

Flytande våtmarksöar i vattenreningssyfte i tempererade klimat

- med fokus på urbana miljöer, plantval & näringsreducering

Floating treatment wetlands in temperate climates – with focus on urban environment, choice of plants & nutrient reduction

Ylva Granberg



Flytande våtmarksöar i vattenreningssyfte i tempererade klimat

- med fokus på urbana miljöer, plantval & näringsreducering
Floating treatment wetlands in temperate climates – with focus on urban environments, choice of plants & nutrient reduction

Ylva Granberg

Handledare: Håkan Asp, SLU, Institutionen för biosystem och teknologi

Examinator: Sven-Erik Svensson, Institutionen för biosystem och teknologi

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i trädgårdsvetenskap, G2E

Kurskod: EX0495

Program/utbildning: Trädgårdsingenjör: odling – kandidatprogram

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2019

Omslagsbild: *Ylva Granberg*

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

Nyckelord: *Flytande våtmarksö, floating treatment wetlands, vattenkvalitet, eutrofiering, näringsreducering, kväve, fosfor, bredbladigt kavedun, jättegröe, bladvass*

Sammanfattning

Ett ökat problem med övergödning i vattendrag, sjöar och hav kan ses runt om i världen, till följd av bland annat en växande urbanisering och en reducering av naturligt förekommande växthabitat, som ex. våtmarker. Flytande våtmarksöar i vattenreningssyfte (FVV) är en konstruktion som efterliknar de processer som sker i en naturlig våtmark, och har använts i vattenreningssyfte i olika sammanhang.

Syftet med detta arbete är att undersöka om flytande våtmarksöar skulle kunna fungera i näringsreducerande syfte i ett tempererat klimat, för att i så fall kunna göra det mer attraktivt att applicera vattenreningssyftet framförallt i urbana miljöer.

Detta arbete innefattar; en litteraturstudie där information har insamlats om FVV:ns uppbyggnad, växtval och funktioner, ex. näringsupptag (huvudsakligen av kväve (N) och fosfor (P)); en bilaga med en sammanställd tabell över plantegenskaperna för valda växter, samt; uträkningar för att förstå hur många m^2 FVV som skulle kunna behövas för att uppnå en viss reducering av halter av N och P i två urbana vattendrag – Malmö kanaler och Sege å.

Per m^2 och år kan FVV generellt sett ta upp: 310 g N och 10,3 g P. Den yta FVV som krävs i Malmö kanaler för att reducera vattnets kväve- och fosforkoncentration ner till uppsatta mål, skulle enligt de uträkningsmetoder som använts i detta arbete, vara möjligt att applicera, då det endast skulle uppta ca 1 % av kanalernas totala vattenyta. I Sege å skulle det däremot inte vara möjligt då de m^2 FVV som krävs för att uppnå samma mål, skulle uppta hela åns vattenyta.

Vid dimensionering av FVV krävs det att många parametrar tas i beaktning, och för att underlätta denna procedur skulle det, om möjligt, vara fördelaktigt att ha en uträkningsmodell att tillgå.

De nordiskt härdiga växterna valda i detta arbete är: bredbladigt kaveldun (*Typha latifolia*), jättegröe (*Glyceria maxima*) och bladvass (*Phragmites australis*). Deras kväveupptag kan $m^{-2} \text{år}^{-1}$ för respektive växtart vara: 1,8 g, 20,4 g, och 11,2 g.

Resultaten visade att FVV har en näringsreducerande effekt i ett tempererat klimat, och därför kan FVV användas i Sverige i ett näringsreducerande syfte. Även om FVV:n bidrar till en näringsreducering i vatten, skulle troligtvis en kombination av olika metoder för att hantera dagvatten och minska föroreningshalter i urbana vattenförekomster vara att föredra för att uppnå störst effekt gällande förbättring av vattenkvaliteten.

Summary

A growing problem with eutrophication in water bodies can be seen around the world, due to growing urban areas and a reduction of natural habitats of plants, such as wetlands. Floating treatment wetlands (FTWs) is a construction that imitates the processes that occurs in natural wetlands and has been used as water treatment in different contexts.

The purpose of this study is to research if floating treatment wetlands would work in a nutrient reduction context in temperate climates, and thereby, if it is a correct conclusion, to make it more appealing to introduce FTWs, primarily in urban areas.

This study includes; a literature study with gathered information of the FTW's structure, choice of plants, and functions e.g. nutrient uptake (mainly of nitrogen (N) and phosphorus (P)); an appendix with a table with properties of the chosen plants, and; calculations to understand how many m² FTW that would be needed to achieve a certain amount of reduction of N and P in two urban streams - Malmö canals and Sege å.

Per m² and year the uptake of FTWs can generally be: 310 g N, and 10,3 g P. The area FTWs needed in Malmö canals to reduce the N and P concentrations in the water to pre-selected goals, should, according to calculations used in this study, be possible, since the FTWs only would cover around 1 % of the canals' total water surface. The m² needed to obtain the same goals in Sege å is not possible, since the FTWs would cover the total area of the water surface.

Many parameters need to be taken into consideration during the dimensioning of FTWs, and to facilitate this procedure it would, if possible, be helpful to have a calculation model.

The Nordic hardy plants chosen in this study is: broadleaf cattail (*Typha latifolia*), great manna grass (*Glyceria maxima*), and common reed (*Phragmites australis*). Their nitrogen uptake m⁻² year⁻¹ can for each plant be respectively: 1,8 g, 20,4 g, and 11,2 g.

The results show that the FTW has a nutrient reduction capacity in temperate climates, therefore can FTWs be used in Sweden in a nutrient reduction purpose. Even if the FTW contributes to nutrient reduction in water bodies, it may be preferred to use a combination of different types of methods to handle storm water and to reduce pollution in urban waters, to achieve the largest improvement of the water quality.

Innehållsförteckning

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUKTION | 1 |
| 1.1 | BAKGRUND | 1 |
| 1.1.1 | Växande urbanisering | 1 |
| 1.1.2 | Eutrofiering | 1 |
| 1.1.3 | Naturlig rening | 1 |
| 1.1.4 | Vattenhantering med växter | 2 |
| 2 | FRÅGESTÄLLNING, SYFTE & MÅL | 2 |
| 2.1 | FRÅGESTÄLLNING | 2 |
| 2.1.1 | Sammanfattning | 2 |
| 2.2 | SYFTE & MÅL | 3 |
| 3 | METOD & MATERIAL | 3 |
| 4 | NYCKELORD | 3 |
| 5 | FÖRKORTNINGAR | 3 |
| 6 | RESULTAT | 5 |
| 6.1 | FLYTANDE VÅTMARKSÖAR I VATTENRENINGSSYFTE (FVV) | 5 |
| 6.1.1 | Historia | 5 |
| 6.1.2 | Funktion | 5 |
| 6.1.3 | Fördelar | 6 |
| 6.1.4 | Begränsningar | 7 |
| 6.2 | DIMENSIONERING & MATERIAL | 7 |
| 6.2.1 | Oorganiskt material | 8 |
| 6.2.2 | Organisk polymer | 8 |
| 6.3 | PLANTVAL & EGENSKAPER | 9 |
| 6.3.1 | Bredbladigt kaveldun | 9 |
| 6.3.2 | Jättegröe | 9 |
| 6.3.3 | Bladvass | 10 |
| 6.3.4 | Tabell växtegenskaper | 10 |
| 6.4 | PLANTERING & SKÖTSEL | 10 |
| 6.4.1 | Plantering | 10 |
| 6.4.2 | Skörd | 10 |
| 6.4.3 | Skördat plantmaterial | 11 |
| 6.5 | NÄRINGSUPPTAG | 11 |
| 6.5.1 | Växter | 11 |
| 6.5.2 | FVV | 11 |
| 6.6 | GRÄNSVÄRDEN – KONCENTRATION AV N & P | 12 |
| 6.6.1 | Kväve | 12 |
| 6.6.2 | Fosfor | 12 |
| 6.7 | DAG- & BRÄDDVATTEN | 13 |
| 6.8 | MALMÖ KANALER | 13 |
| 6.8.1 | Om Malmö kanaler | 13 |
| 6.8.2 | Dag- & bräddvatten | 13 |
| 6.8.3 | Miljöutredningar | 14 |
| 6.8.4 | Näringskoncentration | 15 |
| 6.9 | SEGE Å | 15 |
| 6.9.1 | Om Sege å | 15 |
| 6.9.2 | Bräddvatten | 15 |
| 6.9.3 | Näringskoncentration | 15 |
| 7 | RÄKNEEXEMPEL | 17 |
| 7.1 | NÄRINGSUPPTAG FVV | 17 |
| 7.2 | MALMÖ KANALER | 17 |

| | | |
|-----------|-------------------------|-----------|
| 7.2.1 | <i>Sammanfattning</i> | 17 |
| 7.2.2 | <i>Kvävereducering</i> | 18 |
| 7.2.3 | <i>Fosforreducering</i> | 18 |
| 7.3 | SEGE Å | 19 |
| 7.3.1 | <i>Sammanfattning</i> | 19 |
| 7.3.2 | <i>Kvävereducering</i> | 20 |
| 7.3.3 | <i>Fosforreducering</i> | 20 |
| 8 | DISKUSSION | 21 |
| 9 | SLUTSATS | 24 |
| 9.1 | FÖRDELAR FÖR FVV | 25 |
| 9.2 | BEGRÄNSNINGAR FÖR FVV | 25 |
| 10 | REFERENSER | 27 |
| 10.1 | LITTERATURLISTA | 27 |
| 10.2 | FIGURFÖRTECKNING | 35 |
| 10.3 | BILAGOR | 36 |
| 10.3.1 | <i>Bilaga 1</i> | 36 |
| 10.3.2 | <i>Bilaga 2</i> | 37 |
| 10.3.3 | <i>Bilaga 3</i> | 40 |

1 Introduktion

1.1 Bakgrund

Människans aktivitet har bidragit till en negativ påverkan av vattenkvaliteten på både en nationell och global nivå. Urbana miljöer behöver bland annat hantera stora volymer dagvatten (EEA, 2017), och en övergödning kan ses i bland annat hav som hotar kustområden runt om i världen (WWF, 2016).

