



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsarkitektur,  
trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

## **Våtmarken i människans tjänst**

– en studie av våtmarkens vattenrenande och vattenbuffrande egenskaper.

The wetland in the service of man

- A study of the wetland water purifying and vattenbuffrande properties.

Gustav Axell Johansson

## **Våtmarken i människans tjänst**

– en studie av våtmarkens vattenrenande och vattenbuffrande egenskaper.

The wetland in the service of man

- A study of the wetland water purifying and vattenbuffrande properties.

Gustav Axell Johansson

**Handledare:** Mats Gyllin, SLU, LTV -Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgård- och växtproduktionsvetenskap Institutionen för arbetsvetenskap, ekonomi och miljöpsykologi

**Examinator:** Bengt Persson, SLU -Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgård- och växtproduktionsvetenskap. Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning.

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** G2E

**Kurstitel:** Kandidatexamensarbete i Landskapsarkitektur

**Kurskod:** EX0649

**Ämne:** Landskapsarkitektur

**Program:** Landskapsarkitektprogrammet

**Utgivningsort:** Alnarp

**Utgivningsår:** 2016

**Elektronisk publicering:** <http://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** Våtmarker, vattenrening, ekosystemtjänster, vattenbuffert, dammar, våtmarksfilter

## Sammanfattning

Vi människor har i alla tider använt oss av våtmarker i syfte att försörja oss. I våtmarker fann man mat, bränsle och vatten. På senare tid har man inom forskningen även upptäckt den potential dessa marker har som renare av vatten. Kväve och fosfor, som idag tillsammans med miljögifter är det största hotet mot Östersjöns välmående, är så kallade beståndsreglerare. Detta betyder att om det finns lite av dem växer växter långsamt och med stora mängder kan växter och framförallt alger skena iväg i sin produktion. Detta skapar problem i naturen då vi släpper ut stora mängder av båda dessa ämnen dels från oss själva genom avföring och viss del avgaser och dels som läckage ifrån matproduktion. Inom matproduktionen släps näring främst ut genom avföring från djurhållning och överdrivet användande av gödsel, både gödsel och konstgödsel.

Under 18- och 1900-talen ville man i Sverige få mer jordbruksmark genom att ta bort våtmarker och sänka sjöar som sågs som oproduktiva. I och med detta tog man bort stora mängder våtmarker, framförallt i södra Sveriges jordbruksbygder. När man tog bort våtmarkerna tog man inte bara bort en vattenrenare i landskapet utan också den vattenbuffrande effekt sjöar och våtmarker har. Utan buffertar i ett system sköljer vattnet fortare genom systemet och hamnar i recipienten, slutmålet. Detta kan leda till att städer och tätorter långt nedströms i ett vattensystem lätt översvämmas vid större skyfall.

Genom ett skapande av våtmarker kan man föra in dessa funktioner och många fler i landskapet. Detta arbete handlar om hur våtmarkens funktioner fungerar och hur man kan utnyttja dem till samhällets fördel. Främst handlar det om vattenrening och våtmarken som vattenbuffert men det tar även upp aspekter som biogasproduktion, matproduktion/jakt samt biologisk mångfald.

## Abstract

We humans have always made use of wetlands in order to provide food, fuel and water. Recently researchers also have discovered the potential of wetland for cleaning wastewater. This paper is about the processes in wetlands, and how we can use them to our advantage.

Nitrogen and phosphorous, which today along with environmental toxins are the biggest threat to the Baltic prosperous, are so called population regulators. This means that if there are less of those nutrients plants grow slow and large amounts can make plants and especially algae soar in its production. This is creating problems in nature when we emit large amounts of both substances in to the sea, partly from ourselves by feces, and partially exhaust as a leak from food production. In food production nutrients primarily comes from the feces of livestock and excessive use of fertilizers, both manure and chemical fertilizers.

During the 19-2000 hundreds Swedish peoples wanted more agricultural land. By removing wetlands and lowering lakes, which were seen as unproductive, they got more. By doing so, they took away large amounts of wetlands, particularly in southern Sweden's rural areas. When they took away the wetlands they did not just remove a water purifier in the landscape but also the water buffer that lakes and wetlands are. Without the buffers a system rinses the water faster through the system and it ends up in the recipient, the end goal, mainly a lake or the sea. This can lead to cities and towns far downstream in the water easily being flooded during heavy rains.

Through the creation of wetlands we can bring these functions and more back in the landscape. This work is about how the wetland functions work and how to use them to society's benefit. Mainly it takes up the aspects of water purifying and water buffering but it also takes up aspects of biogas production, biodiversity and food production (hunting).

## Förord

Våtmarkens processer kan verka avancerade till en början. När du sedan börjar studera dem börjar du förstå att processerna drivs av en enda sak, djur, växter och framför allt bakteriers behov och tillgodogörande av energi. Uppsatsen beskriver funktionerna i våtmarken och hur människan kan använda den för att rena vatten från näringsämnen och tungmetaller. Arbetet är en sammanställning av fakta från en rad olika handböcker i hur du skall bygga en våtmark för bästa resultat. Viktigt att veta när du läser texten är att naturen är lika nyckfull som den är vacker så en lösning fungerar sällan exakt lika bra på olika platser. När man skall anlägga en våtmark handlar det om att lära sig grunderna i teorin och sedan lära sig att kompromissa och vara kreativ. Jag vill passa på att tacka min handledare Mats Gyllin och mina medstudenter i gruppen för all den hjälp jag har fått under gruppsamtalen. Ett extra tack till Thomas som inte tvingades kursmässigt läsa min uppsats men har hjälpt mig rätta den ändå.

Gustav Axell Johansson 24 maj, Alnarp

## Innehållsförteckning

Sammanfattning .....	3
Abstract.....	3
Förord .....	4
1. Bakgrund .....	6
2. Mål och syfte .....	6
2.1 Material och metod .....	6
2.2 Avgränsningar.....	6
2.3 Begreppsförklaringar .....	7
Ordlista .....	7
3. Våtmarken .....	8
3.1 Definitionen av våtmark.....	8
3.2 Våtmarkens värden historiskt .....	8
3.3 Våtmarkens roll idag.....	9
4. Våtmarkens funktioner .....	10
4.1 Vattenrening.....	10
4.2 Vattenmagasinering, vattenbuffert .....	13
4.3 Produktion och resursåtervinning .....	14
4.4 Biologisk mångfald.....	14
4.5 Upplevelsevärden.....	15
5. Olika typer av anlagda våtmarker för vattenrening .....	15
5.1 Anlagda icke naturlika våtmarker .....	16
5.2 Anlagda naturlika våtmarker.....	17
6. Placering och utformning av våtmarken.....	17
6.1 Utformning.....	18
6.2 Placering .....	20
7. Problem med våtmarker.....	21
7.2 Myggor .....	21
7.3 Miljöproblem, utsläpp av växthusgaser .....	21
7.4 Lokaliseringskonflikter, Not in my back yard .....	22
8. Diskussion/slutsats.....	23
8.1 Diskussion .....	23
8.2 Slutsats.....	24
9. Källförteckning.....	25

## Figurförteckning

<i>Figur 1 Kvävecykeln stiliserad .....</i>	12
<i>Figur 2. Åfåra med vattenbuffrande flacka kanter .....</i>	13
<i>Figur 3. Olika typer av våtmarksfilter Horisontalt ytvattenflöde(HYF), Horisontalt undervattensflöde(HUF) och Vertikalt flöde(VF). .....</i>	16
<i>Figur 4. Översilningsyta med tvärgående diken. ....</i>	17
<i>Figur 5. Inlopp i två olika spridda varianter. a. förgrenat rör som sprider ut vattnet. b. Centrerat inflöde med spridningsdike .....</i>	18
<i>Figur 6. Schematiskt ritat fördelningsdike som fördelar vattnet över våtmarken. ....</i>	19

Alla figurer är ritade av Gustav Axell Johansson

# 1. Bakgrund

Våtmarker har i alla tider fungerat som en naturlig renare av näringsämnen och som vattenbuffert. Detta hade man dock ingen kunskap om och tog inte alls hänsyn till när man under 1800-talet ville ha mer jordbruksmark. Då försvann stora mängder våtmarker i landet. Idag har man en bredare kunskap om naturens olika system och hur vi människor kan använda dem till vår fördel. Redan idag används våtmarker för vattenrening både som näringsfällor i jordbrukslandskap och som renare av avloppsvatten (Tonderski et al, 2002). Trots den kunskap vi har idag om våtmarkers stora betydelse så försvinner fortfarande naturliga våtmarker.

Våtmarker har länge setts som något som är i vägen, något som tar upp värdefull mark. Därför har många av dem dikats ut och odlats upp. Även många sjöar och vattendrag, främst i södra Sveriges slättbygder, har minskats eller helt tagits bort. Redan under början av 1900-talet upptäckte man våtmarkers renande effekt i Europa men kunskapen blev inte vida spridd förrän under 1970-talet (Vymazal, 2011).

Problemet idag är att man har dikat ut många sjöar och rätat ut flera åar och bäckar vilket leder till att vatten snabbare hamnar i större sjöar och hav. Vattnet, som ofta är förorenat med kväve från avloppsvattnet eller överberikat med näringsämnen från jordbruket, orsakar övergödning och abnorm tillväxt av framförallt alger och tång. Detta skapar i sin tur problem för det naturliga kretsloppet då vissa växter blir utkonkurrerade. Algblomningen skapar också problem med döda bottenar som bildas då algerna sjunker till botten och tar allt syre under nedbrytningen.

Min frågeställning är: Hur kan man utforma en våtmark för vattenrening, som vattenbuffert samt för ökad biologisk mångfald. Finns det en perfekt våtmark?

## 2. Mål och syfte

Syftet med uppsatsen är att beskriva de olika processerna i våtmarker och hur de kan hjälpa människans med de problem orsakade av övergödning vi ser idag. Fokus ligger på olika lokala lösningar som syftar till att minska näringen och föroreningarna tidigt i vattenkedjan, innan det når recipienter så som större sjöar och hav. Syftet är att identifiera mekanismer för att minska övergödningen i sjöar och hav genom effektiva våtmarker.

### 2.1 Material och metod

Uppsatsen är en litteraturstudie. Litteraturen kommer främst från SLUs eget bibliotek och bibliotekets sökningstjänst *primo*. En del av källorna är också sådant som kan hittas på olika myndighetssidor på internet så som SMHI eller Naturvårdsverket m.fl. Främst har sökorden varit: våtmarker och wetlands.

### 2.2 Avgränsningar

Uppsatsen handlar om våtmarker i Sverige med vissa undantag då forskare även jämfört med andra länder främst i Europa. Uppsatsen tar inte ingående upp frågor om ägandeförhållande eller byggnadsprocessen utom när det beskrivs hur man bör tänka med placering. Det vatten som kommer tas upp är främst dagvatten och vatten från jordbruket. Alltså kommer det inte tas upp något direkt om rening av vatten från tung industri, fabrikers spillvatten eller liknande.

Arbetet kommer heller inte ta upp någonting om den juridiska biten. Kort kan nämnas att all ändring, skapande eller återställande av våtmarker räknas som vattenverksamhet och återfinns i miljöbalken (främst kap.11)(Tonderski et al 2002, sid. 233).

## 2.3 Begreppsförklaringar

**Stormflod**, stora mängder vatten som kommer på en gång till exempel under perioder med mycket regn. Mer använt på engelska i termen *storm surge* och är direkt översatt av författaren via Google translate. Parallellt används ordet skyfall.

