underjordiska ledningsnät innebär stora komplikationer i form av översvämningar och en mycket negativ miljöpåverkan. Genom att istället efterlikna naturens kretslopp renar och fördröjer de ekologiska dagvattensystemen vattnet på dess väg mot det mottagande vattendraget, recipienten, och avlastar samtidigt ledningsnätet. Denna uppsats syftar till att informera, argumentera och inspirera till en utökad användning av dessa system och att särskilt belysa biodikets roll och funktion.

Biodiken, eller bioswales, är grunda, vegetationsbeklädda diken med svag lutning som renar, infiltrerar och fördröjer dagvattnet och kan exempelvis användas längs vägar, på parkeringsplatser eller bostadsgårdar. De är flexibla som gestaltungs-element och effektiva ur reningssynpunkt, men de kräver rätt utformning och dimensionering. Därför beskrivs i detta arbete tekniken och de viktigaste parametrarna man bör tänka på vid planering och anläggande av biodiken. Form, lutning och längd är centralt vid utformningen och reglerar biodikets fördröjningsförmåga. Även vegetationen bidrar till att sänka vattnets hastighet och genom att partiklar då hinner sjunka till botten, sedimentera, renas även vattnet. I jorden filtreras vattnet från ytterligare föroreningar och de mikroorganismer som lever där omvandlar dessutom föroreningar till former som växterna lätt kan ta upp och lagra i sin biomassa. På så sätt är biodiket ett komplext system där alla delar spelar en viktig roll och om de är korrekt utformade är biodiket en välfungerande och effektiv metod för omhändertagande av dagvatten.

Ekostaden Augustenborg i Malmö och bostadsområdet High Point i Seattle i USA är två bra exempel där ekologisk dagvattenhantering har betytt mycket ur såväl sociala som ekologiska perspektiv och där man har visat på den potential och variationsrikedom som finns i systemen.

# Ekologisk dagvattenhantering med biodiken

## *-teknik, utveckling och inspiration*

### **Bakgrund**

Vi står inför det faktum att klimatförändringar hotar vår planet och översvämningar och stormar blir allt kraftigare. Även i Sverige är vi drabbade av ökade mängder regn- och smältvatten, vilket leder till överbelastade ledningsnät med bland annat översvämningar och skador på hus som följd. För att hantera dessa förändringar anser jag att vi bör dra nytta och lärdom av andra länder som har längre erfarenhet av kraftiga regnoväder och omhändertagande av stora mängder dagvatten. När jag studerade på Purdue University i USA under läsåret 07/08 fick jag en inblick i deras metoder för ekologisk dagvattenhantering, ED, och lärde mig en del, för mig då helt okända, tekniker för dagvattenhantering. Det ekologiska tankesättet var något som bara nämnts i förbifarten på landskapsarkitektutbildningen i Sverige, men som där genomsyrade hela utbildningen och fick mig att tänka om. Istället för att fortsätta i de banor vi blivit skolade att tänka, där dagvattnet är något som man strävar efter att bli av med så fort som möjligt, menar jag att vi bör vidga våra vyer och blicka framåt mot ett mer ekologiskt hållbart samhälle.

Dagvattenhanteringen är en viktig del i det hållbara samhället och kräver därför särskild uppmärksamhet. Det finns en hel del goda exempel i Sverige där man använt sig av ekologiska metoder och frågan kring ED lyfts fram allt mer, men trots detta finns fortfarande en stor tröghet i utvecklingen. Ekologisk dagvattenhantering kommer bara på frågan i undantagsfall och ses då ofta som något annorlunda och nyskapande. Trots att inställningen har blivit allt mer positiv är många fortfarande skeptiska och ser hellre att de gamla ”beprövade” metoderna används. En bredare och djupare kunskap, i kombination med viljestyrka och engagemang, krävs för att den ekologiska dagvattenhanteringen ska bli en självklarhet vid all planering och projektering.

Ett annat problem som jag ser med den nuvarande ekologiska dagvattenhanteringen i Sverige är den begränsning till ett användande av främst dammar och i vissa fall våtmarker för omhändertagande av dagvatten. En användbar teknik som man utnyttjar mer och mer i USA är bioswales, vilka jag har valt att kalla biodiken. Detta är en typ av dike med svag lutning, som används för att avleda och fördröja dagvattnet samtidigt som det renas och infiltreras i marken. Med sin smala form och sina stora variationsmöjligheter kan de anpassas till de flesta platser och användas som designelement på allt från parkeringsplatser och vägar till små och stora bostadsgårdar. Valmöjligheterna är många och de ekonomiska, sociala och ekologiska vinsterna stora.

## Syfte

Syftet med denna uppsats är att, med stöd av litteratur och befintlig kunskap och erfarenhet i ämnet, argumentera för en utökad användning av ekologisk dagvattenhantering samt för en uppdatering och ett införande av nya tekniker i Sverige. För att underlätta denna process är målet att göra kunskapen lättillgänglig för landskapsarkitekter och andra yrkesgrupper som ingår i planeringen av dagvattenhantering. Jag studerar biodiket närmare för att tydliggöra dess funktion och användningsområden och på så sätt lägga grunden för införandet av biodiken till svensk dagvattenhantering.

## Avgränsning och struktur

Jag har valt att avgränsa mitt arbete till att kort beskriva den svenska dagvattenhanterings utveckling för att sedan ge en överblick över tekniken och funktionen bakom den ekologiska dagvattenhanterings olika delar. Djupdykningen gör jag i min beskrivning av biodiket där jag även går in på dess potentiella roll i svensk dagvattenhantering. Denna del syftar till att fungera som en introduktion till användandet av biodiken och innehåller riktlinjer och tips för vad man bör tänka på vid anläggande av dessa. Specifika tekniska beskrivningar och expertis rekommenderas dock som komplement.

Jag visar med ett typexempel hur ett ekologiskt dagvattensystem kan se ut och tar även upp ett par exempel på hur ED används i Sverige och USA. I diskussionsdelen reflekterar jag kring den information jag har funnit och argumenterar och understryker min åsikt i frågan.

## Metod

Jag valde att söka mycket information från USA, där man använt sig av ED och biodiken under en längre period. Genom att kontakta min lärare Matthew Kirkwood från Purdue University samt genom samtal med min handledare Elin Tidbeck har jag fått tips om var i USA det finns intressanta exempel. Genom att söka på Internet, i databaser och bibliotek har jag letat mig fram till relevanta källor. Jag sökte efter forskningsrapporter och böcker, men även manualer och instruktioner till anläggning av ekologiska dagvattensystem. Fokus i mitt sökande var biodiken, men jag sökte även brett på ED. Jag letade även bland publicerade examensarbeten för att få inspiration och tips om referenser samt i viss mån även fakta. I största möjliga mån har jag sökt upp den primära källan, men där den inte funnits att få tag på har jag använt mig av den sekundära källan och hänvisar då till den primära. Mycket tid har gått åt till att läsa in mig på ämnet, sålla bland källor och leta fram intressanta tips, erfarenheter och fakta.