1.1.1 Växande urbanisering

Den expanderande stadsmiljön leder till att mängden hårdgjorda ytor ständigt ökar, vilket gör det svårt för regnvattnet att tränga ner i marken (Huddinge kommun, 2013). Istället för att bilda grundvatten bildar istället regnvattnet dagvatten, vilket kan leda till plötsliga översvämningar, förorenat dricksvatten (EEA, 2017) och en sjunkande grundvattennivå (Huddinge kommun, 2013). Dagvattnet forslar även med föroreningar, så som kväve (N) och fosfor (P), från mark, samt metaller från byggnader till närmaste vattendrag eller sjö.

1.1.2 Eutrofiering

Eutrofiering, eller övergödning, i vattendrag, sjöar och hav är ett utbrett problem i hela Sverige, framförallt i södra delen av landet (Ek, 2016). Eutrofiering började uppmärksammas som ett miljöproblem i mitten av 1900-talet i Europa och Nordamerika (Science Daily, 2016).

Eutrofiering orsakas av tillförsel av allt för höga halter av vissa näringsämnen, framförallt kväve (N) och fosfor (P), i vatten eller mark (Ek, 2016). Dessa näringsämnen kan hamna i miljön via läckage från jordbruk, utsläpp från avloppsreningsverk och industrier, eller nedfall av luftburna kväveföreningar (Berntsson, 2016).

Eutrofiering är ett utav de allvarligaste hoten mot havsmiljön, framförallt i Östersjön, och orsakar bland annat algblomning och igenväxning (Ek, 2016). Hälsan hos både människor och djur hotas om det är giftbildande alger som orsakar blomningen och alg tillväxten kan i extrema fall leda till syrebrist på botten där både växter och djur dör.

1.1.3 Naturlig rening

I klimat med en hög nederbördsmängd som i Sverige, sker det ett stort läckage från mark till vattendrag, sjö och hav (Jordbruksverket, 2016). Det sker dock en naturlig minskning av näringen i vattendragen på väg till haven, där lättlösliga kväveföreningar omvandlas till vanligt luftkväve med hjälp av mikroorganismer. Kväve (N) och fosfor (P) bromsas upp och sedimenteras till botten av våtmarker, sjöar och vattendrag, där en del av näringen tas upp av vattenväxter och annan växtlighet i våtmarker och strandkanter (Jordbruksverket, 2016).

Förutom att bromsa och sedimentera N och P spelar våtmarker en viktig roll i den biologiska mångfalden då många djur och växter är beroende av denna biotop (Abenius, 2016). Av Sveriges rödlistade arter förekommer nitton procent i våtmarker. Utav dessa är det elva procent som är bundna till våtmarker som livsmiljö.

Artificiella våtmarker kan anläggas för att försöka ersätta de naturliga våtmarkerna som gått förlorade (Weisner et al., 2015) bland annat beroende på utdikning i skogsbruket, som står för drygt hälften av den försvunna våtmarksarealen, samt sjösänkningar som har omvandlat våtmark till jordbruksmark (Abenius, 2016). I södra Sverige har den största andelen våtmark försvunnit till slättlandskap, och i Skåne och Mälardalen finns bara cirka en tiondel av den ursprungliga våtmarksarealen kvar.

1.1.4 Vattenhantering med växter

Det finns olika metoder att tillämpa då växter används för att hantera en degradering av vattenkvaliteten. För att exempelvis hantera dagvatten och minska tillförseln av föroreningar till vattendrag, hav och sjö finns det bland annat; Rain gardens - en plantering i marknivå som fångar upp dagvatten och sakta filtrerar ner det till grundvatten; Gröna tak - ger både en sänkning av stadstemperaturen samt en mer långsam avrinning av dagvatten (Thornell, 2013), samt den konstruktion som denna litteraturstudie kommer att undersöka närmare; Flytande våtmarksöar i vattenreningssyfte (FVV) – som bland annat sedimenterar och tar upp näringsämnen i vattenförekomster (Weisner et al. 2015).

2 Frågeställning, syfte & mål

2.1 Frågeställning

I denna litteraturstudie kommer det att undersökas vad FVV är, hur de kan vara uppbyggda och framförallt studeras hur mycket, eller om, en FVV skulle kunna påverka vattenkvaliteten positivt i ett tempererat klimat, med huvudfokus på reducering av kväve (N) och fosfor (P).

Det kommer även att undersökas vilka härdiga växter i Norden som skulle kunna ge det mest optimala upptaget av framförallt N och P, vilken dimensionering av en FVV som krävs för att nå uppsatta mål gällande reducering av N och P, samt undersöka ett par existerande urbana vattendrag och dess vattenkvalitet med en hypotetisk applicering av FVV.

2.1.1 Sammanfattning

- Vad är en flytande våtmarksö i vattenreningssyfte (FVV), hur kan den vara uppbyggd, och vad är dess funktioner och syfte?

- Till vilken grad kan en FVV reducera framförallt N och P i vattenförekomster i ett tempererat klimat?
- Vilka härdiga växter i Norden skulle kunna fungera fördelaktigt med en FVV?
- Vilken dimensionering av FVV är av behov för att nå uppsatta mål gällande reduktion av N och P, i urbana vattendrag i Sverige?

2.2 Syfte & mål

Syftet är att insamla tillräckligt med information om flytande våtmarksöar i vattenreningssyfte för att klargöra om FVV är effektiv gällande reduktion av föroreningar, huvudsakligen kväve (N) och fosfor (P), i vattenförekomster i tempererade klimat. Detta för att i sin tur förhoppningsvis kunna göra det mer attraktivt att införa sådana framförallt i urbana miljöer.

Målet är även att lyfta fram nödvändigheten av en mer utbredd diskussion om det rådande läget ur föroreningsynpunkt i vattenförekomster och möjliga åtgärder för att förbättra vattenkvaliteten.

3 Metod & material

Metoder som använts till denna litteraturstudie är framförallt insamling av information via databaser så som *ResearchGate*, *Web of Science*, *ScienceDirect* (för godkända vetenskapliga artiklar) och *google.com*.

En mailkorrespondens har även skett med försäljningschef Johan Stein, *Veg Tech*, och Product manager Clara Hermansson, *Alnarp Cleanwater Technology*. Vidare har underlag för Malmö kanalers vattenegenskaper erhållits från kustingenjör Hanna Kowalczyk, *Malmö stad*.

4 Nyckelord

Flytande våtmarksö, floating treatment wetlands, vattenkvalitet, eutrofiering, näringsreduktion, kväve, fosfor, bredbladigt kaveldun, jättegröe, bladvass

5 Förkortningar

BOD = Biokemisk syreförbrukning (av eng. *biochemical oxygen demand*)

FVV = Flytande våtmarksöar i vattenreningssyfte

SS = Suspenderade fasta ämnen (av eng. *suspended solids*)

Tot-N = Total kvävehalt

Tot-P = Total fosforhalt

TSS = Totalt suspenderade fasta ämnen (av eng. *total suspended solids*)

6 Resultat

6.1 Flytande våtmarksöar i vattenreningssyfte (FVV)

6.1.1 Historia

Den flytande våtmarksön i vattenreningssyfte (FVV – av eng. *Floating Treatment Wetlands* (FTW)) uppkom år 2006 i U.S.A (Oppenheim, 2014), och har därefter spridit sig till en global nivå (Headley et al., 2008).

Hittills har den flytande våtmarksön framförallt använts för att förbättra vattenkvaliteten i bland annat dagvattenrecipienter, avloppsvatten, surt och metallrikt lakvatten (av eng. *Acid Mine Drainage* (AMD)), och i vattenförsörjningsreservoarer (Headley et al., 2008).

6.1.2 Funktion

Som namnet antyder är en flytande våtmarksö i vattenreningssyfte en konstruktion som efterliknar de naturliga processer som sker i en våtmark (Veg Tech, 2016).

En FVV har framförallt fyra huvudfunktioner; (1) Vattenrening; (2) Skyddande mot erosion av strandlinjer; (3) Biologisk mångfald – skyddande av habitat för vissa djur och insekter, och; (4) Det estetiska intrycket i landskapet (Liu et al., 2016).

Plantorna till FVV:n växer på en flytande stomme med porös struktur och täta fibrer (Veg Tech, 2016). Plantornas rötter penetrerar stommen ner till vattenförekomsten (Headley et al., 2008). Detta innebär att plantorna växer på ett hydroponiskt sätt då de tar näringen direkt från vattnet och inte från ett substrat.

Den porösa strukturen och de täta fibrerna i stommen underlättar för mikroorganismer att binda sig till konstruktionen där de kommer att bryta ner näringsämnen och vattenburna föroreningar (Veg Tech, 2016). Stommens struktur hjälper även växterna att bilda en rotgardin som partiklarna i vattnet kommer i kontakt med, vilket gör att en del av partiklarna bromsas och sedimenteras, som till exempel fosfor (P) (Veg Tech, 2016; Stein, 2017). Rotgardinen har även möjlighet att ta upp andra partiklar som kan brytas ned i rotgardinen av en grupp mikroorganismer, s.k. biofilm (Veg Tech, 2016).



Bild 1. En flytande våtmarksö i vattenreningssyfte (FVV) där växternas rötter penetrerar den flytande stommen ner till vattenförekomsten (Granberg 2019).

Processerna som sker i en FVV för att reducera föroreningar och näringsämnen kan klassificeras som biologiska, fysikaliska och kemiska processer (Khanijo, 2007):

- *Biologiska processer:* Nitrifikation och denitrifikation, bortförel av fosfor (P), fotosyntes, respiration, och fermentering – processer som resulterar i reduktion av föroreningar och näringsämnen.
- *Fysikaliska processer:* Sedimentering – vattenflödets hastighet reduceras på grund av vegetationen, vilket påskyndar sedimenteringen av suspenderade fasta ämnen (SS), och; Filtrering – substratet i FVV:n hjälper till i filtreringsprocesser.
- *Kemiska processer:* Bland annat utfällning av tungmetaller, och nedbrytning av patogener.