**Vattensystem**, system av åar, sjöar, bäckar och våtmarker som påverkar varandra.

## Ordlista

<b>Adsorberas</b>	- uppta eller koncentrera på sin yta. Ej att förväxla med absorbera.
<b>Dagvatten</b>	- ”regn- och smältvatten från t.ex. tak och gator” (NE, 2016-05-03)
<b>Denitrifikation</b>	- omvandlingen från nitrat till kvävgas i kvävecykeln
<b>Fekalier</b>	- avföring
<b>Fosfatjoner</b>	- $\text{PO}_4$ , fosfatjonen saknar en elektron i sin bindning för att bli stabil. Därför bildas joner. Dessa joner binder sig lätt till andra ämnen med positiv laddning och bildar komplex.
<b>Hetrotrof</b>	- organism som måste äta en annan organism för att få i sig näring.
<b>Mineralkomplex</b>	- bindning av olika ämnen i komplex.
<b>Nitrifikation</b>	- ombildning av ammonium till nitrat. Början till denitrifikationsprocessen
<b>Närsalter</b>	- Näringsämnen
<b>Organiskt material</b>	- växt och djurdelar, delvis eller ej nedbrutet
<b>pH</b>	- halten av vätebindningar. Även kallat surhetsgrad.
<b>Recipient</b>	- mottagare av vatten, slutstationen i vattenkedjan t.ex. hav eller större sjö.
<b>Resuspendering</b>	- återföring av material från botten till vattnet
<b>Retention</b>	- Kvarhållande av ämnen eller att få ur något ur systemet. T.ex. våtmarkens förmåga att få kväve bort från vattensystem.
<b>Rödlistade arter</b>	- lista av arter gjord av Artdatabanken, SLU, och godkänd av naturvårdsverket med alla hotade arter i Sverige. Arternas status klassas från livskraftig till utdöende/utdöd.
<b>Sedimentering</b>	- nedsjunkning av material till botten.
<b>Övergödning</b>	- tillförseln av för mycket näring till ett system som annars är näringsfattigt, främst gäller detta kväve och fosfor.

### 3. Våtmarken

#### 3.1 Definitionen av våtmark

Våtmarker används som ett vitt begrepp, Naturvårdsverkets definition från *nationella slutrapporten för våtmarksinventering, VIM* (Löfroth, 1991) är:

”Våtmark är sådan mark där vatten under en stor del av året, finns nära under, i eller strax över markytan. Samt vegetationstäckta vattenområden. Gränserna för hur nära markytan vattnet kan finnas i en våtmark varierar. I de flesta fall kan vegetationen användas för att skilja våtmark från en annan mark. Minst 50 % av vegetationen bör vara ”hydrofil”, d.v.s. fuktighetsälskande, för att man ska kunna kalla ett område våtmark. Ett undantag är tidvis torrlagda bottenar i sjöar, hav och vattendrag, de räknas till våtmarkerna trots att de kan sakna vegetation.” (Löfroth, 1991 sid.7)

Boken *våtmarksboken* (Tonderski et al, 2002) önskar komplettera våtmarksbegreppet då Löfroths definition inte inbegriper grunda vattensamlingar som är av stor vikt i sammanhanget vattenrening.

”Våtmark är sådan mark där vatten under en stor del av året, finns nära under, i eller strax över markytan. Samt vegetationstäckta vattenområden **och vatten med vegetationsfria ytor ned till 2m djup**”. (Tonderski et al, 2002)

Detta inkluderar vissa fria vatten och mindre sjöar ned till 2m djup. Definitionen av en våtmark är således bred och ger ett stort antal marktyper, allt ifrån sumpskogar till havsstränder I naturvårdsverkets rapport delar han därför in naturtyperna i olika grupper med underkategorierna: myrar, sötvattenstränder, havsstränder och sumpskogar. Dessa delas sedan in i underkategorier(Löfroth, 1991 sid.8-10).

<b>Myrar:</b>	Mossar Kärr, graderas från fattigkärr till rikkärr Blandmyrar
<b>Sötvattenstränder:</b>	Fuktängar Mader Vassar Flytblad och undervattensvegetation

#### **Marina stränder**

#### **Våtmarksskogar/sumpskogar**

Våtmarker utgjorde 1996 en femtedel av Sveriges yta (Löfroth, 1996 s. 23). Större delen av våtmarksytan är myrar och sumpskogar som inte kommer ha en stor del i detta arbete då dessa är svåra att återskapa. De ingår dock i den stora helheten och tillför värden i sig. De våtmarker som är mest relevanta i detta arbete, är främst underkategorierna i sötvattenstränder; vassar, mader och fuktängar men även dammar och mindre vattendrag (som inte är med i Löfroths gruppering). Det är ibland komplicerat att dela in naturen i olika fack då en universallösning ofta inte passar på olika platser. Ibland kan det vara mer aktuellt att dela in våtmarker, främst anlagda våtmarker, utifrån dess funktion så som: *våtmark för vattenrening, buffring, fisk och kräftodling, viltvatten eller våt energiskogsodling/vassodling.*

#### 3.2 Våtmarkens värden historiskt

Våtmarkens roll har skiftat genom historien. Innan den agrara revolutionen på 1800-talet användes många myrar och örtrika våtmarker till att dryga ut höförrådet med. Man slog så kallat starrhö som mestadels inte består av gräs utan starr som trivs bättre på våta marker. På vissa håll framförallt i norra Sverige var detta den största källan till vinterfoder (Löfroth, 1991 sid. 30). Även andra former av våtmarker har använts inom jordbruket. Exempelvis använde man sig av åkrar och ängar som man under våren lät översvämmas, så kallade översvämningsmarker. Anledningen var att man ville tillföra näring och syre från vattnet till jorden. Sjöar och åar har alltid varit en stor tillgång när det gäller fiske, fågeljakt och ägg, speciellt om våren. Stränder och vassruggar har bidragit med vass till tak och byggen och viss del även med foder. Många strandängar och mader har också fungerat som betesmarker för djur under stora delar av året.



Under 1800-talet ökade Sveriges befolkning drastiskt. Detta intensifierade sökandet efter ny, odlingsbar mark och nya sätt att höja den befintliga produktionen. Jordbruket genomgick också under sent artonhundratals och tidigt nittonhundratals en revolution, främst genom införande av konstgödsel och vallodling. Man sökte nu mer och mer yta att odla på. En del i sökandet av odlingsbar mark var att avvattna marken vilket skedde bl.a. genom utdikning och sjösänkning. Totalt genomfördes ca 30 000 markavvattningsföretag runt om i landet under 18-1900-talet (SMHI, 1995 sid. 7). Mellan 1832 och fram till 1956 kom dessutom 2449 sjöar i varierande storlekar att påverkas av antingen total torrläggning eller ytsänkning. Tillexempel sänktes Hornborgasjön i Västergötland mellan åren 1802-1930, vilket tillslut ledde till att sjön bara var en kanal (Länsstyrelsen Västra Götaland [online] 2016-04-17) Totalt menar naturvårdsverket att man tog bort ca 25 % av den ursprungliga våtmarksarealen i Sverige. Den siffran varierar stort över landet och är som störst i södra Sverige, Skåne har tillexempel bara ca 10 % kvar. Utdikningar för jordbruk upphörde så gott som helt på 50-talet (SMHI, 1995 sid. 7). Utdikning av våtmarker skedde inte bara i åkerlandskap. Faktum är att över 50 % av utdikningen har skett i skogsmark (Naturvårdsverket, *Så mår miljön våtmark*, 2015-11-17)

### 3.3 Våtmarkens roll idag

Våren 1999 fastställde regeringen i Sverige 15 miljömål inför framtiden. Med dessa ville man lyfta miljöfrågan inom fysisk planering och få fart på miljöarbetet i landet (Naturvårdsverket, 2016-03-31). Dessa mål utökades 2005 med målet: *ett rikt växt och djurliv*, och fick det övergripande namnet generationsmålen. Målens syfte definieras av svenska regeringen som:

”Det övergripande målet för miljöpolitiken är att till nästa generation lämna över ett samhälle där de stora miljöproblemen är lösta, utan att orsaka ökade miljö- och hälsoproblem utanför Sveriges gränser”. (Naturvårdsverket, 2012-02-24)

Tidsspannet sattes till 2020 och 71 delmål klubbades ungefär samtidigt. Tyvärr är det bara en punkt som hittills (2016) är uppfyllt och det är punkten skyddande ozonskikt. En punkt klassar naturvårdsverket som ”nära” och det är en säker strålskyddsatmosfär. Alla de andra 14 punkterna bedömer de som gjorde utvärderingen inte som uppfyllda fram till 2020. De betyder alltså inte bara att de inte är uppfyllda ännu utan att de inte kommer kunna uppnås innan 2020.

De mest relevanta i arbetet och som kan påverkas av våtmarkens vara eller icke vara är enligt min bedömning fyra stycken: *myllrande våtmarker*, *hav i balans samt en levande kust och skärgård*, *levande sjöar och hav* och *ingen övergödning*. De tre sista bedöms enligt en rapport från 2016 (Naturvårdsverket, 2016) som ej uppnåeliga med dagens insatser men ändå positiva då man tagit vid åtgärder för minskat kväveläckage. Detta sker inte genom våtmarker utan främst genom förbättring av reningsverk på små orter samt förbud mot dumpning av avloppsavfall från färjor i havet. Den första, myllrande våtmarker, bedöms dock ha en negativ trend. Enligt rapporten minskar antalet våtmarker. Man pekar på att det största problemen är främst avvattning till fördel för jordbruk och igenväxning på grund av dålig hävd (Naturvårdsverket, 2016 sid. 208). Hotet man ser är en minskad mängd av de naturtyper och kulturlandskap som våtmarkerna utgör samt minskade ekosystemtjänster som näringsavskiljning.

Våtmarkens plats i landskapet idag är alltså omstridd. Enligt rapporten från naturvårdsverket finns det fortfarande stora intressen i att undanröja våtmarker till fördel för jord- och skogsbrukets effektivisering (Naturvårdsverket, 2016 sid. 208). Detta sker både legalt och illegalt. Från myndigheternas sida finns ett stort intresse i att bevara våtmarker, främst på grund av den biologiska mångfalden och som renare av jordbrukets näringsläckage. Forskning visar att våtmarker kan ha en stor betydelse för avskiljningen av näringsämnen främst kväve och fosfor (Arheimer, Wittgren, 1994 sid. 385). I en artikel som publicerades redan 1994 visar två forskare genom ett exempel i Östergötland att man genom våtmarker kan minska näringsläckaget till haven drastiskt. Genom att täcka upptagningsområdet till ett vattendrag, alltså ytan varifrån vattnet till en specifik å, till 1 % med våtmarker kan man minska läckaget med 10-16%. Om man istället ökade ytan till 10 % av avrinningsområdet kunde man enligt forskarna minska utsläppet med 50 %. Detta förutsätter att man placerar våtmarkerna efter större vattendrag i strömriktningen och att det mesta av vattnet och

närningen kommer på våren och sommaren (Arheimer, Wittgren, 1994 sid. 378). Våtmarker skulle alltså kunna medverka till ett minskat utsläpp av näringsämnen till havet.

Rapporten om generationsmålen som kom 2016 pekar på flera olika organisationer och projekt som har till uppgift att stimulera anläggandet av våtmarker (Naturvårdsverket, 2016 sid. 148, 209). Två av dem som nämns är samarbetet *greppa närningen* och projektet *life to ad(d)mire*. Greppa närningen är ett samarbete mellan naturvårdsverket, LRF och länsstyrelserna och syftar till att minska utsläppen av näring från jordbruket. Organisationen hjälper människor som vill få råd och stöd vad gäller gödsling, vilka grödor man bör odla samt våtmarksanläggning. Life to ad(d)mire är ett projekt mellan flera olika länsstyrelser i Mellansverige som fick EU-stöd för att restaurera myrar.

## 4. Våtmarkens funktioner

I *våtmarksboken* (Tonderski et al, 2002) delas våtmarkens funktioner upp i medvetet värde, våtmarker med ett syfte, och värden som är frikopplade från syftet. Frikopplade värden är de som uppstår förutom dem man ville ha när man byggde våtmarken. Ett exempel kan vara om man bygger en våtmark för vattenrening och så utvecklas det en biologisk mångfald i området och dessutom upplevelsevärdena. Då är vattenreningen det medvetna värdet och biologisk mångfald det frikopplade värdet. Tonderski et al (2002) delar också in värdena i våtmarker i 5 kategorier: *vattenrening, vattenmagasinering, produktion och resursåtervinning, biologisk mångfald och upplevelsevärden*.