Mina två främsta källor är Peter Stahre och Dennis Jurries. Peter Stahre var civilingenjör och dagvattenexpert på VA-syd i Malmö där han även var vice VD. Han var anlitad som vattenexpert internationellt, bland annat i USA, och var den som låg bakom Malmös transformation till ett ekologiskt dagvattensystem. Jag har valt att använda mig av två av hans böcker, utgivna år 2006 och 2008. Dennis Jurries är dagvatteningenjör på *State Department of Environmental Quality (DEQ)* i Oregon, USA, och jag har använt mig av den guide för anläggandet av biodiken och andra biofilter som han skrev för DEQ år 2003.

## Dagvattenhanteringsens utveckling i Sverige

Regn- och smältvatten i staden har traditionellt sett behandlats som ett problem. För att undvika översvämningar och stående vatten har målet varit att så snabbt och diskret som möjligt leda bort det med hjälp av dagvattenbrunnar kopplade till ett underjordiskt ledningsnät. Stahre (2006, s. 9-10) berättar att man fram till 1950-talet anlade kombinerade system där avloppsvatten och dagvatten kopplades samman och leddes till reningsverk. På så sätt renades allt vatten, men problemen med överbelastade ledningsnät växte, med kraftigt försämrad reningseffekt och översvämningar som följd. För att avlasta ledningsnätet började man från och med andra hälften av 1900-talet anlägga separata system där dagvattnet istället leds orenat direkt från staden ut i sjöar och hav (Stahre 2006, s. 9).

Stahre (2008, s. 7) förklarar att man på 1970-talet fick upp ögonen för de föroreningar som dagvattnet innehåller och att man därför började sätta in åtgärder för att hindra dessa från att nå vattendragen. På 1990-talet fick även den sociala delen i planering och dagvattenhantering en större roll och begreppet hållbar utveckling introducerades (Stahre 2008, s. 7).

Utvecklingen mot det hållbara samhället är en långsam process där dagvattenhanteringen är en del i ett större sammanhang. Stahre (2008, s. 12-16) delar med sig av sina erfarenheter av att införa ED i Malmö och medger att det krävs tålamod och viljestyrka för att lyckas styra utvecklingen åt rätt håll.

## Vad är ED?

I naturen renas och infiltreras vattnet naturligt i vegetationsytor, våtmarker och vattendrag. Den stora andelen hårdgjorda ytor i våra städer hindrar infiltrationen, vilket leder till en sänkning av grundvattennivån som i sin tur orsakar skador på byggnader, infrastruktur och akvatiska ekosystem (Wulff 2008, s. 29 se Ferguson 1998). Metoden att leda vattnet vidare direkt till vattendragen hindrar dessutom reningen och resulterar i att våra sjöar och hav matas med föroreningar. Ekologisk dagvattenhantering syftar istället till att återföra vattnet till dess naturliga kretslopp och låta samma processer som sker i naturen ta hand om rening och infiltration av vattnet (Lönngren 2001, s. 9-10). Detta sker genom sedimentering, filtrering, växtupptag och infiltration i olika anläggningar. Dessutom återgår så mycket som två tredjedelar av nederbörds mängden till atmosfären då det avdunstar från de öppna dräneringssystemen (Lönngren 2001, s. 9-10).

Ekologisk dagvattenhantering är ett samlingsnamn som talar för sig själv – det är ett ekologiskt hållbart sätt att ta hand om dagvattnet och kan sägas vara en kombination av lokalt omhändertagande av dagvatten, LOD, och öppen utjämning, ÖU (Lönngren 2001, s. 14). LOD syftar till att ta hand om regnvattnet lokalt, det vill säga där det faller och ÖU är den teknik där dagvattnet leds i öppna system till anläggningar där flödet fördröjs och utjämnas (Bonn 2000).

Lönngren (2001, s. 10) listar upp några av fördelarna med ED:

- ”rik närmiljö för människor, växter och djur
- bibehållna grundvattennivåer
- minskad mängd föroreningar till reningsverk och känsliga recipienter
- minskad kostnad för att bygga och upprusta ledningsnät
- samhällsekonomiska vinster”

De estetiska och rekreativa värdena är ofta mycket stora, då dammar, kanaler och vegetationsstråk ger karaktär och förhöjda naturvärden. Genom att skapa våtmarker och gröna stråk kan ED-anläggningar även utgöra habitat åt fåglar och andra djur och därmed bidra till en ökad biologisk mångfald. I allt fler städer krävs åtgärder för att avlasta det befintliga ledningsnätet och då har ED visat sig vara en mycket bra lösning som inte bara fördröjer och infiltrerar dagvatten utan även renar det. Infiltrationen gör att grundvattnet kontinuerligt fylls på och reningen resulterar i mindre andel föroreningar som når recipienter och de akvatiska ekosystemen. Genom att använda ED för att avlasta ledningsnätet slipper man bygga nya ledningar och behovet av kostsamma upprustningar minskar. Avlastningen förhindrar även översvämningar med framkomlighetsproblem, fuktskador på hus, kraftig erosion och andra olägenheter som ett överbelastat ledningsnät innebär.

## Metoder, tekniker och begrepp inom ED

Det finns många metoder och tekniker inom ED och detta avsnitt syftar till att ge en överblick över de viktigaste delarna och därmed ge en ökad förståelse för systemet. Utformningen och val av metod avgör reningsgraden och ett komplext system med många steg ger bättre rening (Lönnngren 2001, s. 28).

### Gröna tak

Hustak utgör en mycket stor del av den hårdgjorda ytan i våra städer och är därför viktiga att ta med i beräkningarna vid planering av dagvattensystem. Gröna tak är bevuxna med vanligtvis fetbladsväxter, *Sedum*, och olika typer av mossor och som därmed förvandlar det hårdgjorda taket till en vegetationsyta. Beroende på säsong tas 10–100 procent av nederbörden som faller på gröna tak omhand, vilket innebär en stor fördel nedströms med mindre flöden som konsekvens (SMFD 2004, s. 2/39).

### Genomsläpplig markbeläggning

För att minska mängden hårdgjorda ytor kan man på vissa platser använda sig av genomsläpplig markbeläggning och på så sätt öka infiltrationen och ytterligare reducera flödet. Exempel på sådana är grus- och gräsarmeringar, plattbeläggning med öppna fogar och genomsläpplig betong och asfalt (Stahre 2006, s. 28–29). En nackdel med denna metod är att vattnet oftast inte genomgår någon nämnvärd rening, men detta bör ställas i relation till skadan av att föra vattnet direkt till recipienten.

### Infiltrationsplantering

Infiltration i marken kan ske i de flesta genomsläppliga markbeläggningar, planteringsytor och gräsmattor, men det finns särskilda konstruktioner för effektivare infiltration där vattnet även filtreras, samlas upp och renas (SMFD 2004, s. 2/58). Dessa anordningar kallas infiltrationsplanteringar eller infiltrationsstråk. Liptan och Murase (2000, s. 9) förklarar att de kan utformas i valfri karaktär och ges ett formellt eller informellt uttryck och på så sätt integreras i platsens design. De kan ha varierande storlek och form och passar bra i tätt exploaterade områden, på bostadsgårdar, parkeringsplatser och andra platser där man kan tänka sig en plantering.