6.1.3 Fördelar

Till skillnad från en traditionell våtmark som är rotad i bottensedimentet, kan en FVV lättare hantera en varierande vattennivå då rötterna inte har någon kontakt med botten och flyter på vattenytan (Headley et al., 2008). Plantupptaget av näringsämnen och andra element, ex. metaller, har en möjlighet att vara högre i en FVV än en våtmark som är rotad i bottensedimentet, eftersom rötterna i en FVV hänger fritt och har en direkt kontakt med vattnet.

En FVV kan även bidra till ett ökat estetiskt värde, beroende på valda plantor, struktur och form, samt att den kan bidra till den biologiska mångfalden som habitat för fåglar och insekter (Headley et al., 2008). Då FVV:n även täcker en viss vattenyta minskar detta ljusinsläppet vilket begränsar potentiell alg tillväxt i vattnet.

En FVV kan ses som en mer effektiv, hållbar och ekonomisk lösning för att bland annat rena vatten från föroreningar än konventionella tekniska metoder, då dessa oftast kräver en kontinuerlig kemikalie- eller energitillgång, så som flockningsmedel eller ventilationssystem (Wang et al., 2014). Jämfört med ett reningsverk är en FVV även relativt mer tålig för att hantera en mer varierande mängd föroreningar, och har inte ett lika stort driftunderhållsbehov som ett reningsverk (Khanijo, 2007).

Kostnaden för en FVV beror huvudsakligen på vilket material och vilka plantor som används, samt skötsel och underhåll (Wang et al., 2014). En studie uppgav att det kunde kosta 60 USD m⁻² (dvs. ca 565 SEK m⁻² enligt valutakurser i juni, 2019) för tillverkning och installation, men att kostnaden kunde reduceras ytterligare om återvunnet material, så som exempelvis PET-plast, användes (Wang et al., 2014).

6.1.4 Begränsningar

En FVV kan bidra till den biologiska mångfalden, vilket har många positiva aspekter. Dock kan FVV:n locka till sig fåglar, vilket kan medföra tillförsel av fekalt material och näring i vattnet, samt innebära en degradering av vegetationens kvalitet på grund av nedtrampning och betning (Headley et al., 2008).

Det krävs även en specifik yta vid applicering av en FVV, och om flotten till FVV:n är uppbyggd utav organiskt polymer, exempelvis plast som har ett dåligt motstånd för åldrande, kan detta bidra till plastförorening i vattendraget (Khanijo, 2007; Zhai et al., 2015).

6.2 Dimensionering & material

Det svenska företaget *Veg Tech* har som fokus 'naturlig vattenrening' och arbetar bland annat med flytande våtmarksöar i vattenrenings syfte. När de gör en dimensionering av en FVV tar de hänsyn till; 1) Inflöde; 2) pH; 3) Vattentemperatur under växtsäsongen; 4) Totalt fosfor (tot-P) och totalt kväve (tot-N); 5) Nitrat och ammonium; 6) Syrehalt; 7) Totalt suspenderade fasta ämnen (TSS); och 8) Målvärden – vilken koncentration som vill uppnås på varje parameter (Bilaga 2).

Rekommenderat minsta vattendjup för en FVV är 0,8-1,0 m för att undvika att rötterna växer fast i botten (Headley et al., 2008). Om rötterna växer fast i botten finns det en risk att FVV:n försvinner under ytan vid en höjning av vattennivån, vilket kan leda till att

växterna dör (Headley et al., 2008). För att den flytande våtmarksön skall hållas på vald plats i vattensamlingen kan ett ankare placeras på stommens undersida (Veg Tech, 2016).

Själva strukturen av flotten till FVV:n kan vara uppbyggd på olika sätt (Zhai et al., 2015). Två exempel är; 1) Flotten är uppbyggd av oorganiskt material; och 2) Flotten är uppbyggd av organisk polymer, även s.k. plast (Zhai et al., 2015). Växternas rotsystem bygger även upp en struktur i sig självt då en tid förflutit (Bilaga 2).

6.2.1 Oorganiskt material

Ett material som kan användas till oorganiska flottar är cellglas, även kallat skumglas, som är ett material med lätt vikt och med stabila mekaniska och kemiska egenskaper (Zhai et al., 2015). Cellglas har även en stor specifik yta vilket gynnar biofilmstillväxten av vattenlevande mikrober vilket är till en stor hjälp vid vattenrening (Zhai et al., 2015). Materialet är även beständigt mot angrepp av skadedjur och frätande ämnen, (Bülow, 2017).

Under tillverkning, användning eller deponering av cellglas alstras inga skadliga ämnen för människan, naturen eller atmosfären, och innehåller heller inga fibrer eller miljöskadliga gaser, som freoner (Bülow, 2017). Den enda miljömässiga nackdelen som kan ses är den höga energiåtgången som krävs vid framställningen.

Cellglas har blivit utbrett studerat som ett material till värme- och ljudisolering etc., men sällan som ett material i uppbyggnaden av en FVV (Zhai et al., 2015). I försöken om isolering har cellglaset varit framställt utav olika råmaterial separat, så som exempelvis aska och glasavfall.

Det finns många fördelar med att använda industriellt avfall som råmaterial vid konstruktionen av en FVV, men en nackdel är att det kan bli svårt att kontrollera de fysikaliska och kemiska egenskaperna hos olika omgångar avfall (Zhai et al., 2015). Det finns också en osäker halt tungmetall i industriellt avfall, vilket gör det svårt att kontrollera en möjlig upplösning av jontyper, framförallt utav tungmetaller, efter att materialet är nedsatt i vattnet. Därför är det viktigt att förbereda cellglaset utav råmaterial som har ett säkert innehåll för att utesluta ytterligare förorening i vattendrag (Zhai et al., 2015).

6.2.2 Organisk polymer

Flotten som är uppbyggd av organisk polymer är vanligt förekommande i konstruktionen av en FVV (Zhai et al., 2015). Denna konstruktion har stora fördelar med låg kostnad och en enkel uppbyggnad. Dessvärre har polymerer ett dåligt motstånd mot åldrande. Detta kan bidra till vad som på engelska kallas 'white pollution', dvs. plastförorening, i den naturliga miljön vilket de oorganiska flottarna inte har någon risk för (Zhai et al., 2015).

En flytande våtmarksö, av organisk polymer, där stommen är gjord av PET-plast beräknas hålla i 20–25 år (Bilaga 2).

6.3 Plantval & egenskaper

I Sverige finns det en del företag som använder sig av växter för vattenrening, däribland *Veg Tech* och *Alnarp Cleanwater Technology*. Dessa två företag föredrar att använda sig av övervattensväxter, dvs helofyter, eller vattenvegetation (Bilaga 2; Miljönytta, 2013).

Bland de växter som kan användas till vattenrening finns bland annat kaveldun (*Typha ssp.*), jättegröe (*Glyceria maxima*), och bladvass (*Phragmites australis*) (Bilaga 2; Bilaga 3). Vid urval av växtslag är det viktigt att ta näringsupptag, täckningsgrad, rotstruktur och säsong i beaktning (Bilaga 2).

6.3.1 Bredbladigt kaveldun

I Sverige är bredbladigt kaveldun (*Typha latifolia*) mest vanligt förekommande i områdena Skåne till Uppland, i åar, diken eller näringsrika sjöar, men kan också sällsynt påträffas längre norrut (Anderberg, 2015). Växtarten etableras lätt och är konkurrenskraftig, och kan bli mellan 1 och 2 m hög (Möller, 2016). Den brukar förekomma i öppna och soliga lägen, och växer oftast i sötvatten och brackvatten (Elliot, 2003; Anderberg, 2015).

Dess rotsystem består av både kraftiga rhizomer och mer finfördelade rötter, vars växtsätt är horisontellt och når ner till ett djup på 7,5 – 20 cm (Gucker, 2008b). Näringsupptaget kan vara 1,8 g N m⁻² år⁻¹ (Biesboer, 1984), och det bredbladiga kaveldunets biomassa lämpar sig även till biogasproduktion (Möller, 2016).

Växtarten har även uppvisat en tolerans mot höga koncentrationer av zink, koppar, bly och nickel, samt ett upptag av tungmetaller, likväl som vissa mediciner (Motivans et al., 2019; Bonanno et al., 2017; Bartha, 2012).

6.3.2 Jättegröe

I Sverige har jättegröe (*Glyceria maxima*) som utbredningsområden Skåne till Dalarna, men kan även sällsynt påträffas längre norrut, och förekommer oftast i omfattande bestånd i sjöar (Anderberg, 2009a). Växtarten är konkurrenskraftig och kan nå en höjd på 3 m (Mugwedi, 2012; Anderberg, 2009a).

De brukar oftast förekomma i soliga och öppna lägen, men kan även tolerera svag skugga (IUCN/SSC, 2006). De föredrar sötvatten och näringsrikt vatten med ett pH på 7,5 – 8,5 (IUCN/SSC, 2006; Davies, 2014; Hortipedia, 2013a).

Dess rotsystem kan nå ner till ett djup på 1 m och består av 40–55% av plantans totala biomassa (CABI, 2018). Jättegröe kan ta upp 20,4 g N m⁻² år⁻¹ (Wittgren et al., 1990),

och kan överleva en temperatur ner till $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Hortipedia, 2013a). Dock kan växten vara invasiv då den har en snabb utbredning och kan utgöra ett hot mot andra akvatiska växter (Mugwedi, 2012).

6.3.3 Bladvass

Bladvass (*Phragmites australis*) är Nordens största gräs och förekommer i hela Sverige, dock mer begränsat i fjällregionerna (Anderberg, 2009b). Växtarten kan nå upp till en höjd på 5 m, är konkurrenskraftig och förekommer oftast i soliga till halvsoliga lägen (Möller, 2016; Köbbing et al., 2013; Gucker, 2008a).