### 4.1 Vattenrening

En våtmark kan erbjuda möjligheter till att rena flera olika former av föroreningar. I denna uppsatts behandlas främst näringsämnena fosfor och kväve som enligt naturvårdsverket är de största orsakerna till problemet med övergödning i haven (SMHI, 2014-04-23). Även tungmetaller och partiklar från hårdgjorda ytor är relevant att ta upp för våtmarker i stadsnära miljöer. En våtmarks förmåga att hålla kvar eller immobilisera kväve och fosfor tas upp av Tonderski et al (2002). Författarna menar att retentionen sker främst genom tre processer: *upptagning av växter, sedimentering och ackumulering till botten samt denitrifikation*.

#### 4.11 Upptagning av växter

Växter som växer i våtmarker tar upp både kväve och fosfor och binder dem i sin biomassa. Detta sker främst under våren och försommaren och trappas ned under sensommaren. Årsväxter, ettåriga, växter dör helt under hösten och näst intill hela plantan bryts ned och återförs till kretsloppet. En *perenn* växt, flerårig, däremot dör oftast bara delvis och rötterna lever fortfarande. Flera växter så som olika sorters vass, lagrar den energi i rötterna som den kan komma att behöva till nästa år. Energin och närningen transporteras ned i rötterna under sensommaren. (Tonderski, 2002 s.52-53).

Om man vill få bort mycket kväve och fosfor genom växter bör man föra bort organiskt material så som blad redan i mitten av sommaren. Då har växten inte lagrat någon näring i rötterna och kommer nästa år ta upp näring för att kompensera för bladen som försvann. Växternas betydelse vad gäller upptaget av kväve och fosfor är marginell men kan således ökas om skörd av biomassa genomförs.

Växter bidrar dock med andra värdefulla egenskaper. Växter bildar mikroklimat kring sina rötter och de delar som finns under vattnet vilka är gynnsamma för den gröna massa som kallas biofilm och där många denitrifierande bakterier bor. Kring växternas rötter bildas också mikroklimat med stundvis gott om syre (under dagens fotosyntes) och stundom dåligt med syre (celandning under natten) vilket gynnar denitrifikation. Växter i större bestånd bidrar också till att sakta ner vattnet i en våtmark och gynnar då sedimentationen (Tonderski, 2002 s.53-55).

#### 4.12 Sedimentering och ackumulering på botten

Sedimentering är när partiklar sjunker mot botten och sker när vatten rinner långsamt. När vatten kommer in i en våtmark bör rörelsen i vattnet minska fort. De tyngsta partiklarna sjunker då först ned till botten och när vattnets rörelse minskat ytterligare sjunker också de finare partiklarna sakta ned. Nettosedimentationen, alltså hur mycket som stannar på botten, beror på flera olika saker som kan.

Tonderski et al (2002) nämner: vattenrörelse, skiktningar i vattnet beroende på olika temperatur samt djurs påverkan som de mest betydelsefulla. Vattenrörelsen håller näringen uppe i vattnet men när den avtar eller stannar helt, till exempel under vintern, så sjunker näringen. Skiktningar sker i allmänhet när vattnet har olika temp och kan leda till att olika delar av vattenmassan rör sig eller inte rör sig beroende på att vatten har olika densitet vid olika temperaturer. Det skapas då lager med vatten som inte släpper igenom små partiklar och molekyler till exempel syre. Djur kan ibland orsaka resuspension, uppvirvling, speciellt i dammar och sjöar där fiskar som söker sin föda i botten bökar upp stor mängder bottensediment. (Tonderski et al, 2002)

#### 4.13 Denitrifikation

Denitrifikationen beskrivs ingående under rubriken *kvävetts kretslopp* och går ut på att bakterier i vattnet tillgodogör sig energi genom att bryta ned nitratjoner. Under processen frigörs kväve som kvävgas som tar sig upp till ytan och ut i luften. Detta är den största immobiliserande processen av kväve och påverkas främst av 6 faktorer. Det krävs *god tillgång till nedbrytbart organiskt material* som skapar syrefria miljöer och frigör nitrat. Det krävs *syrefria miljöer*, annars använder inte bakterierna nitrat som bränsle utan andra ämnen. Processen kräver självfallet *nitrat* som kan denitrifieras samt *lång uppehållstid för vattnet* som innehåller ämnena. Denitrifikationen gynnas även *av rikliga bestånd av vegetation* där biofilm med alger och bakterier kan trivas samt avsaknaden av fisk som virvlar upp sediment och syre. Till slut gynnas denitrifikationsbakterierna som alla organismer av en för arten *gynnsam temperatur* vilket i detta fall är så nära 25 grader som möjligt. Bästa miljön för denitrifikation är alltså organiska sjöar eller våtmarker med både växter i och/eller djupa, syrefria, miljöer. Ett problem med denitrifikationen är att den pausas under vintern. Då kan inte bakterierna verka och arbeta på grund av kylan. Detta ger en dipp i kväveavskiljningen just under vinter och ibland även under hösten då avrinningen av vatten är som störst i Sverige.

#### 4.14 Dagvatten ett problem i sig självt

När man skall använda våtmarker och dammar för behandling av dagvatten från urbana områden stöter man på fler problem än bara näringsämnen. I en doktorsavhandling från Chalmers visar Thomas J. R. Pettersson (1999) att stora mängder av både tungmetaller och skadliga partiklar från vägar finns i dagvatten från vägar och hårdgjorda ytor. Dock förekommer låga halter av näringsämnen. Detta kan skapa problem med förgiftat vatten och grundvatten på sikt. Då bör dammar enbart för vattenrening av dagvatten övervägas. Eftersom urbana områden så som stora motorvägar och städer innehåller stora hårdgjorda ytor kan mycket vatten snabbt samlas på samma ställe. Detta menar Pettersson kan lösas genom att anlägga dagvattendammar som får ta emot stora mängder vatten under vissa tidpunkter. Vattnet bör också renas i dammarna vilket sker främst genom kemiska processer men även fysikaliska, genom att partiklar som sjunker till botten (Pettersson, 1999, sid. iv). Pettersson pratar främst om dammar i sin uppsats. Han menar att det krävs en stor volym eller möjlighet till stor volym (ev. flacka kanter) för att klara allt vatten som kan komma under ett oväder.

Studien Pettersson(1999) har gjort visar att effektiviteten i att avskiljningen av tungmetaller, skadliga partiklar samt näringsämnen kan variera stort i olika dammar och under olika tidpunkter. Effektiviteten beror på olika parametrar så som belastning och utformning. De två främsta faktorerna menar han är volymen på dammen kontra storleken på upptagningsområde (volym/area) samt formen på dammen (Pettersson, 1999 sid. 34). Volymen han studerade varierade stort men enligt honom är 250 m<sup>3</sup>/ha är den optimala storleken. Detta betyder att en damm med upptagningsområdet 1 ha skall ha volymen 250m<sup>3</sup>. Helst skall dammen inte vara djupare än 2 m. Den andra stora faktorn för vattenrening var utformningen på dammen. Dammen bör enligt Pettersson utformas så att vattnet rör sig i en cirkel bara åt ett håll och inte virvlar upp botten när stora mängder vatten tillförs. Detta för att inte virvla upp material tillbaka till vattnet. De tungmetaller som tas bort från vattnet genom sedimentation på botten tenderar ibland att läcka ut i vattnet igen om förhållandena ändras i våtmarken (Sholtz, 2006 sid. 216). Saltet från halkbekämpning samt surt regn bidrar till att tungmetaller läcker ut.

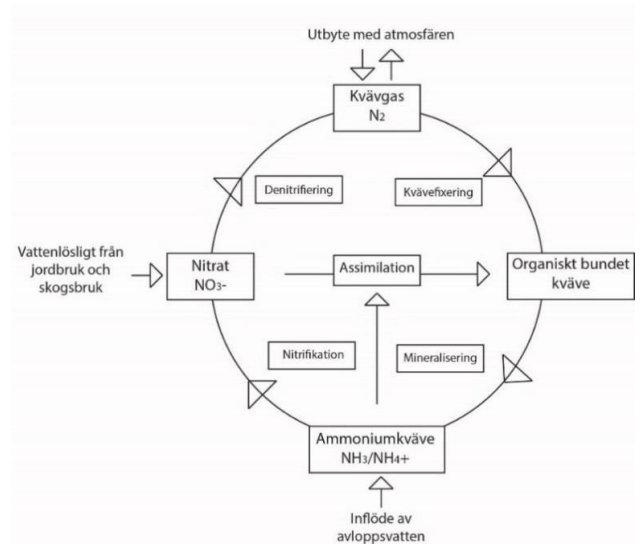
#### 4.15 Kemiska processer i våtmarken

För att få en vidare kunskap i de processer som ger en vattenrenande effekt i våtmarker kommer här nedan en genomgång av kvävet och fosfors kretslopp. En del icke allmänt använda ord kan förekomma i texten och dess går att finna i ordlistan på sidan 8.

#### 4.16 Kvävets kretslopp

Kväve är ett av de mest betydande näringsämnen i naturen, på grund av att det är ett så kallat produktionsreglerande näringsämne (Tonderski et al, 2002 sid. 41-48). De former som är relevanta för detta arbete kommer till naturen genom utsläpp från avlopp och reningsverk, genom avrinning från åkrar samt till en viss del från atmosfären. De former av kväve som då är mest relevant att ha med i beskrivningen av kvävet kretslopp är: nitrat, ammonium och organiskt bundet kväve.

Med organiskt bundna kvävet menas växt och djurdelar samt döda bakterier. Halten av de olika kvävebindningarna varierar över landet men man kan grovt säga att södra Sverige med sina stora jordbruksmarker släpper ut mestadels nitrat som finns i till exempel gödsel. Norra Sverige med sina stora skogsbygder släpper ut en större andel organiskt bundet kväve från skogen.



Figur 1 Kvävecykeln stiliserad

Som grund för att förklara kvävet kretslopp tas nitrat som utgångspunkt. Nitrat är en vattenlöslig jon, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, som lätt transporteras iväg i vatten där den delvis tas upp av bakterier, alger och större växter. När det har tagits upp av någon organism kallas det för *organiskt bundet kväve*. Organismen kommer nu antingen ätas, brytas ned av någon annan organism eller sedimenteras på botten. När olika organismer dör bryts det organiskt bundna kvävet ned av bakterier till *ammonium* (NH<sub>3</sub>/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Även växtätande djur bryter ned organiskt bundet kväve till ammonium vilket först ut i vattnet genom avföring. Ammoniumet i sin tur kan ta lite olika vägar. Det kan dels tas upp av bakterier eller växter och bilda ny bio massa. Det kan också fästa vid en yta i jorden och dröja kvar ett tag innan det transporteras bort eller tas upp. Det kan för det tredje *nitrifieras*, det vill sägas oxidera till nitrat, med hjälp av bakterier. Bakterierna använder nitrifieringen för att få energi. Nitrifikation sker i syrehaltiga miljöer. I miljöer utan syre avstannar processen och ammoniumet kvarstår (Tonderski, 2002 s.41-48).

En mycket relevant process om man vill få bort kväve ur vatten är *denitrifikation*. Denitrifikation sker när speciella bakterier vinner energi genom att omvandla organiskt material till koldioxid och vatten i en *anaerob* (syrefattig) miljö. Detta kallas *hetrotrof denitrifikation* och under processen ombildar bakterierna kvävebindningen nitrat till nitrit och sedan direkt bildas kvävgas, N<sub>2</sub>. Kvävgasen tar sig sedan upp till ytan där det sipprar ut i luften. Kvävet har då hamnat utanför vattensystemet och kan inte ställa till med problem med övergödning längre ned i vattenkedjan.

Vad är det då för parametrar som påverkar processen? Bakterierna i processen kräver en temperatur mellan 0-30 Celsius samt ett pH mellan 6 och 9. Är det inte dessa förhållanden avstannar processen, till exempel under vintern. För att denitrifikationen skall ske krävs även en anaerob miljö samt att det finns organiska ämnen som växt och djurdelar att bryta ned. Syrefria miljöer kan förekomma i stora sjöar med syrerika bottenar också. Det finns ofta delar av botten som är syrefria eller så är jorden under ytskiktet på botten syrefattigt. Om det finns syre föredrar bakterierna en *aerob* nedbrytning som är lättare och kommer då skapa nitrat. Under denitrifikationsprocessen kan ammonium och organiska ämnen från bakterierna bildas men uppgår under försök som gjorts aldrig till mer än en femtedel av kvävgasen som bildas. Nettovinsten i form av bortfört kväve från vattnet anses av forskare bli relativt stor (Tonderski et al, 2002 sid. 41-48).