*T.v: Exempel på infiltrationsplanteringar på Buckman Heights Apartments i Portland, Oregon. De två rektangulära infiltrationsplanteringarna i mitten tar hand om regnvattnet från taken och från de hårdgjorda ytorna på gården. T.h: Planteringsytan har försetts med ett breddavlopp. Bilder: Liptan och Murase (2000, s. 11).*

## Träd

Förutom att ta upp näringsämnen och föroreningar ur vattnet spelar träden en viktig roll för ED genom att deras kronor skuggar och på så sätt kyler marken och det vatten som rinner över den (SMFD 2004, s. 2/54). Dessutom samlas regnvatten i kronorna där det sedan avdunstar och därmed aldrig når marken.

## Perkolationsmagasin

Perkolationsmagasin, eller stenkistor, består vanligtvis av en utgrävd grop eller kanal fylld med ett luftigt material som exempelvis grus (Stahre 2006, s. 30). Här dräneras vattnet fort från markytan och går sedan antingen direkt ut i grundvattnet och omgivande mark eller leds via dräneringsledningar vidare ut i det vanliga ledningsnätet. Ingen nämnvärd rening sker i perkolationsmagasin och de kan endast hantera små avrinningsområden (Stahre 2006, s. 30).

## Dammar

Dammar är öppna bassänger med en konstant vattenspiegel som används för utjämning och uppdämning av dagvatten (Bonn, 2000). Enligt Hallberg och Renman (2004, s. 262) är dammar den mest använda metoden inom ED i Sverige och de används även för rening av dagvatten och som gestaltungsselement på bostadsgårdar. Reningen sker framför allt genom sedimentering, men beroende på design och förekomst av växter kan även filtrering och växtupptag ske.

## Våtmarker

Enligt Bonn (2000) räknas alla grunda vegetationstäckta vatten som våtmarker. Inom ED anläggs konstruerade våtmarker som liknar de naturliga och som används för flödesutjämning och rening av dagvatten (Stahre 2006, s. 64). De liknar på många sätt även dammen i sin funktion, men har i regel lägre vattennivå och större andel växter och anläggs ofta mer i utkanten av staden, i naturliga miljöer.



## Öppna kanaler

Öppna kanaler är ett stadsmässigt sätt att transportera dagvatten. Stahre (2006, s. 54) beskriver dem som en exklusiv design som är dyr och därför bara används då man särskilt vill visa upp vattnets väg och demonstrera dess positiva inverkan på stadsmiljön eller en bostadsgård. Ingen rening sker här, vilket är ytterligare en anledning till att de används begränsat.

## Svackdiken

Ett naturligt sätt att leda dagvattnet och samtidigt infiltrera det i marken är med hjälp av svackdiken. Stahre (2006, s. 50) beskriver dem som gräsbevuxna grunda, svagt lutande dikesveck med flacka sidolutningar. De kan ha ett dränerande material i botten, som exempelvis grus, för att förbättra infiltrationskapaciteten. Det kan i sin tur förstärkas med ett dräneringsrör kopplat till ledningsnätet så att överflödigt vatten kan ledas vidare till recipienten vid stora flöden.

## Biodiken

Jurries (2003, s. 14) beskriver biodiken som grunda diken med svag lutning, vilka används för att samla upp, leda, rena och infiltrera dagvatten. *Biodike* är ett samlingsnamn för alla typer av diken som uppfyller dessa krav och således kan svackdiken räknas som en typ av biodike. De biodiken som används i USA har dock större variation avseende utformning och växtval och reningen av dagvattnet är en central del av biodikets roll. Denna rening sker genom sedimentering, filtrering och växtupptag av föroreningar och effektiviteten styrs av bland annat vattnets hastighet och uppehållstid i biodiket, vegetationens täthet och art samt jordens infiltrationsförmåga (Jurries 2003, s. 3-26).



*T.v: Ett biodike med klippt gräsmatta, vilket används i Sverige under namnet svackdike. T.h: Ett biodike med friväxande, tät vegetation, som används i USA och som har bättre fördröjnings- och reningsförmåga än det gräsbevuxna svackdiken. Bilder: Jurries (2003, s. 29-30).*

## Typexempel på ED-system



Exempel på hur de olika metoderna kan användas i ett ED-system. Biodiket kan även användas separat, kopplat till ledningsnätet.

1. Grönt tak för omhändertagande och avdunstning av dagvatten. Vattnet leds vidare ned via stuprör till gräsmattan.
2. Infiltration i gräsmattan, samt transport till den lilla dammen på bostadsgården.
3. Gräsbevuxet biodike/svackdike för infiltration samt avledning mot dammen.
4. Damm som samlar upp dagvatten från taket och bostadsgården. Underjordiska ledningsrör leder vattnet vidare till biodiket på andra sidan gångvägen.
5. Parkeringsplats med genomsläpplig markbeläggning infiltrerar och leder vattnet vidare mot biodiket.
6. Biodiken med friväxande vegetation tar hand om vattnet från en del av bostadsgården samt från parkeringsplatsen och bilvägen. Olika sorters gräs, perenner, buskar och träd bidrar till deras reningseffektivitet och minskar erosion, flödes hastighet och temperatur på dagvattnet. Ett biodike sträcker sig längs bilvägen och är kopplat till ett annat som slingrar sig ned över den öppna ytan och ned mot den stora dammen.
7. Fördämningar längs biodiket sänker flödes hastigheten, ökar infiltrationen och skapar variation i landskapet.
8. Stor damm på offentlig mark som tar hand om dagvattnet från hela området. Här renas och infiltreras vattnet och däms upp till en viss nivå. Vattnet rör sig långsamt genom dammen och leds vid utloppet till ledningsnätet och vidare till recipienten.

## Biodiket

### *–en flexibel och effektiv metod för dagvattenhantering*



*T.v: Storlek och utformning av biodiken kan ta många uttryck. Här visas ett exempel på ett stort biodike som kan ta hand om stora mängder dagvatten. Bild: NRCS (2009a).*

*T.h: Ett biodike med högvuxna grässorter är här sammankopplat med den dräneringsväg som tar hand om dagvattnet från bostadsområdet i bakgrunden. Bild: NRCS (2009b).*