Bladvassen föredrar sötvatten och brackvatten, men kan även överleva i vatten med en salinitet på upp till 16 % (Köbbing et al., 2013). Bladvassen föredrar vatten som har ett pH på 4,5 – 8,7 (Hortipedia, 2013b). Dess rotsystem är kraftigt och djupgående, ner till 2 m, och består av 40 % av plantans totala biomassa (Möller, 2016; Westlake, 1966).

Bladvassen kan överleva en temperatur ner till $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$, den kan tolerera både alkaliskt och salint vatten, och dess biomassa kan även lämpa sig till energiproduktion (Hortipedia, 2013b; Gucker, 2008a; Köbbing et al., 2013). Dessvärre kan den, precis som jättegröet, vara invasiv och utgöra ett hot mot andra akvatiska växter (Köbbing et al., 2013).

Bladvassen kan ta upp per m^2 och år: 11,2 g kväve (N), 1 g fosfor (P) och 8,4 g kalium (K) (Köbbing et al., 2013). Den kan även ta upp tungmetaller (Bilaga 2).

6.3.4 Tabell växtegenskaper

En sammanställd tabell av informationen på ovannämnda växtegenskaper finns som bilaga i detta dokument (*Bilaga 1*).

6.4 Plantering & skötsel

6.4.1 Plantering

Plantering kan ske mellan april och oktober i södra Sverige, samt mellan maj och september i norra delen (Veg Tech, 2016). Efter installation och plantering tar det tre månader innan plantorna rotat sig och reningsprocessen kommit igång.

6.4.2 Skörd

Skörd av växtbeståndet bör ske 2 ggr år^{-1} för maximal bortförsel av fosfor (P) och kväve (N) (Möller, 2016). Skördarna ger bäst effekt om de sker i juni/juli, då växten har mest P och N i blad, och andra gången på senhösten då tillväxten stannat av.

Allt ovanjordiskt plantmaterial bör inte avlägsnas vid skörd, då det krävs en viss andel växter för att hålla igång kvävecykeln, och ge skydd och föda åt djur och andra

organismer (Möller, 2016). Om skötsel inte tillämpas kontinuerligt kan det innebära att det ovanjordiska växtmaterialet hamnar i vattnet där näringen som de innan tagit upp åter tillförs till vattendraget, vilket gör att FVV:n tappar mycket av sitt huvudsyfte (Köbbing et al., 2013).

Det finns många positiva aspekter med att rensa bort ovanjordiska plantdelar, exempelvis kan det främja den biologiska mångfalden genom att möjliggöra ett passande utrymme för markhäckande fåglar, samt minska skadeangrepp från bland annat svampar och insekter (Köbbing et al., 2013).

6.4.3 Skördat plantmaterial

Det skördade plantmaterialet innehåller kväve (N) och fosfor (P) som vid rötning bildar metan, vilket kan användas som bränsle till exempelvis bilar (Möller, 2016). Rötning är en syrefri process då växtmaterialet bryts ner, samtidigt som näringsämnena bibehålls i rötresten och plantresterna. Detta innebär att näringsämnena från plantresterna är tillgängliga för växter, och därför kan även restmaterialet tas tillvara på som exempelvis till gödning på åkrar (Möller, 2016).

6.5 Näringsupptag

6.5.1 Växter

Variationen i upptaget hos växter beror bland annat på plantornas tillväxthastighet, väder- och klimatförhållanden, plantans och vattnets koncentration av metaller och näringsämnen etc. (Khanijo, 2007). Detta gör det svårt att avgöra exakt hur mycket föroreningar som tas upp av 1 m² FVV då det är många faktorer som måste tas i beaktning (Bilaga 2).

Plantans upptag av kväve (N) sker genom en biologisk process som påverkas av temperatur, till skillnad från fosfor (P) som inte till lika stor grad påverkas av temperaturförändringar som kvävet gör (Khanijo, 2007). På grund av detta kan en skillnad ses i plantans kväveupptag under året. Upptaget under de kalla månaderna är betydligt lägre än under växtsäsongen, till skillnad från fosforupptaget som inte har lika stora fluktuationer under årets gång. I Sverige kan dock en skillnad ses i plantans fosforupptag under vintersäsongen, då den biologiska processen som sker i en våtmark till stor del avstannar när temperaturen sjunker under 10 °C (Khanijo, 2007).

6.5.2 FVV

- *Kväve (N)*: FVV kan generellt sett ta upp 0,18–1,51 g N m⁻² dag⁻¹ om inloppsvattnets koncentration är mellan 0,0074 – 0,019 g N L⁻¹ (Bodin, 2013).

- *Fosfor (P)*: I tempererade klimat kan upptaget av fosfor (P) i en FVV variera mellan 0,0014 och 0,055g P m⁻² dag⁻¹, till skillnad från tropiska klimat som kan ha ett upptag mellan 0,024-0,18g P m⁻² dag⁻¹ (Bodin, 2013).
- *Metaller*: Upptag av metaller, så som järn (Fe), nickel (Ni) och krom (Cr), kan i anlagda våtmarker med olika makrofyter vara upp till 95%, 67% och 86% för respektive metall under en tvåårsperiod (Khanijo, 2007).

6.6 Gränsvärden – Koncentration av N & P

För att kunna få fram ett bra underlag för att bedöma en vattenförekomsts status gällande koncentration av näringsämnen, bör mätningar ske minst 4 gånger år⁻¹ – 2 gånger på våren och 2 gånger på hösten (Naturvårdsverket, 2007). Dessa provtagningar bör upprepas under en treårsperiod för att jämna ut mellanårsvariationer och därmed minimera risken för felklassificering.

6.6.1 Kväve

För att kunna bedöma vattenkvaliteten gällande kväve (N) finns det riktlinjer att följa utfärdade av Naturvårdsverket (Krysell, 2018). Riktlinjerna är uppdelade i intervall för kvävekoncentrationen i vattenförekomster:

- *Extremt höga halter*: > 5000 µg N L⁻¹
- *Mycket höga halter*: 1250–5000 µg N L⁻¹
- *Höga halter*: 626–1250 µg N L⁻¹
- *Måttligt höga halter*: 300–626 µg N L⁻¹
- *Låga halter*: ≤ 200 µg N L⁻¹

6.6.2 Fosfor

Det biologiska tillståndet är starkt kopplat till totalfosforhalt (tot-P), och i första hand är det just fosforkoncentrationen som mäts för att bedöma en vattenförekomsts näringsnivå (Naturvårdsverket, 2007; Krysell, 2018).

Enligt Naturvårdsverket (2007) befinner sig vattensamlingen i ett eutrofierat läge om koncentrationen ligger inom, eller över, 25–30 µg tot-P L⁻¹. Gränsvärdet för att en vattenförekomst ska kunna klassas som 'hög ekologisk status', eller 'mest god status', ska den uppmätta koncentrationen tot-P vara under 12,5 µg L⁻¹:

- *Eutrofierat läge*: ≥ 25–30 µg tot-P L⁻¹
- *Hög ekologisk status*: ≤ 12,5 µg L⁻¹

6.7 Dag- & bräddvatten

Som tidigare nämnts utsätts urbana miljöer för en större volym dagvatten på grund av en ständig ökning av mängden hårdgjorda ytor (Huddinge kommun, 2013). Detta innebär att regnvattnet har svårt att tränga ner i marken och bilda grundvatten, och letar sig därför istället till närmaste vattenförekomst. Då regnvattnet når vattenförekomsten har det samlat på sig olika föroreningar från omliggande miljö, som bland annat kväve (N), fosfor (P), och diverse tungmetaller etc., som då tillförs vattenförekomsten (Huddinge kommun, 2013).

Förutom att städer behöver hantera en stor volym dagvatten kan det också släppas ut spillvatten från avloppssystemen till olika vattenrecipienter, via så kallade bräddningar (VA SYD, 2016). Bräddningar förekommer i kombinerade ledningsnät, vilket Malmö avloppssystem till 30 % består utav, där både dag- och spillvatten avleds i samma rör. Detta innebär att det vid kraftig nederbörd släpps ut en blandning av spill- och dagvatten till närmaste vattenrecipient, till exempel Malmö kanaler eller Sege å, för att undvika hydraulisk överbelastning av ledningsnätet eller reningsverket (VA SYD, 2016).

6.8 Malmö kanaler

6.8.1 Om Malmö kanaler

Malmö kanaler är ett tydligt inslag i Malmö stadskärna med avsevärda estetiska värden och ett stort brukarintresse, med bland annat turistbåtsturer, kajak- och kanotsporter, trampbåtsturer, och fiske etc. (Geertz-Hansen, 2000).

Kanalerna är tillsammans 5 kilometer långa och sträcker sig från sin utgångspunkt i Västra hamnen, förbi Turbinen och fortsätter därefter genom parker och tätbebyggd stadsmiljö (VA SYD, 2019). I kanalerna finns det ca 800 miljoner liter vatten (Malmö stad, 2014), och har en vattenyta på uppskattningsvis 322 160 m², efter mätningar från kartöversikt över Malmö kanaler.

6.8.2 Dag- & bräddvatten

Årligen avleds runt 2,1 miljoner m³ dagvatten till kanalerna som är dagvattenrecipient för 500 ha hårdgjord yta (VA SYD, 2019). År 2017 bräddades det ut 154 300 m³ avloppsvatten i Malmös inre kanaler, vilket är mer än hälften av ledningsnätets totala bräddvolym (VA SYD, 2017).

Kanalerna har 10 bräddningspunkter (*Bild 2*), vilket är; 1–2) Turbin- och Parkkanalen; 3) Parkkanalen; 4) Södra Förstadskanalen; 5–9) Rörsjökanalen, och; 10) Östra Förstadskanalen (VA SYD, 2019).