Kväve kan således tas bort dels genom att växter tar upp det och sedan äts upp/förs iväg eller genom denitrifikation. Det andra alternativet sköter sig relativt själv med visst underhåll, det första alternativet kräver regelbunden skötsel. Här krävs det att växtligheten skördas och tas bort minst vart annat år, helst varje. Då kan den som har våtmarken å andra sidan få ut fler värden så som foder till djur, biogas eller virke/flis.

#### 4.17 Fosfors kretslopp

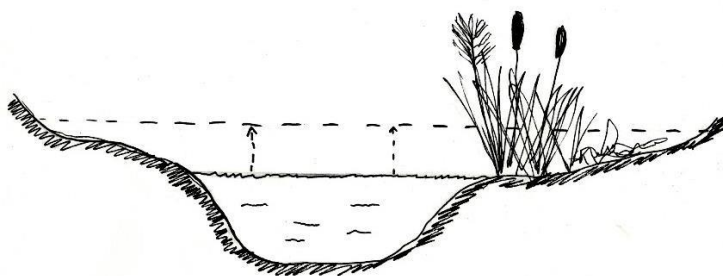
Fosfor finns i våtmarker främst i formen av organiskt material, mineralkomplex eller fosfatjoner,  $PO_4^{3-}$  (Tonderski et al, 2002 sid. 48). Fosfat är den form som växer kan ta upp och tillgodogöra sig dock bildar fosfor gärna komplex som växter inte tar upp. Mineralkomplex bildas när fosfat komplexbildas eller *adsorberas*, fäster, tillsammans med reaktionsbenägna ämnen i vattnet så som till exempel järn-, mangan- eller aluminiumhydroxider. Fosfater kan också komplexbildas med lerpartiklar eller organiska mullämnen. Komplexbildningarna faller sedan till botten långsamt. (Tonderski et al, 2002 sid. 49). Ofullständig komplexbildning kan uppstå när det inte finns tillräckligt med ämnen eller partiklar. Dessa komplex delar sig lättare och tillgängliggör åter fosfater för växterna.

Alla dessa former av fosfor transporteras till våtmarken via vatten, antingen grundvattnet eller fritt vatten (Tonderski et al, 2002 sid. 49-50). Fosfor i form av fosfat tas upp av växter och kan sedan vandra upp i näringskedjan. Den komplexbundna fosfor å andra sidan måste frigöras för att vara tillgänglig för växter, vilket sker genom mikrobiell nedbrytning av både det organiskt bundna fosfor som till viss del även komplexbildningarna. Bryts inte det organiska materialet ned sedimenteras det till botten tillsammans med komplexbildningar och fekalier. Här ackumuleras det mer och mer men kan frigöras genom mikrobiell aktivitet i sedimentlagren. Frigöringen kan också ske genom andra mekanismer av vilka flera även dem är biologiskt påverkade. Exempelvis då pH höjs frigörs fosfat från komplexbildningar samt när komplex hamnar i en syrefri miljö där bakterier bryter ned dem och använder energin i bindningarna. Då frigörs fosfatjonerna ut i vattnet.

Sammanfattningsvis kan man alltså säga att fosfor är svårare att få bort från det biologiska kretsloppet genom kemiska processer likt kväve. Detta på grund av att kretsloppet av fosfor saknar den gasfas som kvävet genomgår. På grund av detta är fosfor också en bristvara på många platser där ingenting heller kommer från luften. Vill man rena vatten från kväve är det främst genom sedimentation och upptag av växter. Sedimentation kan slå bakut och våtmarker som får ändrade förhållanden kan istället börja läcka. Därför kan man med fördel gräva ur en våtmark efter flera år av rening. (Tonderski et al, 2002 sid. 48).

#### 4.2 Vattenmagasinerings, vattenbuffert

Under 1800-talet fram till ca 1950 sänktes många sjöar runt om i Sverige i olika projekt som syftade till att öka åkerarealen i landet (SMHI, 1995 sid. 8-9). Man rätade också ut många av de åar och diken som fanns i landskapet vilket ledde till att vattnet fortare leddes iväg. Detta ledde också till att man tog bort många av de vattenmagasin som finns i landskapet. Vattenbuffertar så som sjöar eller våtmarker med flera har den effekt att de jämnar ut vattenflödet, som under året har naturliga toppar och dalar, till ett mer jämnt flöde i systemet (SMHI, 1995 sid. 10-11). Detta har till följd att sjöfattiga vattensystem är känsliga för stora vattenflöden till exempel under skyfall eller under snösmältningen. Detta kommer på sikt översvämma vattensystemen och skapa problem i landskapet, främst i stadsmiljöer. Ett annat problem är att det inte bara blir blötare under regn utan också torrare under torrperioder. Vattendynamiken i ett vattensystem har också inverkan på mängden näringsämnen som kommer till våtmarken. Ju mer vatten desto mer näringsläckage från åkrar och mer dagvatten att ta hand om vilket leder till ett högre tryck på våtmarken/sjön.



Figur 2. Åfåra med vattenbuffrande flacka kanter

Utformningen av våtmarker för syftet att hålla vatten beror på vad man har för avsikt med vart vattnet skall ta vägen sedan. Skall vattnet användas till bevattning bör ytan kontra volymen vara liten (dammen bör vara djup). Vill man däremot att våtmarken skall verka som en vattenutjämnare som kan översvämmas vid stor nederbörd och sedan ska vattnet försvinna bör den istället ha stor yta (dammen ska vara grund) (Tonderski et al 2002, sid 14). En grund damm för flödesutjämnning erhålls genom att ge våtmarkens omkringliggande kanter svag lutning, se fig. 2 sid 15. Då översvämmas kanterna vid behov och ju mer vattnet sväller över kanterna desto större area och volym får vattensamlingen. Vidare kan utloppet från våtmarken utformas så att det går att dämna upp vattnet om man temporärt vill stilla flödet nedströms. Bäst dämpande effekt på vattenflödet erhålls genom en placering ett flertal långt uppströms i tillrinningsbäckar eller åar. Alla våtmarker nedströms påverkas av den översta våtmarken.

#### 4.3 Produktion och resursåtervinning

Under historien har produktionen från olika sorters våtmarker gett extra inkomst till hushållet. Starrhö och torv kom från myrarna och kärren. Stränder gav vass, fågelkött, ägg och fisk. Sumpskogarna gav virke, jaktmöjligheter m.m. och fuktängar och mader gav bete och odlingsmöjligheter. Idag används våtmarker (främst myrar, mossar och sumpskogar) främst till torv eller energiskog. En del jakt sker i våtmarker men den är inte direkt bunden dit utom möjligtvis viss fågeljakt. Det som i större utsträckning skulle bidra till ett ekomiskt utbyte är enligt Tonderski et al (2002, sid 12-13) en kontinuerlig skörd av de växter som växer i våtmarker. De nämner framförallt olika former av vass och bredkaveldun som särskilt lämpliga att använda i produktionen av biomassa. Vidare menar forskarna även att skörden och brännandet av biomassa från våtmarkerna och användandet av askan till gödsel på åkrar skapar ett gynnsamt kretslopp. Detta kretslopp bidrar också till att få bort närsalter och näringsämnen från vattensystemet.

Denna form av skörd i våtmarker är i dagsläget relativt förbiset (Tonderski et al 2002, sid 13). Längre har våtmarker setts som lågproduktiva men genom att konstruera våtmarker för produktion skulle man kunna få vattenrening som en positiv bieffekt. I Sverige är det främst tre arter som ses som lovande enligt Tonderski och de är bladvass (*Phragmites australis*), jättegröe (*Glyceria maxima*) och kaveldun (*Thypha sp*). Ett av problemen ligger enligt Sven-Olov Borgegård (2008, sid.17) i att det saknas rationella maskiner för en storskalig produktion av biomassa. Det finns gårdar som kör med specialanpassade däck på traktorerna men då gäller det främst gräs till foder på relativt hållfasta marker så som fuktängar. Vass och liknande i riktigt blöta marker är ett område där det ännu inte finns någon nämnvärd produktion men längre fram i tidningen visar en artikel att ett företag vid namn Swedish Biogas International satsar stort på en biogasanläggning i Örebroområdet (Wremp, 2008 sid 17). Den kommer kunna liknas vid en "stålkossa" som "äter" all biomassa man stoppar in i den. Det som då hindrar utvecklingen är utvecklingen av maskiner för skörd av andra våtmarksväxter än gräs. En annan form av odling som förekommer i våtmarker och framförallt dammar är fiske och kräftodling. Detta bör dock undvikas i dammar där målet är vattenrening. Djuren virvlar nämligen upp sediment från botten och äter på växtligheten som annars skulle bidra till vattenrening.

#### 4.4 Biologisk mångfald

När man pratar om biologisk mångfald kan man mena olika saker. Den enklaste och vanligaste meningen är antalet olika arter i en specifik biotop, men man kan även prata om genetisk mångfald inom en art. Finns det en stor genetisk mångfald inom en art ökar chanserna för överlevnad då många olika gener kan föröka sig och goda gener föras vidare. Flera forskare menar att nyckeln till ett hållbart liv på jorden är en stor artrikedom och genetisk rikedom (Tonderski et al, 2002 s 136- 138). Mångfalden av arter i en biotop är positiv då en art kan fylla ut tomrummet om en annan är på nedgång. Förutom mångfalden av olika djur kan man även använda begreppet mångfald om naturtyper/biotoper. En mångfald av naturtyper i landskapet skapar även detta en hållbarhet som gör att när landskap förändras finns det tillflyktsorter för djuren.

19 % av alla rödlistade arter finns i anslutning till våtmarker (Naturvårdsverket 2016-03-31). Det handlar om allt från fåglar och insekter till växter. Våren 2016 fanns det 642 rödlistade arter som är knutna till våtmarker och sötvatten och av dem var 486 mer eller mindre knutna till våtmarker (SLU, 2016-05-09). Några exempel är: blå kärnhök (nära hotad) vit stork (akut hotad) strandviol (nära hotad) sumpviol (nära hotad) sydpipistrell, en slags fladdermus (akut hotad).

Biologisk diversitet och mångfald skapas enligt Tonderski et al (2002, sid.15) genom att ha olika naturtyper inom ett område och i landskapet i stort. Skapar man också en våtmark med dels varierande topografi och dels olika växtzoner så kommer fler växter och djur trivas här. Med varierande topografi menas att man skapar en våtmark med olika vattendjup och höjd. Olika typer av djup ger olika växter chans. Till exempel trivs inte bladvassen i djupare delar där flytväxter eller näckrosor lever. I de djupare delarna har även alger fritt spelrum. Det som i många våtmarker hotar mångfalden av arter är näringsbelastningen, alltså den näring som skall bort från vattnet och in i våtmarken och vidare bort. Kväve och fosfor finns ofta i begränsad mängd i naturen och därför råder hårt konkurrens om dem.

Tillförs stora mängder av dessa ämnen tar växter upp dem fort och kan då växa fort. Vid för hög dos av näring i till exempel reningsdammar eller våtmarker för rening av avloppsvatten så gynnas vissa specifika arter som då riskerar att ta över. Vill man i dessa marker behålla biodiversitetens krävs en god mängd skötsel samt kontinuerlig skörd och bortforsling av växter.

#### 4.5 Upplevelsevärden

De olika upplevelsevärdena i en våtmark beror helt på vad våtmarken är konstruerad för. Är det en kommunalt anlagd våtmark är den oftast konstruerad antingen bara för vattenrening eller för den biologiska mångfalden tillsammans med viss tanke på naturupplevelser. I en våtmark för biologisk mångfald kan man under rätta förhållanden få se mängder av både djur och växter. Flera kommuner angav i en enkät gjord av Tonderski et al (2002 sid. 222) att de upplevde ett lyft av landskapet i och med att nya naturtyper tillfördes. Vattenspeglar och annorlunda naturtyper sågs som ett positivt inslag främst i tätortsnära områden. Här blev våtmarken till ett utflyktsmål dit man togs sig. Våtmarker för rekreation och naturupplevelser måste man dock utforma på ett sådant sätt att naturen inte tar skada av turismen. Växter kan annars förstöras, djur kan störas och naturen skräpas ned. Våtmarken kan också användas i utbildningssyfte. Här kan man visa på alla de goda effekterna man får ut men som man kanske inte tänker på. Informationstavlor och naturstiggar är några av lösningarna som kan användas. Fågeltorn och spångar ut i landskapet kan även de bli omtyckta inslag som förenklar upplevelsen.