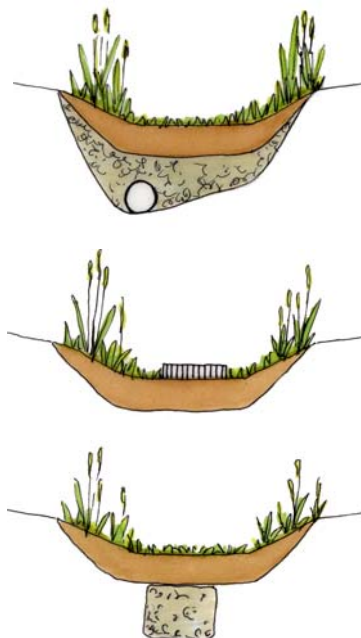
Portland i delstaten Oregon, USA, vann EPA's *Environmental Excellence Award 1996* för sitt program för stadens dagvattenhantering (Hottenroth, Harper & Turner 1999) och är fortfarande framstående inom amerikansk ED. Oregon har utvecklat en guide för reningen av dagvatten med hjälp av biofilter (Jurries 2003), som i detalj beskriver uppbyggnaden och tekniken bakom dessa. Jurries (2003) tar upp möjligheterna med biofilter och lägger fram att de flesta av de misslyckade exempel som finns till största delen beror på otillräcklig information och dålig kunskap i design-, anläggnings- och skötselskedet. Det är därför viktigt med en djupare förståelse för tekniken och funktionen bakom dessa anläggningar. Biodiken i kombination med konstruerade våtmarker presenteras som ett framgångsrikt system för rening och uppsamling av dagvatten. De framhålls även vara det mest ekonomiska sättet att eliminera eller minska mängden lösta och kolloidala föroreningar från dagvatten, räknat på både den initiala kostnaden och skötselkostnaden (Jurries 2003). Då sedimentering av partiklar också är en viktig del i biodikets funktion kan man konstatera att biodiket är mycket effektivt för att reducera mängden såväl partikulärt bundna som kolloidala och lösta föroreningar.

Vid större regnskuror krävs att biodiket är kopplat till ledningsnätet eller till en damm eller våtmark, så att vattnet kan passera vid allt för höga flöden. Jurries (2003, s. 17) framhäver dock biodikets kapacitet att kunna vara ett alternativ till andra fördröjnings- och uppdämningsfaciliteter, som exempelvis dammar och våtmarker och i NRCS (2005) beskrivs att biodiken kan infiltrera vattnet från normala regnskuror och då fungera separat.

### **Användningsområden och infiltrationskrav**

Biodiken kan användas på parkeringsplatser, vid vägar och för att ta hand om vattnet från tak och andra hårdgjorda ytor (SMFD 2004, s. 2/65). Beroende på vilken yta som avvattnas används olika kriterier, där offentliga gator klassas högre och kräver större kapacitet hos biodiket (SMFD 2004, s. 2/65). I SMFD (2004) redogörs för framför allt tre lösningar på dräneringen av biodiken, beroende på dess placering och ändamål. En typ har ett perforerat dräneringsrör i botten, vilket är kopplat till ledningsnätet (SMFD 2004, s. 77). En annan variant har ett utlopp

på botten vid slutet av biodiket nedströms för att leda bort vattnet vid ett visst flöde (SMFD 2004, s. 2/65). För ytterligare infiltrationskapacitet kan den tredje varianten användas, i vilken ett perkolationsmagasin installeras under biodiket (SMFD 2004, s. 2/78).



T.v: Exempel på användningsområden för biodiken. Överst: Ett biodike mellan bebyggelse och väg vid Hawthorn Ridge i Portland, Oregon i USA. Bild: Jurries (2003, s. 33). Nederst: Biodike på en parkeringsplats vid Oregon Museum of Science and Industry. Bild: Jurries (2003, s. 29). T.h: Biodiken med förbättrad infiltrationskapacitet. Överst: Perforerat dräneringsrör i ett dränerande gruslager. Mitten: Utlopp på botten vid biodikets slut. Nederst: Perkulationsmagasin under biodiket.

## Tekniken

Hela processen från planering till utförande och skötsel är avgörande för systemets funktion, effektivitet och skönhetsvärde. För att undvika misslyckanden är det därför viktigt att se till att samtliga av systemets alla delar konstrueras på rätt sätt (Jurries 2003) och eftersom att jag har studerat biodiken närmare följer nu en sammanfattning över det viktigaste vid dimensionering och planering av dessa.

Jurries (2003) tar upp följande tre steg i biodikets rening av dagvatten:

- **Sedimentering** av partiklar och till dessa bundna föroreningar.
- **Fördröjning** av vattenflödet uppstår på grund av biodikets svaga lutning och täta vegetation och bidrar till minskad erosion och förbättrar reningseffektiviteten. Genom att *uppehållstiden* i biodiket blir längre hinner en större mängd föroreningar sedimentera och filtreras bort från vattnet samtidigt som *infiltrationen* i marken blir större.
- **Filtrering** av lösta och kolloidala föroreningar sker i *jorden* samt med hjälp av *mikroorganismer* och *vegetation*.

## Jorden

Jurries (2003, s. 3) förklarar att det går att anlägga biodiken på de flesta jordtyper. Det viktigaste är att jorden inte är kompakterad då en lucker jord är förutsättningen för en rad avgörande mekanismer. Det möjliggör utvecklingen av vegetationens rotsystem och av mikroorganismer, bidrar till en god filtrering och

infiltration av vattnet samt ger en hög vattenhållande förmåga vid torka. Hålrummen som finns i en lucker jord ger även plats åt föroreningar som filtrerats bort från vattnet att förvaras i jorden.

Det översta jordlagret utgör själva växtbädden och bör vara väl-dränerat och enligt SMFD (2004, s. 2) innehålla följande proportioner: 35–60% sand, 30–55% näringsrik lerjord (sand, silt, lera och mull) och 10–25% lera. Jurries (2003, s. 3) konstaterar att växtbädden bör innehålla kol och näringsämnen vid anläggandet för att främja etableringen av vegetation och mikroorganismer. Organiskt material är därför en viktig del av en bra växtbädd och då det dessutom ökar jordens luft- och vattenhållande egenskaper främjas utvecklingen av växterna och mikroorganismerna ytterligare. Det organiska materialets höga katjonutbyteskapacitet medför även en god förmåga att binda föroreningar.

### ***Mikroorganismer***

Jurries (2003, s. 5) understryker att det i hög grad är mikroorganismerna i jorden som reglerar den renande mekanismen hos biodiken. Detta genom att de fångar upp och omvandlar föroreningar till former som är ofarliga eller olösliga och som på så vis kan filtreras bort med hjälp av jorden. Mikroorganismernas aktivitet styr även växternas renande förmåga då föroreningarna dessutom omvandlas till former som växterna lätt kan ta upp. Vid torka är många växter direkt beroende av mykorrhiza för sin överlevnad, då dessa hjälper dem att få tag i vatten och näringsämnen upp till 15 meter bort (Jurries 2003, s. 5).

### ***Vegetation***

Vegetationen i biodiken tar upp näringsämnen och föroreningar ur vattnet och lagrar dessa i sin biomassa (Jurries 2003, s. 6).

Jurries (2003, s. 6) betonar vikten av ett användande av inhemska arter, då dessa kan möjliggöra täckande vegetation året runt och ofta klarar sig utan bevattning och gödning. Det är viktigt att undvika gödning då det, förutom att innebära en ökad underhållskostnad, även leder till en förhöjd halt av de näringsämnen som biodiket är menat att reducera. Vidare understryker Jurries (2003, s. 6) att inhemska växtarter kan utgöra habitat åt många fåglar och andra djur, vilket bidrar till den biologiska mångfalden och möjliggör för ytterligare kvaliteter hos anläggningen. Risker med exotiska växter är till exempel deras känslighet mot vårt klimat, men även motsatsen kan inträffa; om de trivs på platsen kan de i brist på konkurrens sprida sig och konkurrera ut övrig växtlighet (Jurries 2003, s. 6).