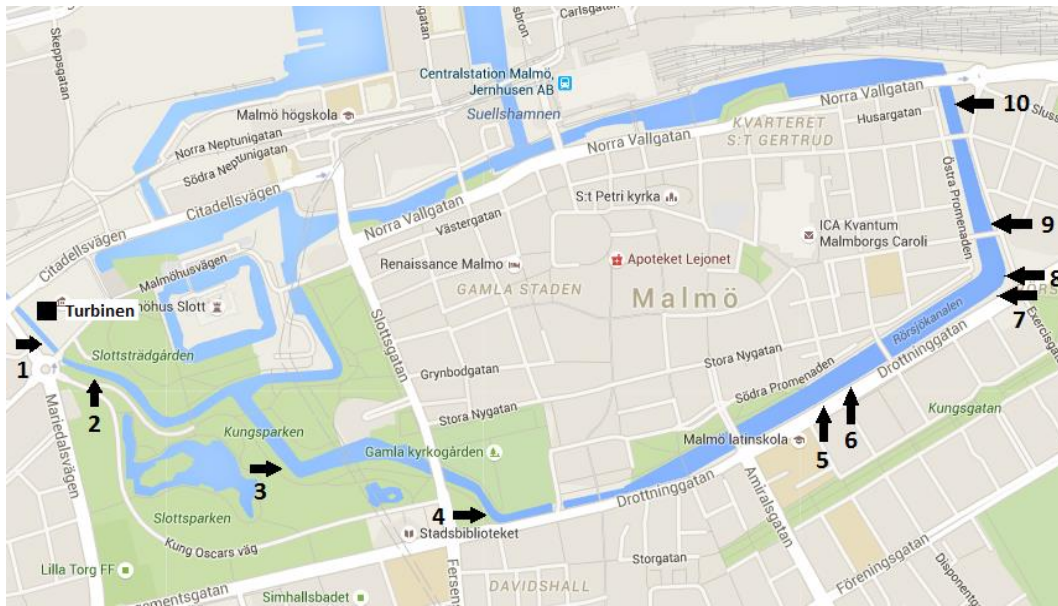


Bild 2. Malmö kanaler där pilar visar de olika bräddningspunkterna (Granberg 2015).

På grund av det stora värde som Malmös kanaler innefattar har allmänheten upprepat framfört frågor till VA SYD om den påverkan som bräddningarna har på vattenkvaliteten och hur denna kan reduceras (VA SYD, 2019). Vid mätningar av bakteriehalten i kanalvattnet visade resultaten att det kunde innehålla en hög halt coliforma bakterier, även då en längre tid förflutit efter bräddningstidpunkten.

6.8.3 Miljöutredningar

Efter en okulär inspektion av Malmö kanaler under februari år 2000, kunde det fastslås att kanalerna utmärkte sig genom avsaknaden av makrovegetation, exempelvis ålgräs (*Zostera marina*), samt att det förekom epifyter, vilket pekar på eutrofiska förhållanden (Carlsson, 2000). Vegetationen i kanalen bredde ut sig på ner till maximalt 1,5–2 meters djup, och var inte rotfast i de djupare delarna av kanalen (Geertz-Hansen, 2000).

Kanalernas bottenfauna visade sig bestå av arter som tål dåliga syreförhållanden och som trivs där sedimenten innehåller stora mängder organiskt material (Geertz-Hansen, 2000). Bottensedimenten hade en lukt av svavel och uppgavs vara svartfärgade och finkorniga, vilket indikerade på syrebrist (Carlsson, 2000). Det ansågs även vara en risk för utsläpp av giftigt svavelväte (H_2S) under sommarsäsongen.

En miljöutredning i uppdrag från Miljövårdsenheten gjordes om Malmö kanaler år 2000, i syfte för att utreda vilken påverkan en kommande nybyggnation av en citytunnel kunde ha på kanalernas vatten (Jensen, 2000). Mätningprogrammet i Miljövårdsenhetens rapport sträckte sig från 3 juli till 1 oktober år 2000, där bland annat information om vattnets koncentration av tot-N och tot-P samlades in.

6.8.4 Näringskoncentration

Prover tagna under miljöutredningen som nämnts ovan togs 1 gång i veckan under 13 veckor vid Flotten och Kajplats 600 i Malmö kanaler, där medelvärdet av Flottens analysresultat var $482 \mu\text{g tot-N L}^{-1}$, och $57 \mu\text{g tot-P L}^{-1}$ (Jensen, 2000).

Enligt Naturvårdsverkets riktlinjer klassas koncentrationen av tot-N i Malmö kanalers vatten som 'måttligt höga halter', samt att vattnets koncentration tot-P befinner sig i ett eutrofierat läge med en koncentration på $27 \mu\text{g tot-P L}^{-1}$ över det högsta gränsvärdet på $30 \mu\text{g tot-P L}^{-1}$ (Krysell, 2018; Naturvårdsverket, 2007).

6.9 Sege å

6.9.1 Om Sege å

Sege å är ett vattendrag beläget i sydvästra Skåne vars huvudfåra är ca 4,6 mil lång och sträcker sig från Börringesjön till sitt utlopp i Öresund. Dess flodområde är ca 200 km^2 , och innefattar utöver Börringesjön större sjöar som Fjällfotasjön och Yddingesjön (segea.se, 2019; sverigeplats.se, 2015-2017). Om det antas att åns bredd i snitt är 20 m, har den uppskattningsvis en vattenyta på $920\,000 \text{ m}^2$.

Sege å passerar igenom kommuner så som Svedala, Malmö och Burlöv, där den anslutande marken om vartannat består av skog, jordbruk och tätortsbebyggelse (segea.se, 2019). Sege å har ett mestadels lugnt vattenflöde med få strömsträckor, vars vatten ofta är ihållande grumligt till följd av tillflödande diken som avvattnar leriga områden.

6.9.2 Bräddvatten

Förutom föroreningsläckaget till Segeåns vatten från skog, jordbruk och tätortsbebyggelse, tillförs det även avloppsvatten från avloppsnätet via bräddningar. År 2017 var det $4\,800 \text{ m}^3$ utav den totala bräddvolymen inom Sjölundaverkets upptagningsområde ($252\,800 \text{ m}^3$) som bräddades ut i Sege å (Miljöförvaltningen, 2018; VA SYD, 2017).

6.9.3 Näringskoncentration

Enligt en rapport från Länsstyrelsen (1992) grundad på en sammanställning av näringskoncentrationer i vattenförekomster, redovisades och beräknades provresultaten från Sege å mellan åren 1989-1991. Enligt dessa provresultat hade Sege å ett medelvärde på $5500 \mu\text{g tot-N L}^{-1}$, samt $130 \mu\text{g tot-P L}^{-1}$.

Enligt Naturvårdsverkets riktlinjer klassas koncentrationen av tot-N i Segeåns vatten som 'extremt höga', samt att vattnets koncentration tot-P befinner sig i ett eutrofierat läge med en koncentration på $100 \mu\text{g tot-P L}^{-1}$ över det högsta gränsvärdet på $30 \mu\text{g tot-P L}^{-1}$

(Krysell, 2018; Naturvårdsverket, 2007). Mellan år 1989 och 1991 forslades det med Segeåns vatten i medel per år ut 439 ton N, och 8,8 ton P i Öresund (Länsstyrelsen, 1992).

7 Räkneexempel

I detta kapitel visas uträkningar för en hypotetisk applicering av FVV i Malmö kanaler och Sege å. Detta är för att undersöka hur många m^2 FVV som skulle kunna behövas för att reducera halten kväve (N) och fosfor (P) ner till en nivå som inte utgör en risk för människors och andra djurs hälsa, enligt Naturvårdsverkets riktlinjer (2007):

- *Kvävereducering*: För både Malmö kanaler och Sege å räknas det på en reduktion ner till $200 \mu\text{g N L}^{-1}$, vilket klassificeras som 'låga halter'.
- *Fosforreduktion*: För både Malmö kanaler och för Sege å räknas det på en reduktion ner till $12,5 \mu\text{g P L}^{-1}$, vilket klassificeras som 'hög ekologisk status'.

Näringsupptaget för 1 m^2 FVV är grundat på Bodins (2013) påstående. Det undersöks även hur många procent av de båda vattendragens vattenyta som skulle upptas, om de antal kvadratmeter FVV som resultatet visar behövs för de uppsatta reduceringsmålen skulle appliceras.

Uppgifterna om de båda kanalernas vattenegenskaper är tagna från föregående kapitel.

7.1 Näringsupptag FVV

Kväve (N)

- 1 m^2 FVV kan reducera mellan $0,18 - 1,51 \text{ g N m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$
 - har ett medelvärde på $0,845 \text{ g N m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$
 - 1 m^2 FVV kan då reducera ca $310 \text{ g N m}^{-2} \text{ år}^{-1}$ ($= 0,845 \text{ g m}^{-2} \text{ N} * 365,25 \text{ dagar}$)

Fosfor (P)

- 1 m^2 FVV kan reducera mellan $0,0014 - 0,055 \text{ g P m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$
 - har ett medelvärde på $0,0282 \text{ g P m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$
 - 1 m^2 kan då reducera ca $10,3 \text{ g P m}^{-2} \text{ år}^{-1}$ ($= 0,0282 \text{ g P} * 365,25 \text{ dagar}$)

7.2 Malmö kanaler

7.2.1 Sammanfattning

Vattenyta:

- $322\,160 \text{ m}^2$

Nuvarande näringskoncentration:

- *Kväve*: $0,000482 \text{ g N L}^{-1} = \text{'måttligt höga halter'}$
- *Fosfor*: $0,000057 \text{ g P L}^{-1} = \text{'eutrofierat läge'}$

Nödvändig reduktion:

- *Kväve 'låga halter'*: $0,000482 \text{ g N L}^{-1} - 0,0002 \text{ g N L}^{-1} = 0,000282 \text{ g N L}^{-1}$
- *Fosfor 'hög ekologisk status'*: $0,000057 \text{ g P L}^{-1} - 0,0000125 \text{ g P L}^{-1} = 0,0445 \text{ mg P L}^{-1}$

Vattenvolym:

- 800 000 000 L vatten

Total nödvändig reduktion:

- *Kväve*: $0,000282 \text{ g N L}^{-1} * 800\,000\,000 \text{ liter vatten} = 225\,600 \text{ g N totalt}$
- *Fosfor*: $0,0000445 \text{ g P L}^{-1} * 800\,000\,000 \text{ liter vatten} = 35\,600 \text{ g P totalt}$

7.2.2 *Kvävereduktion*

Hur många m² FVV behövs?