Är våtmarken anlagd av en privatperson är den ofta mindre tillgänglig. Den ingår förstås i allemansrätten, men ofta är den inte anpassad för vistelse eller känns privat. En del av dessa våtmarker anläggs i syfte att locka dit och gynna änder och gäss för att dessa sedan skall kunna jagas. De flesta däggdjur gynnas också av så kallade *viltvatten* och söker här för och ibland skydd. Svenska jägarförbundet uppmanar på sin hemsida på internet till att bevara våtmarker och diken i landskapet av just den anledningen att viltet skall gynnas (Svenska jägareförbundet, 2013-04-15). De menar att våtmarken är viktig både i det öppna landskapet och i skogen för att gynna både fåglar och däggdjur. Dessa våtmarker bidrar till jaktupplevelser och ibland en extra inkomst för ägaren.

### 5. Olika typer av anlagda våtmarker för vattenrening

Det finns en mängd olika anlagda våtmarker för vattenrening. Effekten av en naturligt förekommande våtmark är svår att bestämma då det finns få sätt att mäta effekten. Tonderski et al(2002) menar i våtmarksboken att det finns ytterst lite data över exakta mängder suspenderade ämnen i våtmarker och att det i och med detta är svårt att ge tydliga resultat. När man anlägger en våtmark kan man enligt Vaymal (2011 Sid. 62) få mycket bättre koll på vattenreningen, främst i så kallade *våtmarksfilter*. Här vet man precis vilket material man tillför och hur mycket. Det man bör tänka på när man anlägger en våtmark är hur stort upptagningsområdet är, hur flödesdynamiken är under året, vad skall renas och vilka värden man vill ha utöver det man bygger våtmarken för.



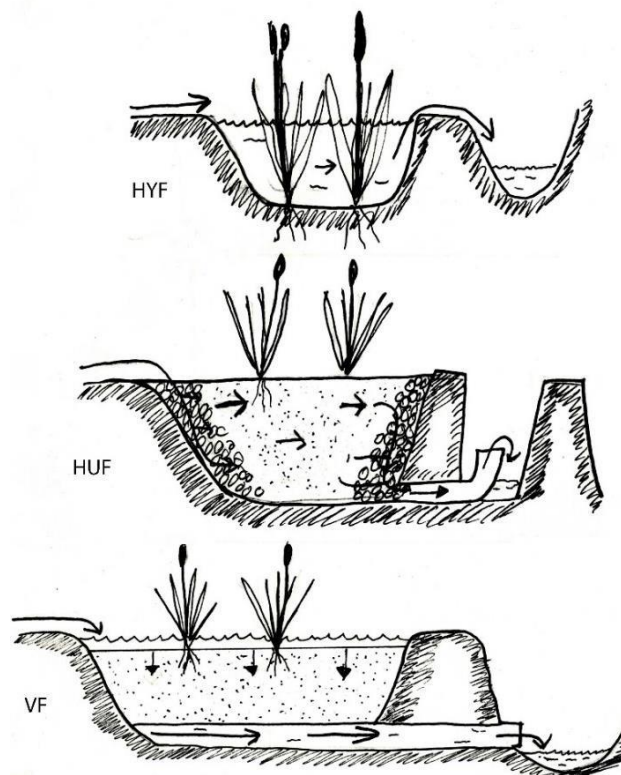
## 5.1 Anlagda icke naturlika våtmarker

### 5.1.1 Våtmarksfilter

Våtmarksfilter kallas de våtmarker som är speciellt anlagda för vattenrening genom att man låter vattnet rinna genom en bädd av grus och sand. (Tonderski et al, sid 81-81). Vymazal (2011) pekar på att man delar upp dessa våtmarksfilter i tre olika grupper: *våtmarksfilter med horisontalt ytvattensflöde*(HYF), *våtmarksfilter med horisontalt undervattensflöde*(HUF) och *våtmarksfilter med vertikalt flöde*(VF) se fig. 3. Man använder grusbädden som en slags sil där man häller på vatten och som sedan får silas i gruset och sanden. Rötterna på växterna skapar ett mikroklimat som omväxlande är syrerikt och syrefattigt. Beroende på vilken av de tre typerna man använder får man olika egenskaper (Vymazal, 2011 sid. 62). Våtmarksfiltret med horisontellt ytvattenflöde(HYF) är ofta grundare dammar där flödet av vatten är lågt snarare än en bädd av sand och grus. Här flyter vattnet främst på ytan och gärna långsamt. Det långsamma flödet och låga omblandningen av vattnet ger en syrefattig miljö som är en av förutsättningarna för denitrifikation (se rubriken *kvävetts kretslopp*). Växterna som tillåts växa i våtmarken skapar miljöer med syre som ger förutsättningen för nitrifikation. Ofta är dessa våtmarker grunda vattensamlingar upp till 2m vilket kan ge en god vattenbuffrande effekt vid stormfloder eller torka (Vymazal, 2011 sid. 62).

Våtmarksfilter med horisontalt undervattensflöde (HUF) menar forskare är ett effektivare filter vad gäller filtreringen av organiskt material, metaller och jordpartiklar gentemot HYF (Vymazal, 2011 sid. 62). Detta filter ger också god möjlighet till denitrifikation då syre har svårt att tillföras. Denitrifikationsprocessen är dock låg då nitrifikation som är steget före denitrifikation inte sker på grund av syrefattiga miljöer. Kvävet som annars är ammonium måste alltså tillföras som nitrat till denna form av våtmarksfilter. HUF och till viss del HYF skulle alltså passa bättre ihop med en annan lösning snarare än ensam. Den tredje lösningen är våtmarksfilter med vertikalt flöde. Detta är en grusbädd där vattnet hälls på ovanifrån och sedan får rinna igenom grusbädden vertikalt. Detta ger en mycket god filtrerande verkan för partiklar och organiskt material och används ofta för vattenrening av restvatten från reningsverk i mindre samhällen. VF filtret är dock dålig i avseende av denitrifikation då blandningen av både syrefattiga och syrerika miljöer saknas. Grusbädden tenderar att bli syrerik vilket leder till god nitrifikation men inte denitrifikation som är målet om man vill få bort kväve ur vattnet. Sand/grus bädden har också en förmåga att sättas igen av slam och större partiklar om man inte går rätt till väga och sprider ut vattnet över ytan samt rensar ytan på skräp. Flera anläggningar använder sig då av en pump som fördelar vattnet över ytan. Detta samt städningen av ytan leder dock till ökad kostnad för våtmarker av detta slag.

Således kan konstaterats att de tre olika filtren inte är optimala var för sig utan fungerar bäst om de kombineras med varandra. En tysk studie visade att kombinationen med två eller tre VF som följdes av 2 eller fler HUF våtmarksfilter var en mycket bra kombination (Vymazal, 2011 sid. 63). Just kombinationen med det syrerika vertikalflödesfiltret och syrefattiga HUF skapar en god förutsättning för avskiljning av kväve från vatten till luft (denitrifikation). Kombinerar man sedan detta med en HYF så får man dessutom god avskiljning av partiklar, organiskt material och fosfor.



Figur 3. Olika typer av våtmarksfilter Horisontalt ytvattenflöde(HYF), Horisontalt undervattensflöde(HUF) och Vertikalt flöde(VF).



## 5.2 Anlagda naturlika våtmarker.

### 5.21 Våtmarker av grundvattentyp

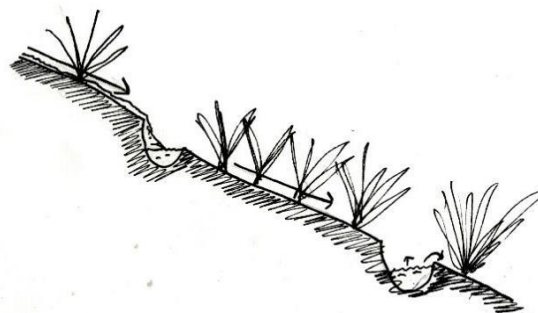
Om viljan finns att skapa en våtmark av grundvattentyp kan man i princip bara dämna upp en bäck eller annat vattendrag och låta den höja grundvattennivån i kringliggande områden. Detta räknas dock som vattenverksamhet enligt lagen och kontakt med länsstyrelsen bör ske. Detta kan enligt Tonderski et al (2002) göras genom att man minskar en ås vattenfåra och samtidigt återskapa mader längs med kanterna. Detta kan göras genom att minska utloppen från flacka områden eller tillfälligt dämna upp på olika platser. Fördelen med dessa våtmarker är enligt Tonderski et al (2002) att vattnet förs genom jorden vilket både ökar kontaktytan och ökar genomströmningstiden som ger tid till exempelvis denitrifikation. Men det kan också leda till urlakning av organiska ämnen och ammonium om vatten påförs marker som tidigare varit torra.

### 5.22 Våtmark av ytvattentyp

Den vanligaste typen av skapade våtmarker i Sverige är av *ytvattentyp* (Tonderski et al 2002, sid.71). Det är oftast skapade genom att man ringlar till en annars rak å eller bäck och skapar då dels större strandyta och dels partier av ån där vattnet saktar ned. Ofta kallas dessa för *hästskovåtmarker* och är ganska små. Gör man flera knyckar på hästskon och får den att fungera även om det kommer mycket vatten kan den fungera som en god näringsfälla. Denna metod kan med fördel kombineras med våtmarken av grundvattentyp och skapa ett slags deltalandskap.

### 5.23 Översilningsyta

Översilningsytor är ytor där man leder ut vatten över en sluttande yta och sedan låter vattnet långsamt rinna nedför (se fig. 4). I slutningen finns grävda tvärdiken som omfördelar flödet över ytan och får silningen jämnt fördelad (Tonderski et al 2002, sid.71). Vattnet silas ned i jorden och där genomgår den samma reningsprocess som i andra våtmarker. Fördelen med översilningsytor är att marken ges näring till odling eller andra växtsamhällen och att man då kan använda dem till odling av grödor som ej tål stående vatten. En annan metod är att leda ut vattnet över en plan yta med jämna mellanrum, kanske bara någon gång per år. Detta ger samma effekter.



Figur 4. Översilningsyta med tvärgående diken.

## 6. Placering och utformning av våtmarken

Både placeringen och utformningen av en anlagd våtmark är av stor betydelse för om våtmarkens effektivitet. I detta kapitel kommer främst anlagda nya våtmarker att behandlas. Återskapade våtmarker är oftare mindre tekniskt utformade utan syftar snarare till att återskapa naturen. Flera återskapade våtmarker kan dock med fördel planeras tekniskt och gränsen mellan restaurerad och ny våtmark är som alltid väldigt otydlig. Placeringen kan handla om vart i vattenkedjan våtmarken placeras. Utformningen handlar om vilken form våtmarken har, vilka strömmar skapas samt vilka växter som finns i våtmarken. Som det beskrivs tidigare i arbetet har vattnets hastighet och rörelse stor betydelse på hur väl våtmarken fungerar som vattenrenare och urskiljare av näring. Uppehållstiden bör vara runt två dygn i våtmarken, alltså saktas ned från vad många åar och bäckar är. Dock får vattnet inte stanna och bilda så kallade döda zoner där vattnet aldrig eller sällan byts ut. Byts inte vattnet så renas inget nytt vatten och vattnet får heller inget syre om det inte rör sig. Detta kapitel fokuserar främst på våtmarker för vattenrening och kommer som exempel främst föra fram dammar eller våtmarker med vattenyta som är helt eller delvis täckt med vegetation. Dessa är de vanligaste anlagda våtmarkerna för vattenrening.