Förutom att välja inhemska, tåliga arter ska man se till att de uppfyller kraven på till exempel ståndort, växtsätt och förmåga att binda jord och skapa skugga. Jurries (2003, s. 7) berättar att biodiken brukar delas in i en övre, mittersta och nedre växtzon, vilka har olika karaktär och därför ställer speciella krav på vegetationen. Längst ner i sänkan planteras växter som tål både stående vatten och varierande vattennivå och som även sänker hastigheten på vattenflödet. Lägre arter så som olika typer av gräs bra passar därför bra här. I mitterzonen är det något torrare, men växterna ska fortfarande tåla fluktuerande vatten och bör ha en god förmåga att binda jord och täcka marken väl, då risken för erosionsskador är som störst här. Här passar något högre vegetation och även vedartade växter. Högst upp planteras växter som tål torra förhållanden och inslag av träd är lämpligt för att ge skugga åt vattnet och hindra för höga temperaturer under varma perioder (Jurries 2003, s. 7). Detta för att vattnet ska ha en lagom temperatur när det slutligen når recipienten.

Olika typer av gräs kan skapa vackra former och uttryck och är väl använda i biodiken. Jurries (2003, s. 7) påpekar att de är mycket bra lämpade till detta då de har ett fintrådigt rotsystem som binder jord bra och täcker marken väl samtidigt som de har ett upprätt växtsätt som står emot regn och starka vattenflöden.



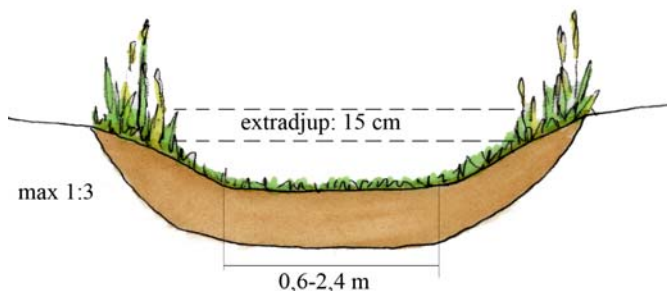
*Olika typer av gräs, perenner och träd skapar såväl estetiska som funktionella värden. Bild: DRC (2009).*

Vill man uppnå resultat snabbt kan man använda prefabricerade vegetationsprodukter. VegTech beskriver på sin hemsida att deras produkter har ett utvecklat rotsystem och fäster snabbt i underlaget samt att de fungerar väl som erosionskydd och för vattenrening. För vidare beskrivning och tips på lämpliga växter, se [www.vegtech.se](http://www.vegtech.se).

### **Dimensionering och utformning**

Lönnegren (2001, s. 34) skriver om sedimentering i dammar och påpekar att vattnets uppehållstid i dammen avgör hur stor del av partiklarna som hinner sjunka till botten. Samma sak gäller för biodiken och det som bestämmer uppehållstiden är deras form, lutning, längd och täthet i vegetationen (Jurries 2003, s. 20). En tumregel för bestämning av biodikets storlek är att dess yta ska vara 4 procent av den hårdgjorda ytan som avvattas till det (ACCWP 2009).

Beträffande form delas biodiken in i rektangulära, triangulära, parabolformade och trapetsoidformade (Jurries 2003). Det trapetsoidformade biodiket har en plan botten och svagt sluttande kanter och är den vanligaste formen att anlägga då de är lätta att konstruera, har goda hydrauliska och vattenrenande egenskaper, underlättar skötsel och anses estetiskt tilltalande. Jurries (2003, s. 14) konstaterar att ett trapetsoidformat biodike med tät vegetation är det mest effektiva för vattenrening. För att komma åt att maskinklippa vegetationen i biodiket regelbundet bör sidolutningarna inte överstiga 1:5 och en lutning på 1:3 är det brantaste som rekommenderas för att undvika erosion. Biodiket dimensioneras för en viss storleksordning av regnskur och vattenflöde och utöver detta bör biodiket ha en säkerhetsmarginal på minst 15 cm (6 in) extradjup för att minska risken för översvämning (Jurries 2003, s.14). Botten bör vara cirka 0,6–2,4 meter bred för att vara tillgänglig för gräsklippare. En bred och plan botten är lätt att klippa och gör samtidigt att kontaktytan blir stor och biodikets förmåga att rena dagvatten ökar.



*Typexempel på ett trapetsoidformat biodike inkluderande de viktigaste måtten.*

En låg hastighet på vattenflödet innebär längre uppehållstid vilket möjliggör för en större andel partiklar att sedimentera och samlas i jorden. Samtidigt ökar då den tid som vattnet är i kontakt med jorden, mikroorganismerna och växterna varpå även filtreringen ökar. Jurries (2003, s. 22) förklarar även att en lägre hastighet i vattenflödet minskar erosionsskador och ökar infiltrationen av det renade vattnet i marken. Man bör designa biodiket så att hastigheten inte överstiger 1,5 m/s vid maxflödet, men denna siffra varierar med typ av vegetation och beroende på om erosionskydd används eller inte. Om hastigheten ofta överstiger 0,9 m/s kan dock erosionsrisken vara stor och en geotextil eller annat erosionskydd kan vara nödvändigt (Jurries 2003, s. 24).

Lutningen i biodikets riktning är således av största vikt för ett bra resultat och bör ligga mellan en och sex procent, men den optimala lutningen är mellan en och två procent (Jurries 2003, s. 20). Vill man anlägga biodiken på platser med kraftigare lutning kan detta lösas genom att man låter det följa höjdkurvorna eller ger det en meandrande form. För att förhindra erosionsskador kan svängarna förstärkas med någon typ av erosionskydd (Stahre 2008, s. 55). Denna slingrande form möjliggör även ett längre biodike vilket ytterligare ökar uppehållstiden och reningskapaciteten (Jurries 2003). Dessutom är den meandrande rörelsen genom landskapet ett effektivt gestaltningselement.

Inflödet till biodiket kan ske längs med hela kanalen alternativt vid speciella inlopp som exempelvis ett rör eller ett nedsänkt kantstöd. Inloppet kan utformas så att höga flöden leds direkt till ledningsnätet för att undvika översvämning och erosionsskador och att förorenat sediment sköljs bort från biodiket (Jurries 2003, s. 19).



*T.v: En anlagd meandrande "bäck" med erosionskydd i svängarna. Dessa förstärker här det slingrande formspråket. Augustenborg, Malmö. Bild: Stahre (2008, s. 55).*

*T.h: Nedsänkning i kantstenen leder in dagvattnet vid en viss punkt. Vid större flöden och erosionsrisk krävs en spridning av vattenflödet. Bild: DRC (2009).*

### **Renings effektivitet i biodiken**

Liptan och Murase (2000, s. 5) skriver om de försök med biodiken som har gjorts vid *Bureau of Environmental Services* i Portland. Där testade man betydelsen av biodikets vegetation och kom fram till att förmågan att fördröja vattenflödet och reducera mängden föroreningar var betydligt bättre hos det biodike som hade friväxande, inhemska gräsarter jämfört med det som hade kortklipp gräs (Liptan & Murase, 2000, s. 6). Försöket visade även att en lång uppehållstid ökar den totala mängden suspenderat material (TSS), det vill säga partiklar, som sedimenterar.