- 1 m² tar upp 310 g N m⁻² år⁻¹
- $225\,600 \text{ g N} / 310 \text{ g N m}^{-2} \approx 730 \text{ m}^2 \text{ FVV}$

Slutsats m²:

Ca 730 m² FVV i Malmö kanaler krävs för att reducera kvävehalten med 282 µg N L⁻¹ för att hamna inom klassificeringen för 'låga halter', med en koncentration på 200 µg N L⁻¹.

Procentuell Applicering:

- $730 \text{ m}^2 \text{ FVV} / 322\,160 \text{ m}^2 \approx 0,002$

Slutsats Procent:

730 m² FVV skulle ta upp ca 0,2 % av Malmö kanalers totala vattenyta.

7.2.3 *Fosforreduktion*

Hur många m² FVV behövs?

- 1 m² tar upp 10,3 g P år⁻¹
- $35\,600 \text{ g P} / 10,3 \text{ g P} \approx 3\,460 \text{ m}^2 \text{ FVV}$

Slutsats m²:

Ca 3 460 m² FVV i Malmö kanaler krävs för att reducera fosforhalten med 27 µg P L⁻¹ för att hamna inom klassificeringen för 'hög ekologisk status', med en koncentration på 12,5 µg P L⁻¹.

Procentuell Applicering:

- 3 460 m²/ 322 160 m² ≈ 0,01

Slutsats Procent:

3 460 m² skulle ta upp ca 1 % av Malmö kanalers totala vattenyta.

7.3 Sege å

7.3.1 Sammanfattning

Vattenyta

- Ca 920 000 m²

Nuvarande näringskoncentration

- *Kväve*: 0,0055 g N L⁻¹ = 'extremt höga halter'
- *Fosfor*: 0,00013 g P L⁻¹ = 'eutrofierat läge'

Nödvändig reduktion

- *Kväve 'låga halter'*: 0,0055 g N L⁻¹ - 0,0002 g N L⁻¹ = 0,0053 g N L⁻¹
- *Fosfor 'hög ekologisk status'*: 0,00013 g P L⁻¹ - 0,0000125 g P L⁻¹ = 0,0001175 g P L⁻¹

Mängd näringsämnen som lämnar Sege å år⁻¹

- *Kväve*: 439 000 000 g N år⁻¹
- *Fosfor*: 8 800 000 g P år⁻¹

Vattenvolym år⁻¹

- 439 000 000 g N år⁻¹/ 0,0055 g N L⁻¹ ≈ 79 800 000 000 L år⁻¹

Total nödvändig reduktion

- *Kväve 'låga halter'*: 0,0053 g N L⁻¹ * 79 800 000 000 L = 422 940 000 g N totalt
 - *Fosfor 'hög ekologisk status'*: 0,0001175 g P L⁻¹ * 79 800 000 000 L = 9 376 500 g P totalt
-

7.3.2 *Kvävereducering*

Hur många m² FVV behövs?

- 1 m² tar upp 310 g N år⁻¹
- 422 940 000 g N / 310 g N m² ≈ 1 360 000 m² FVV

Slutsats m²:

Ca 1 360 000 m² FVV i Sege å krävs för att reducera kvävehalten med 5300 µg N L⁻¹, för att hamna inom klassificeringen för 'låga halter', med en koncentration på 200 µg N L⁻¹.

Procentuell Applicering:

- 1 360 000 m² / 920 000 m² ≈ 1,5

Slutsats Procent:

1 360 000 m² FVV skulle ta upp ca 150 % av Segeåns totala vattenyta.

7.3.3 *Fosforreducering*

Hur många m² FVV behövs?

- 1 m² tar upp 10,3 g P år⁻¹
- 9 376 500 g P / 10,3 g P m² ≈ 910 300 m² FVV

Slutsats Fosfor:

Ca 910 300 m² FVV i Sege å krävs för att reducera fosforhalten med 117,5 µg P L⁻¹ för att hamna inom klassificeringen för 'hög ekologisk status', med en koncentration på 12,5 µg P L⁻¹.

Procentuell Applicering:

- 910 300 m² / 920 000 m² ≈ 0,99

Slutsats Procent:

910 300 m² FVV skulle ta upp ca 99 % av Segeåns totala vattenyta.

8 Diskussion

Att införa FVV i ett urbant vattendrag kan vara komplicerat då vattendraget ofta nyttjas på olika sätt av stadsbor och turister. I Malmö kanaler behövs det bland annat tas i beaktning att FVV:n efter utplacering inte stör det rika kanallivet och är i vägen för trambåtturer, kanotsporter, och turistbåtturer etc.

Om en FVV skulle appliceras i en urban miljö skulle den, utöver reduceringseffekten av näringsämnen och föroreningar, kunna tillföra ett estetiskt intryck i staden för stadsbor och turister (Liu et al., 2016). Det skulle även kunna gå att sätta upp en informationsruta vid strandkanten där förbigående kan läsa om varför denna FVV har applicerats och om FVV:ns funktioner. Detta skulle kunna involvera fler i diskussionen om den rådande vattenkvaliteten, vilket möjligtvis skulle kunna få fler engagerade i strävan efter att komma på nya innovativa lösningar till en förbättring av vattenkvaliteten, både lokalt och globalt.

I de efterforskningar som gjorts under arbetets gång, har inga uträkningsmodeller hittats angående dimensionering av FVV. De beräkningar som gjorts i detta arbete baseras på en sammanställning av näringskoncentrationen i de undersökta vattendragen och deras vattenvolym, samt olika teorier om FVV och deras näringsupptagningsförmåga. En mer omfattande och korrekt uträkning som skulle innefatta alla nödvändiga parametrar angående dimensionering av FVV, med hypotetisk applicering i ett vattendrag skulle kräva ett större arbete än denna litteraturstudie, eller att arbetet huvudsakligen skulle fokusera på dimensionering av FVV, då det inte finns någon uträkningsmodell att utgå ifrån.

Då det är kväve (N) och fosfor (P) som i högst grad bidrar till övergödningen (Ek, 2016) har huvudfokus i uträkningarna i detta arbete varit på just dessa näringsämners koncentration i en viss vattenvolym. Då dimensionering av FVV och reducering av näringsämnen beror på mycket mer än endast vattenvolym och vattnets koncentration av N och P, som nämnts tidigare i arbetet, kan uträkningarna vara missvisande.

Den rapport utfärdad av Miljövårdsenheten (Jensen, 2000) som uppgifterna om vattenkvaliteten i Malmö kanaler är hämtade ifrån, är dessvärre den enda som gjorts angående kanalernas näringskoncentration. I Malmö kanaler var proverna för vattenkvaliteten, som denna litteraturstudie grundat uträkningarna på, endast tagna 1 gång i veckan under 13 veckor och inte 4 gånger per år under en treårsperiod, som Naturvårdsverket (2007) anser vara nödvändigt för att minimera risken för felklassificering. Därför kan uppvisade provresultat,

och därmed också uträkningar, i beräkningarna vara missledande då underlag för en korrekt klassificering saknas.

De uppgifter om näringskoncentrationen i Sege å bör vara mer tillförlitliga för en korrekt klassificering, då proverna för näringskoncentrationen tagits under ca 2 år. Detta följer till större grad Naturvårdsverkets riktlinjer (Naturvårdsverket, 2007) för en korrekt klassificering, än det insamlade underlag från provtagningstillfällena för Malmö kanaler.

I uträkningarna är även vattenvolymen för de båda vattendragen grundade på olika uppgifter, och har därför olika innebörd. Vid beräkningar av Malmö kanaler har endast information om hur många liter vatten det befinner sig i dem konstant hittats, inte vilken halt näringsämnen eller vattenvolym som lämnar kanalerna per år.

Segeåns beräkningar är gjorda utifrån vattnets näringskoncentration i förhållande till hur många gram näringsämnen som lämnar Sege å per år, vilket innebär att vi får fram en teoretisk volym vatten som lämnar Sege å under ett helt år. Att på detta, eller liknande sätt, beräkna genomflödet av vattenvolym med en viss koncentration kväve och fosfor som FVV:n behöver hantera, torde ge en mer tillförlitlig bild av hur många m² FVV som behövs då plantornas upptag oftast är grundade på vilken halt näringsämnen de kan ta upp under en bestämd tid.

I denna litteraturstudie har bredbladigt kaveldun (*Typha latifolia*), jättegröe (*Glyceria maxima*) och bladvass (*Phragmites australis*) undersökts som potentiella växter till FVV, då de har fördelaktiga egenskaper gällande bland annat näringsupptagningsförmåga, hårdighet, och rotstruktur. Det finns troligtvis andra växter vars egenskaper skulle passa inom vattenrening med FVV, som möjligtvis skulle kunna ha liknande, eller kanske till och med bättre näringsupptagningsförmåga etc., men då en begränsning inom ämnet i fråga krävdes, valdes dessa tre växtarter ut.

Uppgifterna om näringsupptagningsförmågan för bredbladigt kaveldun, jättegröe och bladvass är hämtade från olika studier då växterna använts i olika syften och under olika miljöförhållanden. Därför finns chansen, och risken, att de skulle kunna ha ett större, eller lägre, näringsupptag i en vattenförekomst i en urban miljö i Sverige. Deras upptag kan också variera inom Sverige, beroende på vilken plats FVV:n är anlagd och vilka egenskaper vattnet har.

Cellglas har sällan blivit studerat som ett material i uppbyggnaden av FVV, utan mestadels som ett material till värme- och ljudisolering (Zhai et al., 2015). Därför skulle det vara intressant att studera detta material mer ingående i FVV-sammanhang och jämföra materialet med PET-plast, med frågor som till exempel; vilket material har mest stabila

mekaniska och kemiska egenskaper? Eftersom cellglas framställs för syftet och PET-plast återanvänds – vad för skillnader i det långa loppet, ekonomiskt likväl miljömässigt, finns det?