När man börjar planeringen av en våtmark bör man först ta i beaktande hur det kommer att förändra landskapet. Kommer schaktmassor bilda kullar? Kommer våtmarken skapa ett helt annat landskap. I *Praktisk handbok för våtmarksbygge* (1999, sid. 16) menar man att detta lätt kan avhjälpas genom en strategiskt placerad plantering eller liknande. Vidare bör man ta i beaktande alla åsikter som finns bland de omkringboende. Är det en kommunal våtmark utförs ofta ett så kallat samrådsmöte där olika intressenter träffas och diskuterar.

## 6.1 Utformning

Det finns flera saker att ta i beaktande när det gäller utformningen på våtmarken man vill anlägga. Det handlar om utformning av *in och utlopp, bottentopografi, plangeometri* och *växtetablering*. I boken *Treatment wetlands* (Kadlec, Wallace 2009) diskuterar man olika schematiska utformningar av våtmarker. Utformningen syftar hela tiden till att sprida ut vattnet över hela våtmarken och att uppehållstiden skall vara lång men inte så att vattnet stannar helt. Nedan följer en mer detaljerad beskrivning av de olika delarna av en anlagd våtmark för vattenrening/vattenbuffert.

### 6.1.1 Inloppet

Det vanligaste inloppet är ett rör eller en bäck som rinner rakt in i våtmarken (Tonderski et al 2002 sid. 254). Detta skapar dock problem då strömningshastigheten är hög i inloppet vilket virvlar upp sediment och blandar ner syre i våtmarken. Om det förekommer höga halter av närsalter i vattnet påverkas växtligheten negativt runt det enda inloppet.

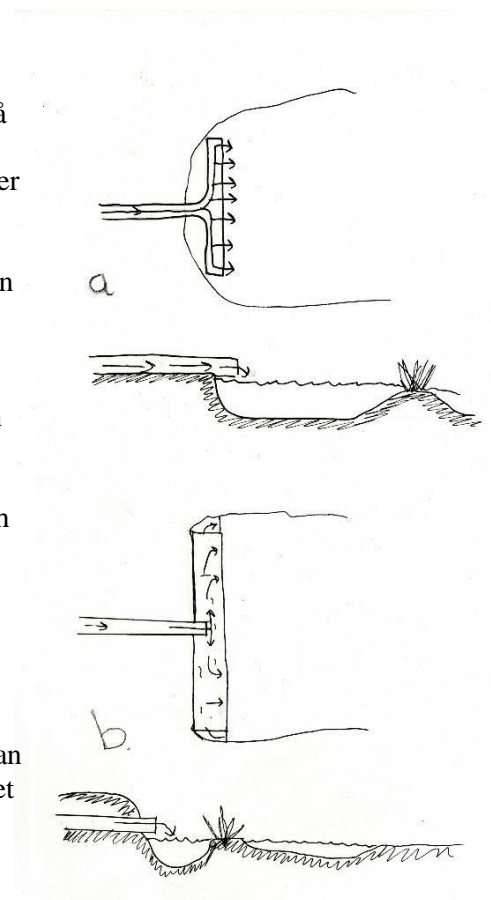
Det skapas också gärna döda zoner i en våtmark om inte vattnets väg är genom hela området. En lösning på detta är att sprida ut inloppet antingen genom flera inlopp (fig. 5a) eller genom ett djupare dike i inloppet (fig. 5b). Föredrar man en samlad, inloppspunkt och inte som den i figurena, så kan man istället anlägga en ö i inloppet som sprider strömmen.

Vill man ha en våtmark med god sedimentation kan man lägga en djupare damm del i inloppet av våtmarken som i figur 5b. Sedan leds vattnet vidare till en grundare del. Detta gör att vattnet får sakta ned och släppa de största partiklarna innan det fortsätter vidare. Enligt Kadlec och Wallace (2009) är detta att föredra för konstruerade våtmarker. För att sprida ut vattnet mer över våtmarken kan man med fördel även anlägga ett djupare dike mitt i våtmarken tvärs med flödesriktningen (fig. 6 sid 20). Detta fördelar vattnet över en större yta.

Något man bör tänka på vid all anläggning av våtmarkers in och utlopp är att inte skapa hinder för vandrande och lekande fisk. Många våtmarker tenderar även att bli perfekta tillhåll för rovfisk som kan då kan slå hårt mot ett bestånd av vandrande fisk till exempel öring (Tonderski et al, 2002 s 258).

### 6.1.2 Bottentopografi

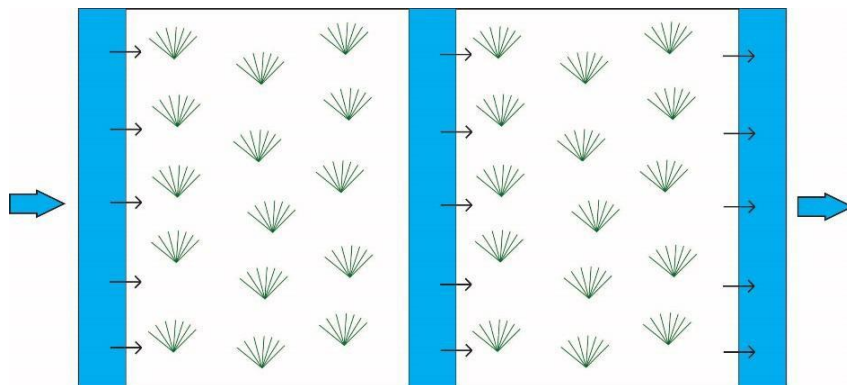
De djupare delar som finns i inloppet kan med fördel även användas inuti våtmarken där de kan utformas likt diken under vatten som går emot flödesriktningen (se fig. 6) detta hjälper till att sprida vattnet ännu mer över våtmarken (Kadlec, Wallace 2009 sid. 659). I övrigt bör våtmarken för bästa hydrologiska effekt utgöras av dels djupare och dels grundare partier för att skapa en variation av mikromiljöer som krävs för en god vattenrening. Just blandningen är viktig för en så stor biologisk mångfald som möjligt. Olika växter och djur gillar olika och gynnas av olika mikroklimat.



Figur 5. Inlopp i två olika spridda varianter. a. förgrenat rör som sprider ut vattnet. b. Centrerat inflöde med spridningsdike

### 6.13 Plangeometri

Viktigt när man utformar en våtmark är förhållandet mellan längden och bredden. Längd/bredd (L/B) förhållandet bör ligga minst 2:1 men vissa forskare hävdar att det bör vara 10:1 (Tonderski et al 2002 sid. 262). Så högt förhållande som 10:1 kan dock enligt andra forskare leda till översvämning då flödet saktas ned allt för mycket. Därför rekommenderar forskare ett lägre L/B förhållande och att man istället sprider ut vattnet jämt över hela våtmarken genom tvingat flöde (Pettersson, 1999 s.34-36). Våtmarker med lågt L/B förhållande tenderar ofta att skapa ett rakt flöde mellan inlopp och utlopp, så kallad kortslutning, vilket leder till minskad effektivitet. Det skapas då döda zoner i kanterna dit nytt vatten inte når. Detta avhjälps enligt Kadlec och Wallace (2009, sid 658) med hjälp av att anlägga liknande diken som de vid inloppet mitt i våtmarken. Även här sprider fördjupningarna under ytan ut vattnet till hela våtmarken (se fig. 6).



Figur 6. Schematiskt ritat fördelningsdike som fördelar vattnet över våtmarken.

Om det är en stor våtmark som skapar kortslutning så kan man med fördel dela in den i delar, celler. Dessa celler delas av med grundare delar eller med vallar och har in- och utlopp med fördelningsdiken. Vattnet led sedan mellan cellerna och fördröjningstiden blir då längre. Våtmarken som placeras i sluttningar kan med fördel använda dessa celler som terrasser för att minska flödet. Kadlec och Wallace (2009 sid 658) menar också att man kan stänga av cellerna och kontrollera dem med hjälp av dammluckor eller likande och skapa små våtmarker som man kan höja och sänka som man vill. Detta kan vara till fördel om man vill skörda/underhålla bara enskilda celler.

En annan viktig faktor att tänka på i utformandet av en våtmark är storleken. En större våtmark är inte av princip mer renande. En liten effektiv våtmark där vattnet får tid på sig kan vara bättre än en stor våtmark där det skapas döda zoner som vattnet inte når. Man måste anpassa en våtmark till vilka vattenflöden man förväntar sig, eventuella stormfloder samt för att få vattnet att stanna i minst två dygn.

### 6.14 Växtetablering

Spridningen av våtmarksväxter är svår att förutsäga. Det kan skifta från olika platser och har att göra med allt ifrån om det finns externa frökällor till klimat etc. (Tonderski et al 2002 sid. 267). Vill man snabbt ha vegetation i våtmarken för att gynna vattenreningen så kan man plantera ut växter i våtmarken antingen genom att så frön direkt i våtmarken eller köpa plantor eller barrotade växter och plantera direkt. Plantering är som mest nödvändigt med våtmarksväxter som sprids via vattnet eller vegetativt. Dessa kan ibland ha en långsam naturlig spridning mellan olika platser men snabbare inom. Växter som sprider sig via luften eller djur har ofta en snabbare spridning (Tonderski et al 2002 sid. 267).

Har man möjlighet att reglera vattnet i våtmarken bör man sänka vattnet innan plantering för att underlätta planteringen men sedan höja den igen så vattnet precis hamnar ovanför ytan (Kadlec, Wallace 2009 sid. 687). Detta skapar en syresatt jord med gott om vatten, en perfekt miljö för våtmarksväxter. Viktigt är att inte torka ut våtmarken under etableringen. Våtmarken bör formas så att det skapas olika djupa zoner där olika växter trivs. Vill man inte ha bladvass som kan vara väldigt expansiv så bör man ha djupare vatten i våtmarken då detta hämmar vassen. Vass kan växa ned till 1m och ibland djupare men den bakteriella processen i en våtmark gör att syret minskar drastiskt på djupare delar.

### 6.15 Utlopp

Utloppet likt inloppet kan ibland skapa vissa problem. Här börjar vattnet ofta röra sig igen och turbulensen virvlar upp sediment samt för ner syre. Detta kan man lösa genom samma slags lösningar som finns för inlopp. Åter igen får man ta ställning till om man vill ha koncentrerade utlopp vid en eller ett fåtal punkter eller om man vill sprida ut utloppet på en större yta till exempel en vegetationsyta. Väljer man att ha ett enda utlopp bör man för att inte skapa döda zoner i ytterkanterna på våtmarken anlägga ett likadant dike som vid inloppet se figur. 6.

Utloppets viktigaste funktion är dock enligt Kadlec och Wallace (2009 sid. 676) att kunna reglera vattenmängden i våtmarken. Att kunna reglera vattenmängden i våtmarken är viktigt av flera skäl bland annat för att fungera som vattenmagasin vid stormfloder, sänka vattenytan vid underhåll/skörd av växter eller för att kunna skapa olika miljöer (Kadlec, Wallace 2009 sid. 675). I stora anläggningar som Kadlec och Wallace främst tar upp krävs ofta stora och avancerade anläggningar med någon form av dammluckor eller liknande. Dessa innehåller dessutom ofta någon form av elektricitet eller extra underhåll vilket man inom en kommun ofta försöker undvika. Istället visar Tonderski et al (2002) i sin bok på system som sköter sig själva. Denna lösning går ut på att man bygger en vall vid utloppet med ett rör på mitten höjdmässigt. Detta rör fungerar under normala dagar som det naturliga utloppet men skulle det komma ett skyfall så översvämmas våtmarken och vattnet stiger över röret. Stora mängder vatten finns då i våtmarken men det påverkar inte vattensystemet nedströms stort för röret kommer bara släppa ut en viss mängd vatten från våtmarken. Vallen gör att vattnet inte fortsätter vidare ifrån våtmarken. Röret bör då dimensioneras för en vanlig dags flöde samt eventuellt viss nederbörd som kan komma på våtmarken.

### 6.2 Placering

Placeringen av våtmarken är viktig för att få effekter så som vattenrening eller vattenbuffring. En våtmark som är högt placerad i en vattenkedja påverkar starkt resten av systemet framförallt vad gäller vattenrening. När det gäller näringsretention gynnas den av mindre flöden i våtmarken vilket det blir i mindre delområden. Bäst vore om varje vattendrag hade sin egen våtmark för vattenrening men vill man kostnadseffektivisera finns det en vinst med få men stora våtmarker. Arheimer och Wittgren (1994) menar i sin artikel om effekterna av våtmarker i landskapet att det är viktigare med små våtmarker utspridda långt upp i kedjan än stora våtmarker i stora vattendrag. De visar på att skillnaden i avskiljning kan vara 4kg kväve per hektar våtmark och år.