Jurries (2003, s. 25-26) har kommit fram till hur stor del av vissa föroreningar man kan räkna med att biodiket tar bort. Dessa siffror gäller för ett biodike som är minst 61 meter (200 ft) långt, med en maximal flödes hastighet på 0,46 m/s (1,5 ft/s), ett vattendjup på cirka 0,3-1,0 dm (1-4 in), en gräshöjd på minst 1,5 dm (6 in) och en uppehållstid på minst 2,5 minuter.

Tabell 1. Andel föroreningar som kan tas bort i ett biodike (Jurries 2003, s. 25).

Partikulärt material (TSS)	83-92%
Bly (Pb)	67%
Koppar (Cu)	46%
Total fosfor (P)	29-80%
Aluminium (Al)	63%
Total zink (Zn)	63%
Löst zink (Zn)	30%
Olja/fett	75%
Nitratkväve	39-89%



### Skötsel

Liptan och Murase (2000, s. 6) påstår att skötsel av vegetationen inte är nödvändig, men det varierar naturligtvis mellan typ av växtlighet, platsens karaktär och vilket uttryck man vill ge biodiket. Då växternas förmåga att ta upp föroreningar minskar med åren bör man enligt Jurries (2003, s. 9) kontinuerligt ta bort döda växtdelar. Får de ligga kvar i biodiket frigörs de föroreningar som växten tidigare tagit upp och återgår till dagvattnet. Därför ska det borttagna växtmaterialet föras till särskilda deponier där föroreningarna inte riskerar läcka ut i naturen (Jurries 2003, s. 26).

Jurries (2003, s. 26) påpekar att då sediment ansamlas på botten av biodiket kan även det behöva tas bort och biodikets form återskapas. Vid borttagande av sedimentet ska det, på samma sätt som borttagna växtdelar, föras till deponi och får absolut inte lämnas i naturen.

Biodiket bör även ses över så att dess funktion och utseende inte försämras av exempelvis skräp, erosion eller sedimentansamlingar (Jurries 2003, s. 26). I övrigt menar Jurries (2003, s. 26) att skötselbehovet hos biodiken är relativt lågt och mest av estetiska skäl innefattar klippning, beskärning och bevattning. Man bör dock vara försiktig med att skära tillbaka vegetationen allt för hårt då detta försämrar växternas förmåga att ta upp föroreningar.

### Fördämningar

Där lutningen överstiger två procent bör fördämningar installeras var femtonde till trettionde meter, beroende på hur stor lutningen är och vilken utformning biodiket har. Dessa dämmer upp vatten för att sänka hastigheten och öka uppehållstiden och infiltrationen, men bör ha öppningar för att tillåta små flöden att passera och motverka stående vatten och tillväxt av myggor (Jurries 2003, s. 22). Det uppdämda vattnet bör hinna infiltrera inom 24 timmar efter ett regn, vilket kan kräva installation av dräneringsrör under dammarna. Det finns olika





varianter av fördämningar, men det är vanligt att de görs i till exempel sten eller betong (Jurries 2003, s. 22).

*Exempel på fördämningar av sten.  
Bild: Yocum (2009-05-25, s. 3).*

## Ekostaden Augustenborg, Malmö

Dammar och våtmarker är fortfarande de vanligaste metoderna för ED, men med tiden har allt mer komplexa system utvecklats. Malmö ligger i framkanten inom svensk ED och där har den mest populära tekniken blivit de multifunktionella eko-korridorerna så som Fjärilsparken och Tygelsjö eko-korridor (Stahre 2008, s. 3). Dessa sträcker sig över stora områden och består av bland annat våtmarker, dammar och svackdiken.

I stadsdelen Augustenborg har en mängd åtgärder mot ett ekologiskt hållbart samhälle vidtagits och den kallas därför även ”Ekostaden”. Här är gröna tak, infiltrationsytor, genomsläppliga markbeläggningar och dammar integrerade i bostadsområdet tillsammans med dagvattentransport i öppna kanaler och svackdiken (Stahre 2008, s 43). Man har arbetat mycket medvetet med olika uttryck och har med hjälp av strikta betongkanaler och prydliga dammar skapat en stadsmässigt utformad miljö på bostadsgårdar medan man på andra platser har valt att återskapa naturliga landskapselement i form av slingrande bäckar och frodiga våtmarker.



*T.v: Betongkanalen som leder till en stilren damm med en fontän i mitten utgör ett uppskattat inslag på bostadsgården. Bild: Stahre (2008, s. 52). T.h: Ett svackdike som har utformats i en naturlig karaktär. Augustenborg, Malmö. Bild: Stahre (2008, s. 57).*

I Malmö tog det nästan 10 år att få den ekologiska dagvattenhanteringen allmänt accepterad på kommunen och som Stahre (2006) betonar har det varit en lång och hård kamp mot bakåtsträvande beslutsfattare. Resultaten överträffade dock många förväntningar och enkäter och intervjuer med boende talar sitt tydliga språk: de flesta är mycket positiva till det nya ekologiska dagvattensystemet och skulle inte vilja vara utan det. Många nämnde till och med att de skulle kunna tänka sig att betala extra för de kvaliteter som det medför.

## High Point, Seattle

High Point är ett stort och tätt bostadsområde som ligger i Seattle på USAs västkust. Johnson och Staeheli (2009-05-25, s. 3) berättar att man efter stora problem med föroreningar och ett hotat laxbestånd i den mottagande bäcken sökte efter en lösning som skulle ha en positiv inverkan på naturen. Ett stort projekt drogs igång där några av målen var ökad infiltration i marken, kontroll av vattenflödet, filtrering och växtupptag av föroreningar samt en gångvänlig miljö. Kärnan i detta system utgörs av biodiken av olika karaktär som tar hand om och utjämnar vattenflödet samtidigt som de förhöjer skönhetsvärdet i området (Johnson & Staeheli 2009-05-25, s. 3). De två typerna av biodiken som användes var det grunda gräsbeklädda och det djupare biodiket med tät vegetation. Det sistnämnda är det mest effektiva och enligt många det mest estetiskt tilltalande biodiket, men på vissa platser passar det gräsbevuxna bättre. I High Point valde man den grunda, gräsbevuxna sorten på de platser där fotgängare behövde kunna korsa fritt (Johnson & Staeheli 2009-05-25, s. 8). Systemet av biodiken leder till en stor damm, som har blivit en viktig del i den multifunktionella rekreationsytan som skapats i området. Andra delar i systemet är genomsläppliga markbeläggningar och minskad andel hårdgjorda ytor, där en åtgärd var att minska gatubredderna på vissa gator (Johnson & Staeheli 2009-05-25, s. 8).