Enligt de uträkningsmodeller som använts i denna litteraturstudie skulle de m² FVV som krävs i Malmö kanaler för att reducera kvävehalten ner till klassificeringen 'låga halter' (730 m²), likväl som de m² som behövs för att reducera fosforhalten till klassificeringen 'hög ekologisk status' (3 327 m² FVV), vara realistiskt då de endast skulle uppta 0,2 %, respektive 1 % av Malmö kanalers totala vattenyta.

Dock skulle det kanske varken vara fördelaktigt eller nödvändigt att applicera 3 327 m² FVV i Malmö kanaler då det är ca 4,6 gånger större än den yta FVV som krävs för att reducera kvävehalten ner till 'låga halter'. Detta skulle möjligtvis kunna leda till att det blir så pass låg kvävekoncentration i vattnet att plantornas tillväxt på FVV:n avstannar, och i extrema fall leda till att plantorna inte längre kan överleva.

I Sege å skulle det behövas 1 360 000 m² FVV för att reducera fosforhalten till klassificeringen 'hög ekologisk status', respektive 910 300 m² FVV för att reducera kvävehalten till klassificeringen 'låga halter'. Detta skulle inte vara realistiskt då dessa skulle uppta 150 %, respektive 99 % av Segeåns totala vattenyta. Dock mynnar Sege å ut från större sjöar som Börringesjön, Fjällfotasjön och Yddingesjön (segea.se, 2019-01-06), vilket innebär att det troligtvis tillförs N och P från dessa vattenförekomster till Sege å, vilket bidrar till åns höga koncentrationer av N och P.

Detta innebär att FVV potentiellt sett även kan placeras i dessa sjöar och därmed förhoppningsvis minska tillförseln av näringsämnen i Sege å, vilket skulle kunna leda till lägre koncentrationer N och P i Segeåns vatten. Detta skulle innebära ett behov av ett färre antal m² FVV utplacerade i Segeån för att kunna reducera kvävekoncentrationen ner till klassificeringen för 'låga halter', och fosforkoncentrationen ner till klassificeringen för 'hög ekologisk status'.

FVV kan kanske inte till fullo ersätta andra vattenreningsmetoder, som exempelvis reningsverk, men kan hjälpa till att rena vattnet på ett miljövänligt och ekonomiskt sätt. En kombination av olika sätt att hantera dagvatten och tillförseln av föroreningsämnen i vattenförekomster, som till exempel reningsverk, rain gardens, och gröna tak (Thornell, 2013), är troligtvis det mest optimala i en urban miljö där det förekommer stora mängder föroreningsämnen till följd av den aktivitet och omgivning som en urban miljö innefattar.

9 Slutsats

- Den näringsreducerande effekten av flytande våtmarksöar i vattenreningssyfte (FVV) gäller även i tempererade klimat, även om reduceringen inte alltid sker i lika hög takt som i exempelvis tropiska klimat – därför kan FVV användas i Sverige i ett näringsreducerande syfte.
- Bredbladigt kaveldun (*Typha latifolia*), jättegröe (*Glyceria maxima*) och bladvass (*Phragmites australis*) som undersökts i denna litteraturstudie har alla en fördelaktig näringsupptagningsförmåga, samt att de alla är härdiga i stora delar av Sverige – därför kan de användas med FVV i Malmö kanaler och Sege å.
- Vidare studier om bredbladigt kaveldun, jättegröe, bladvass, samt andra växtarters egenskaper och hur de kan te sig i specifika FVV-sammanhang i olika klimat och miljöer, krävs för att kunna få fram en mer tillförlitlig växtprofil som kan användas vid växtval till FVV.
- Enligt de beräkningsmetoder som använts i denna litteraturstudie skulle det vara möjligt att applicera FVV i Malmö kanaler för att reducera kvävehalten ner till klassificeringen för 'låga halter', och fosforhalten ner till klassificeringen för 'hög ekologisk status', utan att ta upp en så stor yta att det stör kanallivet.
- Enligt de beräkningsmetoder som använts i denna litteraturstudie skulle det inte vara möjligt att applicera FVV i Sege å för att reducera kvävehalten ner till klassificeringen för 'låga halter', och fosforhalten ner till klassificeringen för 'hög ekologisk status', då de m² FVV som krävs skulle ta upp mer än hela åns vattenyta.
- Om ett för stort antal m² FVV appliceras kan kvävekoncentrationen i vattnet bli så pass låga att växterna på FVV:n inte kan överleva.
- FVV:n behöver nödvändigtvis inte placeras i det förorenade vattendraget i sig om andra vattenförekomster i anslutning till dessa bidrar med föroreningstillförsel - källan till föroreningarna kan vara viktig att hitta för att därigenom kunna reducera det förorenade vattendragets näringskoncentration.
- Vidare forskning krävs för att validera och förfina den använda uträkningsmetoden, och, om möjligt, därefter kunna göra en uträkningsmodell som hjälpmedel vid dimensionering av FVV.

- Cellglas behöver studeras mer i FVV-sammanhang för att komma fram till om detta är ett material som är näringsreducerande, ekonomiskt, och miljömässigt gynnsamt att använda i flottens uppbyggnad.
- Då Malmö kanaler är ett sådant viktigt inslag i staden, med mycket pågående aktivitet för både stadsbor och turister, samt den påverkan kanalvattnet har på Öresunds redan eutrofierade vatten, borde det ligga i större intresse från kommunens sida att undersöka vattnets kvalitet mer djupgående och långsiktigt, för att därefter komma fram till lösningar och implementera åtgärder för en förbättring av vattenkvaliteten.

9.1 Fördelar för FVV

- + Kan mycket lättare hantera en varierande vattennivå till skillnad från en traditionell våtmark.
- + Upptaget av näringsämnen och metaller kan vara högre än i en traditionell våtmark.
- + Täcker en viss vattenyta – minskar ljusinsläpp och begränsar algutväxt.
- + Mer effektiv, hållbar och ekonomisk lösning för vattenrening än konventionella tekniska metoder, som oftast kräver en kontinuerlig kemikalie- eller energitillgång, så som flockningsmedel eller ventilationssystem.
- + Är relativt mer tålig än ett reningsverk för att hantera en mer varierande mängd föroreningar.
- + Har inte ett lika stort driftsunderhåll som ett reningsverk.
- + Kan, utöver reduceringseffekten av näringsämnen och föroreningar, tillföra andra positiva inslag, som exempelvis; ett estetiskt intryck; biologisk mångfald, och möjligtvis; en pedagogisk aspekt om tex. en informationsruta är uppsatt vid strandkanten på en förklaring om FVV:ns funktioner och varför den har applicerats.
- + Kostnaden beror huvudsakligen på vilket material och vilka plantor som används, samt skötsel och underhåll, vilket innebär att kostnaden inte behöver vara omfattande och kan begränsas.

9.2 Begränsningar för FVV

- En viss vattenyta måste finnas att tillgå vid applicering av FVV.
- Vid bristande skötselåtgärder kan näringsämnena som växten tagit upp åter tillföras i vattenförekomsten via det ovanjordiska växtmaterialet som faller ner i vattnet.

- Organisk polymer, d.v.s. plast, har ett dåligt motstånd för åldrande. Om FVV:ns flotte är uppbyggd av organisk polymer kan detta bidra till plastförorening (*white pollution*) i vattendraget.
- Då FVV:n kan dra till sig fåglar kan detta medföra tillförsel av fekalt material och näring i vattnet, samt innebära en degradering av vegetationens kvalitet på grund av nedtrampning och betning.

10 Referenser

10.1 Litteraturlista

Abenius, J. (2016). *Våtmark*. [Elektronisk] Naturvårdsverket (Uppdaterad 2016-11-14; Citerad 2016). Tillgänglig:

<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/miljoklimat/ingenovergodning/jordbruketochovergodningen.4.4b00b7db11efe58e66b80001608.html>

Anderberg, A. (2009a). *Jättegröe, *Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb.* [Elektronisk]. Den virtuella floran. Naturhistoriska riksmuseet, 1998. [Uppdaterad 2009-03-30; Citerad 2019-01-07]. Tillgänglig: <http://linnaeus.nrm.se/flora/mono/poa/glyce/glycmax.html>

Anderberg, A. (2009b). *Vass, *Phragmites australis* (Cav.) Steud.* [Elektronisk]. Den virtuella floran. Naturhistoriska riksmuseet, 1997. [Uppdaterad 2009-03-31; Citerad 2019-01-07]. Tillgänglig: <http://linnaeus.nrm.se/flora/mono/poa/phrag/phraaus.html>

Anderberg, A. (2015). *Bredkaveldun, *Typha latifolia* L.* [Elektronisk]. Den virtuella floran. Naturhistoriska riksmuseet, 1997. [Uppdaterad 2015-01-12; Citerad 2019-01-07]. Tillgänglig: <http://linnaeus.nrm.se/flora/mono/typha/typha/typhlat.html>

Bartha, B. (2012). *Uptake and metabolism of human pharmaceuticals in plants Identification of metabolites and specification of the defense enzyme systems under pharmaceutical exposure.* [Elektronisk]. Technischen Universität München. S:115. Tillgänglig: <https://mediatum.ub.tum.de/doc/1099038/1099038.pdf>

Berntsson, A-C. (2016). *Ingen övergödning*. [Elektronisk]. Havs- och Vattenmyndigheten. [Uppdaterad 2016-03-29; Citerad 2016]. Tillgänglig:

<https://www.havochvatten.se/hav/samordning--fakta/miljomal--direktiv/det-svenska-miljomalssystemet/ingen-overgodning.html>

Biesboer, D. (1984). *Nitrogen fixation associated with natural and cultivated stands of *Typha latifolia* L. (Typhaceae).* [Elektronisk]. American Journal of Botany 71(4):505-511.