Skall man anlägga en ny våtmark eller skapa en ny bör man alltid tänka på naturen och det omgivande landskapet. Många människor upplever det som något obehagligt med våtmarker när man in på sig även om vi gärna vill uppleva dem (Tonderski et al, 2002 s 176-178). Detta kan man avhjälpa genom dialog med boende eller genom strategiskt utplacerade kullar eller växter som då täcker våtmarken. Genom att bädda in våtmarken kan man gömma undan den om man upplever den som icke önskvärd. Man bör också tänka på om naturen i närområdet ändras och på vilket sätt. Ofta är en våtmark ett välkommet inslag, främst i Södra Sveriges slättlandskap där det oftast saknas diversitet. Något som kanske inte är självklart är hur fisken påverkas av anlagda våtmarker. Anlägger man en våtmark i ett befintligt vattendrag bör man undersöka innan vad för vattenlevande djur och växter det finns och hur de skulle kunna påverkas. Fiskar som vandrar så som till exempel öring kan hämmas av att större rovfiskar som gädda trivs i det stilla vattnet i en våtmark. Bygger man avancerade dammar som man kan reglera vattnet i på olika sätt bör man dessutom se till att vandrande fisk kan ta sig förbi. Annars tenderar en sådan våtmark att bli ett hinder för spridning av djur, främst fisk och amfibier. Om man vill ha en våtmark i ett känsligt vattendrag där man vet att det finns vandrande fisk kan man placera denna bredvid huvudfåran. Sedan leds vattnet in i våtmarken med hjälp av rör och släpps ut på andra sidan. (Tonderski et al 2002 Kap. 13)

Ibland kan placeringen bli komplicerad för att det inte finns plats för den storlek som egentligen behövs för den vattenmängd som skall passera. Då kan man utforma flera små våtmarker på olika platser och sedan länka ihop dem genom bäckar eller rör. Dessa mellansteg kan ibland vara långa och Kadlec och Wallace (2009) visar på ett projekt i Colombia, Missouri, där mellanvägarna var upp till 1.2 miles (ca 2km). På så sätt skulle ett sammanlänkat system av våtmarker i en stad fungera som renare av dagvatten. Som beskrivet nedan under punkten *Problem med våtmarker* finns det många aspekter angående människors upplevelse att ta hänsyn till under planeringen av våtmarker.

## 7. Problem med våtmarker

### 7.2 Myggor

Våtmarker är hem åt flera av de 47 arter av stickmyggor som finns i Sverige. Främst är det stickmyggornas larver som kräver fuktiga miljöer. Stickmyggorna måste lägga sina ägg i vatten för att de skall kläckas och bli mygglarver. Larverna lever sedan i vatten tills de utvecklas och bildar en ny mygga. Larverna lever främst i vattensamlingar så som dammar och vattenpölar men flera arter har specialiserat sig på att kläckas och leva som larver i alla slags små pölar så som hjulspår, dricksglas, trädglykor och underjordiska håligheter. Detta är främst så kallade översvänningsmyggorna av släktena *Aedes* och *Ochlerotatus*. Dessa släkten växer väldigt fort och kan under en sommar kläcka fram flera generationer. Det finns myggsläkten som tar upp till ett år på sig att gå från larv till vuxen mygga. (Tonderski et al 2002 ss. 187-198).

Problemet med stickmyggor är inte bara att de är obehagliga utan en del arter är även bärare av sjukdomar som kan smitta oss människor. En av dessa sjukdomar är den så kallade Ockelbosjukan som förekommer främst i Mellansverige kring dalaälven. Denna sjukdom som leder till ömma leder och feber orsakas av ett virus, sindbiviruset, som sprids från björktrast, taltrast och rödvingetrast **till människan** via myggan *Aedes cinereus*. Viruset är inte farligt men är obehagligt att ha och kan leda till permanente ledbesvär för 20 % av de smittade. Sjukdomen förekommer nästan uteslutande i mellersta Sverige och det beror enligt forskare på att här finns de perfekta biologiska förhållandena. Här finns gott om sumpskogar där vattnet är hemvist för myggan *Culex torrentium* som sprider viruset **mellan** fåglarna och i träden trivs fåglarna. Här finns även myggan *Aedes cinereus* som sprider det till människan. Den låga förekomsten av viruset i södra Sverige kan enligt forskarna förklaras genom att här saknas stora våtmarker med direkt ansluten lövskog. I och med ett återinförande av våtmarker i södra Sverige kan detta dock komma att ändras. (Tonderski et al 2002 ss. 187-198).

### 7.3 Miljöproblem, utsläpp av växthusgaser

Ett annat av problemen är att våtmarker under vissa förutsättningar släpper ut stora mängder miljöfarliga gaser. I processerna i en våtmark kan det bildas både växthusgaser och ozonförstörande gaser. Dessa har en stor negativ påverkan på klimatet men hur stor vet man ännu inte exakt.

#### 7.3.1 Växthusgaser

Växthusgaser påverkar jordens utstrålning av energivågor tillbaka ut i rymden och får dem att stanna kvar i atmosfären. Detta leder till en uppvärmd jord och atmosfär. Det finns i huvudsak tre gaser som påverkar atmosfären mest men deras långsiktiga påverkan är omdiskuterad. Enighet råder dock om att växthusgaser har en negativ effekt på klimatet (Rodhe et al, 1991 ss.143-147). De tre gaserna är *koldioxid* CO<sub>2</sub>, *metangas* CH<sub>4</sub> och *lustgas* N<sub>2</sub>O. Den största andelen av utsläpp i Sverige av växthusgaser är från motorer tätt följt av jordbruk/skogsbruk. I jordbruket och skogsbruket menar forskare att det handlar om utsläpp av CO<sub>2</sub> från organiskt material som ligger bundet i marken samt utsläpp av metangas från växtnedbrytning och djurhållning. Störst utsläpp av just metan kommer dock enligt Rodhe et al (1991 s. 144) från våtmarker och framförallt myrmar och mossar. Lustgasutsläppen kommer främst från konstgödsel i jord- och skogsbruket.

Den inbördes betydelsen av de olika gaserna är dock svår att bedöma då olika gaser uppträder olika. Koldioxidens och lustgasens nedbrytning i atmosfären tar cirka 120 år medan metanen tar 10 år. Dock är metanens påverkan 60-70 gånger större än CO<sub>2</sub>. Koldioxidens påverkan är dock i nuläget redan

störst och kommer fortsätta vara det medan metanets påverkan dalar snabbt (10 år) om gasutsläppet minskas. Lustgasen, som bryter ned ozonskiktet, kommer också finnas under en lång tid och det finns i dagsläges lite data på vilken effekten kommer bli. (Tonderski et al, 2002 s.199-201)

### 7.32 Ozonförstörande gaser

Till de ozonskiktsförstörande gaserna hör metan samt nitrösa gaser, betecknade  $\text{NO}_x$ , där även lustgas ingår. Dessa gaser bryter ned det ozonskikt som finns för att skydda jorden mot ultraviolett strålning. Kvantitativa mätningar saknas dock enligt Tonderski et al (2002 sid. 200) över vilken påverkning metan och lustgas har på ozonskiktet. Men enighet finns att den har stor påverkan, främst från de nitrösa gaserna. Metan fungerar ihop med svavelsyra från vulkaner mest som en katalysator i nedbrytningen.

### 7.33 Vilken påverkan har våtmarker på utsläppen av miljöfarlig gas?

Både växter, djur och bakterier avger koldioxid som restprodukt när cellerna tillgodoser sig energi. Koldioxid kan också bildas i mikrobiell nedbrytning av organiskt material. Koldioxid kan även bildas genom oxidering av metan  $\text{CH}_4$ . Metan å andra sidan bildas när syre saknas i våtmarken. Metan kan också bildas anaerobt av koldioxid. Lustgas bildas som en så kallad mellanprodukt under bildandet av nitrat och sedan också vid denitrifieringen av nitrat till kvävgas. Lustgasen bildas när det finns precis så lite syre att nitrat inte bildas och precis så mycket ibland så att denitrifikation inte sker. Detta kallas för intermediär tillgång på syre (Tonderski et al, 2002 s. 198-205).

Dock har forskning visat att koldioxid nedläggs i botten genom att bakterier tar upp koldioxid när den är på väg upp till ytan och sedan dör. Nedläggningens effekt är större än produktionen av koldioxid så i Sverige är det en nettofastläggning av koldioxid i skogsmark, torvmark samt våtmarker. Naturliga växtprocesser kan således ses som koldioxidfällor. Dock fungerar detta inte lika bra när ammonium tillförs vattnet till exempel i jordbruksbygder. Våtmarken anses dessutom vara den största källan till utsläpp av metan i Sverige. 73 % av all metan kommer från våtmarker. Lustgasen som bildas står för cirka 2-3 % av landets utsläpp. Siffrorna anses dock som relativt osäkra och bygger på siffror från 1991 alltså innan bygget av våtmarker för vattenrening kom igång på riktigt (Tonderski et al, 2002 s. 198-205).

## 7.4 Lokaliseringskonflikter, Not in my back yard

Tonderski et al. (2002 sid. 176-177) tar upp flera problem som gäller människors ovilja till att ha våtmarker allt för nära sig i landskapet. De menar att den största anledningen ofta är begreppet NIMBY, Not in my back yard. Det handlar om att en del människor ser det som ett för stort ingrepp i sin livsmiljö och är rädda för vad förändring våtmarken bringar. Många är också rädda för saker som lukt, djur man inte vill ha, höjt grundvatten och risk för drunkning. Just luktaspekten och den estetiska förändringen kan ofta botas med hjälp av ett studiebesök hos en liknande anläggning som den man vill anlägga. Djuren är inte så mycket att göra åt tyvärr men å andra sidan påpekar Tonderski et al (2002, sid. 177) att även önskvärda djur tillförs till platsen eller gynnas. (Tonderski et al 2002, sid. 176-178)

Drunkning angavs ofta som anledning till oro i en undersökning gjord genom telefonintervju. Men samtidigt var det många som ansåg att staketen som sattes upp av kommunen som hinder för barn var förfulande. Staketen sågs också som ett hinder för de omkringboende som ville använda våtmarken för naturupplevelser så som fågelskådning. Yttliggare en anledning som angavs vid överklagan vid bygge av våtmarker var rädslan för smittspridning eller giftiga ämnen i vattnet. Detta gällde framförallt för våtmarker för den sista reningen av avloppsvatten. En lösning vore att anlägga planerade stråk dit människor kan lockas och därmed komma ifrån vattnet. Här kan man anlägga gångstråk, grillplatser och fågeltorn som syftar till att inte ta sig ner till vattnet.

Vidare finns det konflikter som handlar om hur landskapet förändras. En våtmark kan ha stor påverkan på landskapet omkring och bland annat höja vattennivån, minska strömhastigheten och skapa nya biotoper för de organismer som levde där innan. Jordbruket är ett av intressena som våtmarker kan inkräkta på. Blötare jordar kan leda till svårkördade marker eller ändrade skördar. En våtmark anlagt på en åker kan också leda till att åkern styckas upp i mindre bitar vilket försvårar



körningen. Fisket av speciella arter av fisk kan också komma att ändras om man anlägger en våtmark. ofta handlar det då om års lopp som man kröker till (hästskovåtmark) för att sakta ned vattnet. Rovfisken gädda gynnas av detta och konkurrerar då ibland ut till exempel öringen. Detta står ofta till grund för mycket klagomål från fritidsfiskare och fiskeriavdelningen på länsstyrelsen. (Tonderski et al 2002, sid. 180-182)

## 8. Diskussion/slutsats

### 8.1 Diskussion

Den perfekta våtmarken, finns den?

Som det beskrivs ovan finns det egentligen inte ett enkelt svar på frågan om den perfekta våtmarken. Varje plats har sina förutsättningar och sina möjligheter och därför varierar lösningarna mellan olika platser. Våtmarken som begrepp är i sig så stort att det möjliggör stora mängder lösningar. Allt från mossar till havsstränder är enligt definitionen våtmarker (se sid 9).