Resultaten har visat sig mycket positiva då bäcken har skonats från fortsatt förorening och mängden dagvatten har reducerats. Dessutom har bostadsområdet lyfts och blivit grönare och mer intressant att promenera och vistas i, vilket har lett till att de boende i mindre utsträckning väljer att ta bilen (Johnson & Staeheli 2009-05-25, s. 9). Avslutningsvis betonar Johnson & Staeheli (2009-05-25, s. 9) att High Point är ett fantastiskt bra exempel på att ekologisk dagvattenhantering går utmärkt att använda i täta urbana miljöer.



*T.v: Ett djupt biodike med varierad vegetation. High Point, Seattle. Bild: Giraldo och Leighton (2007). T.h: En av gatorna som smalnats av och givits en slingrande form för att minska andelen hårdjord yta och uppmuntra bilisterna att sakta ner. Biodiket som sträcker sig längs med vägen får därmed en svagt meandrande form. Foto: CRD (2009-05-07).*

## Diskussion

Medvetenheten kring ekologisk dagvattenhantering har ökat sedan idén om LOD blev aktuell i slutet av 1980-talet, men trots att ED går att förena med såväl ekonomiska besparingar som estetiska och sociala mervärden tillämpas dessa tekniker fortfarande endast i undantagsfall. Jag menar att vi i stället bör lära oss av

de goda exempel som finns och att det borde vara en självklar utgångspunkt att ta hand om vårt dagvatten på ett ekologiskt hållbart sätt. Med tanke på alla fördelar som ED innebär ser jag ingen annan förklaring till dagens ignorans av detta än brist på kunskap och förståelse för systemet. Kan vi bara nå ut med den skulle vi kunna lägga energin och resurserna på att utveckla och förverkliga ett ekologiskt hållbart samhälle istället för att argumentera och kämpa mot bakåtsträvande beslutsfattare.

De klimatförändringar, med stora regnmängder och kraftiga flöden, som gör sig allt mer påmind är ytterligare en anledning att anlägga ekologiska, öppna dagvattensystem. Då de kan avhjälpa överbelastade ledningsnät och på så vis förhindra översvämningar och skador på hus har detta blivit ett slagkraftigt argument för ED. Bostadsområdena Augustenborg i Malmö och High Point i Seattle är båda exempel där man tvingats till en lösning på direkta problem och där ett öppet dräneringssystem givit goda resultat. Vi verkar fortfarande vara i det stadiet där komplikationerna måste vara uppenbara för att vi ska komma upp med en lösning, men jag hoppas på en förändrad attityd där lösningen kan komma innan problemen uppstår. Kanske är det långt kvar tills att ED används som standard i samtliga projekt, men jag är övertygad om att det måste till mer än bara några få ED-projekt här och där för att vi ska nå några resultat i minskad miljöpåverkan och därför tror jag att vi måste börja med att avdramatisera ED. Genom att använda inslag av ED i kombination med det befintliga ledningsnätet kan vi successivt introducera dessa tekniker i branschen och på så sätt frångå uppfattningen om att ED endast är till för demonstrationsprojekt.

Det är här biodiket kommer in i bilden. Det är flexibelt och kan utformas individuellt för varje plats och anpassas till de förutsättningar och krav på rening och fördröjning som finns där. Alla de mekanismer som verkar i ED-system, som exempelvis fördröjning, rening och infiltration, finns samlade i biodiket och jag ser därför en stor potential i dess roll i svensk dagvattenhantering.

Liptan och Murases (2000) försök visade att de biodiken med klippt gräs, som man oftast ser i svenska exempel, inte är lika effektiva i att fördröja flödet och rena vattnet som de djupare biodikena med tät, friväxande vegetation. En varierande plantering med olika grässorter, perenner, buskar och träd ger ett mycket mer intressant och levande uttryck, och då det dessutom är mer effektivt för rening och ekologiskt omhändertagande av dagvatten menar jag att vi borde börja använda oss mer av den sortens biodiken. Eftersom att målet med ED och biodiken är att efterlikna naturens komplexa uppbyggnad och system för att uppnå samma resultat av fördröjning, infiltration, erosionsskydd och näringsupptag säger det sig själv att den täta, varierade planteringen med inhemska arter är bättre lämpad än den klippta gräsmattan.

Augustenborg är ett fantastiskt exempel på ED och det vore en dröm om alla städer hade samma ekologiska anpassning, men det är långt ifrån dagens verklighet. För att skapa Augustenborg har krävts ett enormt engagemang och det har tagit många år. Jag menar att vi med enkla medel kan skapa delar av detta i de flesta projekt som byggs och att många områden skulle kunna rustas upp till ett ekologiskt hållbart system. Ett biodike kan ibland vara tillräckligt för att avlasta det befintliga dagvattensystemet och för att hjälpa till att rena vattnet på sin väg mot sjöar och hav. Så länge dimensionering och utformning är väl genomtänkt kan ett biodike ensamt fördröja och rena dagvattnet från ett kvarter, en parkeringsplats eller en gata. Utrymmet avgör i vilken grad man väljer att integrera naturen i dagvattenhanteringen och även om inte hela ekostäder byggs, kan inslag av öppen

dränering göra skillnaden mellan ett problematiskt och ett ekologiskt hållbart dagvattensystem.

Många tror kanske att ED-anläggningar och biodiken innebär enormt mycket mer arbete än de traditionella ledningarna, men faktum är att det är ett mindre ingrepp att anlägga ett biodike än att gräva nya underjordiska ledningar. Ovan mark har man dessutom bättre överblick över systemet och dess funktion och det är betydligt lättare att komma åt att rensa ett biodike än att reparera ett ledningsnät. Bortförslens av sediment och växtdelar innebär visserligen en arbetsinsats, men jämför man det med att det istället hade varit vanliga perennplanteringar där är det inte så stor skillnad. Det är dock viktigt att arbetet utförs korrekt och att avfallet förs till deponi och det är framför allt dessa två faktorer som jag ser som en begränsning i dag. Säkra deponier med någon typ av rening eller behandling av restprodukterna skulle vara önskvärt, då sediment och växtdelar som förs hit kanske skulle kunna användas som kompost och jordförbättring om de bara kunde renas ordentligt först. Detta nämns inte i den litteratur och de dokument jag har läst och det skulle vara intressant att fördjupa sig mer i hur väl deponierna fungerar i dag, vilka brister som finns och vad som kan förbättras. Något som däremot tas upp är den kunskapsbrist som råder i ämnet och det är en av anledningarna till att jag valde att gå in på teknik och funktion och därigenom försöka nå ut med en baskunskap om ED och biodiken.

I arbetet med uppsatsen har jag fördjupat mig och lärt mig oerhört mycket om ekologisk dagvattenhantering och biodiken. Det har varit en intressant och mycket stimulerande uppgift då jag redan innan arbetets start var intresserad och engagerad i att undersöka användandet av biodiken och hoppades på att de skulle börja användas mer i Sverige. Då kallade jag dem *bioswales* eftersom att det inte fanns något riktigt passande svenskt namn på dem, men nu heter de biodiken. Mitt engagemang har vuxit under arbetets gång, i takt med att min kunskap har ökat, och allteftersom att jag läste in mig på ämnet upptäckte jag de möjligheter och begränsningar som jag tidigare inte hade kunnat se. Jag upptäckte till exempel att planen att koppla ett exempel på ED direkt till beskrivningen av de olika metoderna inte gick att genomföra, då informationen om den exakta uppbyggnaden av de system som finns inte gick att få tag i. Jag ritade istället upp ett typexempel där jag visar de viktigaste metoderna i ett system och såhär i efterhand tycker jag egentligen att det blev bättre så. På så vis kunde jag visa systemet så som jag tänker mig att det kan se ut istället för att jaga den perfekta lösningen och de exempel jag tar upp på slutet belyser istället variationsrikedomen och flexibiliteten hos ED.

## Referenser

- ACCWP (Alameda Countywide Clean Water Program) (2009). Vegetated Swales, kap. 6.1, ss. 60-63. (Elektronisk) PDF-format. Tillgänglig: <[http://www.eoainc.com/download/1\\_Vegetated\\_Swale\\_Technical\\_Guidance.pdf](http://www.eoainc.com/download/1_Vegetated_Swale_Technical_Guidance.pdf)> (2009-05-01)
- Bonn, Christine (2000). Ekologisk dagvattenhantering i våra nordiska grannländer. (Elektronisk) Tillgänglig: <<http://www1.vaasa.fi/vitalvaasa/fin/dagvatten.htm>> (2009-05-05)

- CRD (Capital Region District) (2009-05-07). Bioswales, Rainwater Management. (Elektronisk) Bild tillgänglig: <[http://www.crd.bc.ca/watersheds/lid/images/seattle\\_bioswale\\_lane-tall.jpg](http://www.crd.bc.ca/watersheds/lid/images/seattle_bioswale_lane-tall.jpg)> (2009-05-07)
- DRC (Dupage River Coalition) (2009). (Elektronisk) Bild tillgänglig: <<http://www.dupagerivers.org/images/DSCN7677.JPG>> (2009-05-11)
- Giraldo, Greg och Leighton, Amalia (2007). Planning for stormwater. Puget Sound Section News, Washington Chapter, American Planning Association, jan-mar 2007. (Elektronisk) Bild tillgänglig: <<http://www.mrsc.org/images/apa/pss/news/200701graham.jpg>> (2009-05-07).
- Hallberg, Magnus och Renman, Gunno (2004). Försedimentering och filter vid dagvattenrening i föroreningsbelastade och trafiktäta områden. (Stockholm: Kungliga tekniska högskolan) Vatten 60, ss. 261-268. Lund.
- Hottenroth, Dawn, Harper, Craig och Turner, James (1999). Effectiveness of integrated stormwater management in a Portland, Oregon, watershed. Journal of the American Water Resources Association, vol. 35, no 3. American Water Resources Association. (Elektronisk) PDF-format. Tillgänglig: <<http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/119085707/PDFSTART>> (2009-05-25).
- Johnson, Richard L. och Staeheli, Peg (2009-05-25). City of Seattle: Stormwater Low Impact Development Practices. (Elektroniskt) PDF-format. Tillgänglig: <[http://www.seattle.gov/util/stellent/groups/public/@spu/@esb/documents/webcontent/spu01\\_002622.pdf](http://www.seattle.gov/util/stellent/groups/public/@spu/@esb/documents/webcontent/spu01_002622.pdf)> (2009-05-25)
- Jurries, Dennis (2003). Biofilters (Bioswales, Vegetative Buffers & Constructed Wetlands): For Stormwater Discharge Pollution Removal. State of Oregon Department of Environmental Quality. (Elektronisk) PDF-format. Tillgänglig: <<http://www.deq.state.or.us/wq/stormwater/docs/nwr/biofilters.pdf>> (2009-05-05)
- Liptan, Thomas och Murase, Robert K. (2000). Watergardens as Stormwater Infrastructure in Portland, Oregon. (Elektronisk) PDF-format. Tillgänglig: <[http://www.co.chesterfield.va.us/CommunityDevelopment/Engineering/LIDGrant/Bioretenation/watergarden\\_report.pdf](http://www.co.chesterfield.va.us/CommunityDevelopment/Engineering/LIDGrant/Bioretenation/watergarden_report.pdf)> (2009-05-25)
- Lönngrén, Gabriella (2001). Vatten i dagen: exempel på ekologisk dagvattenhantering. Stad & Land nr 165, Movium, SLU Alnarp.
- NRCS (Natural Resources Conservation Service) (2005). Bioswales: absorb and transport large runoff events. (Elektronisk) PDF-format. Tillgänglig: <<ftp://ftp-fc.sc.egov.usda.gov/IA/news/BioswalesFS.pdf>> (2009-05-25)

NRCS (Natural Resources Conservation Service) (2009a). (Elektronisk) Bild tillgänglig: <<http://www.ia.nrcs.usda.gov/news/images/Pics/Bioswale1.gif>> (2009-05-22)

NRCS (Natural Resources Conservation Service) (2009b). (Elektronisk) Bild tillgänglig: <<http://www.mt.nrcs.usda.gov/technical/images/lidimages/bioswale2.jpg>> (2009-05-11)

Pettersson, Thomas J. R. (1999). Stormwater Ponds for Pollution Reduction. Diss. Chalmers tekniska högskola. Göteborg: Chalmers tekniska högskola.

SMFD (Stormwater Management Facility Design) (2004). Stormwater Management Manual, kap. 2.0, ss. 2/1-1/166. (Elektronisk) Tillgänglig: <<http://www.portlandonline.com/shared/cfm/image.cfm?id=55791>> (2009-05-08)

Stahre, Peter (2006). Sustainability in urban storm drainage. Stockholm: Svenskt Vatten.

Stahre, Peter (2008). Blue-green fingerprints in the city of Malmö, Sweden : Malmö's way towards a sustainable urban drainage. Malmö: VA-syd. (Elektronisk) Tillgänglig: <[http://www.vasyd.se/SiteCollectionDocuments/Broschyrer/Publikationer/BlueGreenFingerprints\\_Peter.Stahre\\_webb.pdf](http://www.vasyd.se/SiteCollectionDocuments/Broschyrer/Publikationer/BlueGreenFingerprints_Peter.Stahre_webb.pdf)> (2009-05-25)

Wulff, Sofia L. (2008). Dagvatten i Märsta: förslag till anläggning för ekologisk hantering samt metodöversikt. Examensarbete vid Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för stad och land, Uppsala. Citerar Fergusson, Bruce K. (1998). Introduction to Stormwater: concept, purpose, design. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Yocum, Dayna (2009-05-25). Design Manual: Biological Filtration Canal (Bioswale). Santa Barbara: Bren School of Environmental Science and Management, University of California. (Elektronisk) PDF-format. Bild tillgänglig: <[http://fiesta.bren.ucsb.edu/~chiapas2/Water%20Management\\_files/Bioswales-1.pdf](http://fiesta.bren.ucsb.edu/~chiapas2/Water%20Management_files/Bioswales-1.pdf)> s. 3. (2009-05-25)

Bilder och illustrationer är av Anna Edvinsson där inget annat anges.