Som Tonderski et al (2002) menar är det svårt att mäta effekten av en naturlig våtmark exakt då vattnet som går in och ut inte alltid tar de vägar som man ser. Utbytet av vatten sker i många naturliga våtmarker även genom grundvattnet. Konstgjorda våtmarker å andra sidan kan man styra mer genom att bestämma flödesriktningar, flödes hastighet, växtlighet och material i våtmarken med mera.

Hur skall jag nu tänka om jag vill ha en våtmark? Behöver jag vara en expert på biologi och kemi för att anlägga en våtmark? Svaret är nej, det behöver man inte. Den första frågan man bör ställa sig är: vad är syftet med min våtmark? Är det vattenrening, stormvattenbuffrande, biologisk mångfald eller något annat? Ofta är det en kombination av en eller flera och konstruerar man den rätt kan alla dessa vinster erhållas.

Som beskrivet ovan behöver olika processer i våtmarken olika förutsättningar för att fungera. Kväveavskiljningen kräver variation mellan syrefria och syrerika vatten för att fungera. Detta betyder att det krävs både djupare eller lugnare syrefria partier och grundare eller rörligare vatten med syre. Denna blandning uppstår även kring växter som växer i grunt vatten då växterna tar syre med rötterna på natten och släpper ut på dagen (cellandning samt fotosyntesen) (Tonderski, 2002 s.52-53).

Fosfor å sin sida vill ha lugna vatten där den kan bilda komplex med olika metalloxyd och sedan sjunka till botten. Här vill man ha djupare delar med vatten som rör sig väldigt långsamt till exempel de uppsamlingsdiken som diskuteras i avsnittet om utformning. I djupare delar kan sediment sjunka till botten och ackumuleras. Även retentionen av tungmetaller och andra skadliga ämnen fungerar liknande fosfor och således skulle även dessa ämnen hamna i de djupare delarna av våtmarken.

Vattenmagasiner i en våtmark handlar om hur mycket vatten som kan komma till en våtmark utan att det svämmar över till platser dit man inte vill ha vattnet. En kontrollerad temporär översvämning är något som man bör sträva efter under höga vattenflöden. Detta kan man få genom att ha växtbäddar eller gräsytor kring våtmarken med flacka eller inga kanter. Dessutom bör man utforma utloppet från våtmarken så att samma flöde kommer ut oberoende vad som kommer in i våtmarken. Detta jämna flöde är eftersträvt då det minskar problem med översvämning nedströms. En annan orsak att hålla kvar vatten efter ett skyfall är för att kvarhållningstiden på två dygn som är önskvärd för näringsavskiljningen då kan bli av.

Växtligheten i dessa buffertzoner kan vara till exempel vass, gräs/örtskikt eller så kallad sumpskog.

Valet av växter beror på hur ofta man förväntar sig översvämning, hur länge vattnet kommer vara kvar och om det finns specifika arter av djur eller växter man vill föra in. Dessa buffertzoner kommer bara undantagsvis stå under vatten men kan under större delen av året ha vatten nära ytan, så kallade fuktängar. Dessa kan med fördel användas till bete för djur eller produktion av biomassa som gräs eller vass. Även sumpskogar/våtmarksskogor kan finnas i dessa översvämningssmarker som då kan producera timmer eller flis. Skötseln av alla dessa marker kan ibland verka komplicerad men genom att skörda under torra perioder på sensommaren och använda maskiner med stora hjul kan skador och fastkörningar motverkas.

En våtmark för vattenrening skall alltså utformas så att olika djup, rörelse och vegetation skall finnas. Dessutom måste vattnet stannas av så att den får en låg hastighet i minst två dygn. I små våtmarker kan detta bli ett problem om vattenflödet går rakt igenom. I sin bok diskuterar Kadlec och Wallace (2009 sid 658) om hur man på en mindre yta kan minska genomrinningstiden genom att

skapa en slingrande fåra. Genom att bygga på detta sätt kan man minska den totala arean på våtmarken men ändå behålla en lång väg genom våtmarken. För att sprida ut vattnet över våtmarken kan man även bygga ett dike i början och slutet av våtmarken samt på ett eller flera ställen i våtmarken.

Diskussionen om man skall ha en damm som vattenrenare eller en grundare våtmark som beskrivs ovan kan vara en svår fråga. En damm som våtmark är ett bra alternativ om man vill ha goda vattenbuffrande egenskaper. Dammen håller mycket vatten om det kommer en stormflod och har mycket vatten att ge om det är torka. Har man inte plats direkt bredvid varandra till exempel i staden så kan man med fördel sprida ut olika våtmarken i staden och länka ihop dem med åar eller bäckar (Kadlec och Wallace, 2009 sid. 666).

Vill man ha vattenrenande effekter kan en damm djupare än 2m skapa problem då större delen av dammen blir syrefri och att blandade mikroklimat saknas. Om dammen har en stor yta och djup blir det bara stränderna som fungerar som kväveavskiljning och växtupptagning. Å andra sidan kan en stor damm fungera utmärkt som avskiljare av tungmetaller, skadliga partiklar och fosfor (Pettersson, 1999 s. iii). Åter igen så bör man blanda olika våtmarker i landskapet för störst önskad effekt.

Vad gäller biologisk mångfald och rekreation så kräver de ungefär samma saker som vattenreningen. För att locka till sig många arter av både växter och djur krävs varierande mikroklimat och miljöer. Rekreationen gynnas av att man anlägger speciella vägar med till exempel naturgrus som anpassas för alla samt utkikstorn och grillplatser. Genom att locka människor till anpassade platser kan man undvika att naturen förstörs genom nedtrampning, skräp och störande ljud. Även om en våtmark kan vara en uppskattad naturupplevelse för många, särskilt fågel och insektsintresserade, så upplevs del ofta som något man inte vill ha i sin närhet. Som det står under rubriken lokalisering så är det många som har uppfattningen om våtmarker att de luktar, föder upp mygg och kan leda till drunkningsolyckor. En enkätundersökning som Tonderski et al (2002) gjorde där de frågar olika kommuner som anlagt våtmarker hur de upplever dem efter att en våtmark anlagts visar motsatsen. Innan anläggandet var grannar och människor i omgivningen ofta negativa, men efteråt så slutade protesterna. De märkte att det inte var så farligt, våtmarken blev en del i landskapet.

När man pratar om våtmarker blir det lätt att man bara tänker på och tar upp anlagda slingrande åar, dammar för dagvattenhantering eller våtmarksfilter. Man bör inte glömma den största delen våtmarker som är myrar, mossar och sumpskogar. Myrarna och mossarna är oftast inte med i den vattenrenande processen då de bildas ur näringsfattiga miljöer där vatten tillförs uppifrån och inte kan ta sig iväg.

Sumpskogarna å andra sidan bidrar till vattenreningen och näringsupptaget då de ofta står intill vattendrag eller på stränder. Tyvärr saknas det ännu siffror på hur effektiva olika våtmarker är exakt så forskare kan inte riktigt jämföra olika typerns effektivitet. Ofta får man utgå från vad man har och sedan komplettera på de ytor man har att tillgå. Detta leder ofta till att våtmarker har väldigt många olika utseenden, funktioner och plats i landskapet.

## 8.2 Slutsats

Skall man sammanfatta planeringen av en våtmark för vattenrening enkelt krävs: långsamt flöde, varierande topografi och en våtmark där vattnet når alla delarna. Biologisk mångfald, upplevelsevärden, biomassaproduktion och vattenrening kommer med dessa funktioner. En viktig kunskap att ta med sig är också att det finns ingen universallösning utan man måste lära sig att förstå de olika processerna och vad de kräver. Man måste kunna improvisera med sina kunskaper och kompromissa för att fixa den bästa våtmarken för just den plats man vill ha den på.



## 9. Källförteckning

- Arheimer, Berit, Wittgren, Hans B.** (1994) Modelling the effects of wetlands on regional nitrogen transport. *AMBIO* vol. 23, no 6, Sid. 378-386. Även tillgänglig elektroniskt via:  
[http://www.jstor.org/stable/4314239?seq=1#page\\_scan\\_tab\\_contents](http://www.jstor.org/stable/4314239?seq=1#page_scan_tab_contents) [2016-05-02]
- Borgegård, Sven-Olov** (2008) Kan våtmarker bidra till ökad produktion av bioenergi? *Biodivers* Nr.1 **Havet.nu** Övergödning Tillgänglig via: <http://www.havet.nu/?d=31> [2016-05-02]
- Länsstyrelsen Västra Götaland.** *Om hornborgarsjön.* Tillgänglig via:  
<http://projektwebbar.lansstyrelsen.se/HORNBORGA/SV/OMHORNORGASJON/Pages/omsjon.aspx> [2016-04-07]
- Löfroth, Michael (1991).** *Våtmarkerna och deras betydelse.* Solna: Naturvårdsverket. Rapport 3824.
- Naturvårdsverket** (2014-03-03) *Miljömålssystemets historia.* Tillgänglig via:  
<http://www.miljomal.se/sv/Miljomalen/Miljomalssystemets-historia/> [2016-04-25]
- Naturvårdsverket** (2016-03-31) *Miljömålen, uppföljning och utvärdering.* Tillgänglig via:  
<http://www.miljomal.se/sv/Miljomalen/Uppfoljning-utvardering/nas-miljokvalitetsmalen/> [2016-04-22]
- Naturvårdsverket.** (2015-11-17) *Så mår miljön, våtmark.* Tillgänglig via:  
<http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Vatten/Vatmark/> [2016-04-13]
- Naturvårdsverket** (2012-02-24) *Generationsmålet.* Tillgänglig via:  
<http://www.miljomal.se/sv/Miljomalen/Generationsmalet/> [2016-05-18]
- Naturvårdsverket** (2016) *Miljömålen, årlig uppföljning av Sveriges miljökvalitetsmål och etappmål 2016.* Stockholm: Naturvårdsverket. "Serien Årlig uppföljning av Sveriges miljökvalitetsmål och etappmål".[online] Tillgänglig via:  
<http://www.miljomal.se/sv/Publikationer-och-bilder/Rapporter/Malansvariga-myndigheter/2016/> [2016-04-25]
- NE, nationalencyklopedin** (2016-05-03) dagvatten Tillgänglig via :  
<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/dagvatten>
- Kadlec, Robert H., Wallace, Scott D.** (2009) *Treatment Wetlands.* 2 uppl.. Boca Raton Taylor and Francis Group
- Pettersson Thomas J. R**(1999) *Stormwater ponds for pollution reduction* Diss. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola
- Rodhe, Henning, Eriksson, Hillevi, Robertson, Kerstin, Svensson, Bo H.** (1991) Sources and Sinks of Greenhouse Gases in Sweden: A Case Study. *Ambio* Vol. 20, (No. 3) ss 143-145
- SMHI Svenskt vattenarkiv** (1995) *Sänkta och torrlagda sjöar* Norrköping: SMHI, Svenskt vattenarkiv (SVAR).
- SMHI** (2014-04-23) *Övergödning av östersjön.* Tillgänglig via:  
<http://www.smhi.se/kunskapsbanken/oceanografi/overgodning-av-havet-1.6006> [2016-04-13]
- SLU Artfakta artdatabanken** Tillgänglig via:  
<http://artfakta.artdatabanken.se/> [2016-05-09]
- Svenska jägareförbundet** (2013-04-15) *Våtmarker och viltvatten.* Tillgänglig:  
<http://jagareforbundet.se/vilt/viltvard/viltvardsatgarder/vatmarker-och-viltvatten/> [2016-05-06]
- Tonderski, Karin, Weisner, Stefan, Landin, Jan, Oscarsson, Hans (2002).** *Våtmarksboken, skapande och utnyttjande av värdefulla våtmarker.* Västervik: AB Ekblad & Co
- Vymazal, Jan** (2011) Constructed wetlands for wastewater treatment: five decades of experience. *Environmental science & technology.* 1 jan 2011, vol 45(1) pp. 66-69
- Wremp, Anna Maria** (2008) Kretsloppstänkande *Biodivers.* Nr.1