Tillgänglig:

<https://www.researchgate.net/publication/322849896> Nitrogen fixation associated with natural and cultivated stands of *Typha latifolia* L Typhaceae

Bodin, H. (2013). *Wastewater treatment in constructed wetlands. Effects of vegetation, hydraulics and data analysis methods*. Avhandling nr. 1509. Linköping, Sverige: Linköping Studies in Science and Technology. S:7+9+13

Bonanno, G. LuigiCirelli, G. (2017). *Comparative analysis of element concentrations and translocation in three wetland congener plants: *Typha domingensis*, *Typha latifolia* and *Typha angustifolia**. [Elektronisk]. [Ecotoxicology and Environmental Safety](#). Vol. [143](#), September 2017, S:92-101. Tillgänglig: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651317302889>

Bülow, C. (2017). *Cellglas/skumglas*. [Elektronisk]. [Citerad 2017-02-08]. Tillgänglig: <http://www.ekobyggportalen.se/byggmaterial/cellglas/>

CABI. (2018). *Glyceria maxima (reed sweet-grass)*. [Elektronisk]. Invasive Species Compendium. Detailed coverage of invasive species threatening livelihoods and the environment worldwide. [Uppdaterad 2018-11-20; Citerad 2018-12-15]. Tillgänglig: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/81510>

Carlsson, P. (2000). *Hydraulic Study for the Malmö Canals*. Rapport/Citytunnelkonsortiet. Malmö stad: Gatukontoret, Stadsmiljöförvaltningen. 2000-04-28. S:29

Davies, J. (2014). *Proposed Ring-test & Protocol for *Glyceria maxima* in a Water-sediment System*. [Elektronisk]. ECPA EEG Priorities. [Citerad 2018-12-17]. Tillgänglig: https://cdn.ymaws.com/www.setac.org/resource/group/e6e73370-b287-4936-b1a1-0548285875fd/Davies_Glyceria-Working_grou.pdf

EEA. (2017). *Vatten i städerna*. [Elektronisk]. Europeiska Miljöbyrån; 2017 [Publicerad 2012-12-18; Uppdaterad 2017-02-20; Citerad 2019-01-22]. Tillgänglig: <https://www.eea.europa.eu/sv/articles/vatten-i-staderna>

Ek, A. (2016). *Ingen övergödning*. [Elektronisk]. Naturvårdsverket. [Uppdaterad 2016-10-06; Citerad 2016]. Tillgänglig: <http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Sveriges-miljomal/Miljokvalitetsmalen/Ingen-overgodning/#>

Elliot, C. (2003). *Plant Propagation Protocol for Typha latifolia*. [Elektronisk]. ESRM 412 – Native Plant Production. Data compiled 6/3/03. Tillgänglig: <https://courses.washington.edu/esrm412/protocols/TYLA.pdf>

Geertz-Hansen, O. (2000). *Miljöutredning, Malmö kanaler – Biologisk inventering och redovisning av brukarintressen i Malmö kanaler*. Projektering berg- och betongtunnlar för Citytunneln. CT1001:1–6. VBB-COWI JV mall. Rapport ver 4. 2000. S:4+7+8+9

Gucker, C L. (2008a). *Phragmites australis*. In: *Fire Effects Information System*. [Elektronisk]. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory (Producer). [Citerad 2019-01-08]. Available: <https://www.fs.fed.us/database/feis/plants/graminoid/phraus/all.html> [2019, January 8]. Tillgänglig: <https://www.fs.fed.us/database/feis/plants/graminoid/phraus/all.html>

Gucker, C L. (2008b). *Typha latifolia*. In: *Fire Effects Information System*. [Elektronisk]. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory (Producer). [Citerad 2019-01-07]. Tillgänglig: <https://www.fs.fed.us/database/feis/plants/graminoid/typlat/all.html>

Headley, T. R. Tanner, C.C. (2008). *Floating Treatment Wetlands: an Innovative Option for Stormwater Quality Applications*. [Elektronisk]. Indore, India: 11th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control; November 2008 [Citerad 2019-01-22] S:1102-1105. Tillgänglig: <http://www.floatingislandinternational.com/wp-content/uploads/2018/07/8.pdf>

Hortipedia. (2013a). *Glyceria maxima*. [Elektronisk]. [Uppdaterad 2013-08-14; Citerad 2019-01-08]. Tillgänglig: http://en.hortipedia.com/wiki/Glyceria_maxima

Hortipedia. (2013b). *Phragmites australis*. [Elektronisk]. [Uppdaterad 2013-08-14; Citerad 2019-01-08]. Tillgänglig: https://en.hortipedia.com/wiki/Phragmites_australis

Huddinge kommun. (2013). *Så tar du hand om ditt dagvatten – råd till småhusägare. Miljö- och samhällsbyggnadsförvaltningen i Huddinge kommun*. [Elektronisk]. Tillgänglig: http://www.huddinge.se/Global/trycksaker/bygga_bo_och_miljo/Dagvattenbroschyr_A5_webb.pdf

IUCN/SSC. (2006). *Glyceria Maxima*. [Elektronisk]. Global Invasive Species Database. Invasive Species Specialist Group (ISSG) with support from the Terrestrial and Freshwater Biodiversity Information System (TFBIS) Programme. [Publicerad 2006-04-11; Citerad 2019-01-10]. Tillgänglig: <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=891>

Jensen, J S. (2000). *Miljöutredning, Malmö kanaler – Vattenkvaliteten i Malmö kanaler*. Projektering berg- och betongtunnlar för Citytunneln. CT1001:1–6. VBB-COWI JV mall. Rapport ver 4. 2000. S:3 (15)+ S:14 (26)

Jordbruksverket, (2016). *Jordbruket och övergödningen*. [Elektronisk]. [Uppdaterad 2016-11-10; Citerad 2016]. Tillgänglig: <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/miljoklimat/ingenovergodning/jordbruketochovergodningen.4.4b00b7db11efe58e66b80001608.html>

Khanijo, I. (2007). *Nutrient removal from wastewater by wetland systems*. [Elektronisk]. Tillgänglig: <http://home.eng.iastate.edu/~tge/ce421-521/ishadeep.pdf>

Krysell, M. (2018). *Kväve i sjöar och vattendrag*. [Elektronisk]. Havs- och vattenmyndigheten. [Publicerad 2014-09-10; Uppdaterad 2018-11-13; Citerad 2019-01-10]. Tillgänglig: <https://www.havochvatten.se/hav/samordning--fakta/data--statistik/officiell-statistik/officiell-statistik---havs--och-vattenmiljo/kvave-i-sjoar-och-vattendrag.html>

Köbbing, JF. Thevs, N. Zerbe, S. (2013). *The utilisation of reed (Phragmites australis): a review*. [Elektronisk]. Mires and Peat, Volume 13 (2013/14), Article 01, 1–14. Tillgänglig: http://mires-and-peat.net/media/map13/map_13_01.pdf

Liu, J. L. Liu, J. K. Anderson, J. T. Zhang, R. Zhang, Z. M. (2016). *Potential of aquatic macrophytes and artificial floating island for removing contaminants*. [Elektronisk]. Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology, 150:4, 702-709, DOI: 10.1080/11263504.2014.990535. Tillgänglig: <http://dx.doi.org/10.1080/11263504.2014.990535>

Länsstyrelsen. (1992). *Vattendrag i Malmöhus län. Koncentration och transport av fosfor och kväve*. [Elektronisk]. Rapport/ Länsstyrelsen, Miljövårdsenheten, Malmöhus län. Meddelande nr. 1992:4. S: 59. Tillgänglig: <http://www.segea.se/Rapporter/Vattendrag-i-Malmoehus-laen-Koncentration-och-transport-avfosfor-och-kvaeve-Miljoevaardsenheten-Laensstyrelsen-Malmoe-1992.pdf>

Malmö stad. (2014). *Program för utveckling av Malmö kanalrum*. [Elektronisk]. Kanalprogram, Malmö stad. [Citerad 2018-12-07]. Tillgänglig: <http://projektering.nu/files/Kanalprogram.pdf>

Miljöförvaltningen. (2018). *Bräddningar*. [Elektronisk]. Malmö stad. [Uppdaterad 2018-05-21; Citerad 2019-01-18]. Tillgänglig: <http://miljobarometern.malmo.se/klimat/klimatanpassning/braddningar/sege-kanal/?start=2013&end=2017/>

Miljönytta. (2013). *Naturligt kretslopp renar vatten*. [Elektronisk]. [Publicerad 2013-12-22; Citerad 2017]. Tillgänglig: <http://miljonytta.se/byggnader/naturligt-kretslopp-renar-avloppsvatten/>

Motivans K. Apfelbaum S. (2019). *ELEMENT STEWARDSHIP ABSTRACT for Typha spp. North American Cattails*. [Elektronisk]. THE NATURE CONSERVANCY. Applied Ecological Services, Inc. [Citerad 2019-01-08]. Tillgänglig: https://www.invasive.org/gist/esadocs/documnts/typh_sp.pdf

Mugwedi, L. (2012). *Invasion ecology of Glyceria maxima in KZN Rivers and wetlands*. [Elektronisk]. Diss., University of the Witwatersrand, Johannesburg. Tillgänglig:

<https://www.researchgate.net/publication/283508218> *Invasion ecology of glyceria maxima in KZN Rivers and Wetlands*

Möller, L. (2016). *Bladvass – Den optimala vattenrenaren för Källbydammarna?* [Elektronisk]. Alnarp: Sveriges Lantbruksuniversitet. (Självständigt arbete 15 hp, 2016, Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap). Tillgänglig: https://stud.epsilon.slu.se/8911/7/moller_1_160311.pdf

Naturvårdsverket. (2007). *Bedömningsgrunder för sjöar och vattendrag*. [Elektronisk]. Havs- & Vattenmyndigheten: Bilaga A till handbok 2007:4. Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-0148-3.pdf>

Naturvårdsverket. (2009). *Sveriges åtagande i Baltic Sea Action Plan. Förslag till nationell åtgärdsplan*. [Elektronisk]. Havs- & Vattenmyndigheten: Rapport 5985. Juli 2009. Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/978-91-620-5985-9.pdf>

Naturvårdsverket. (2017). *Föroreningar i dagvatten*. [Elektronisk]. Tillgänglig: <https://naturvardsverket.se/upload/miljoarbete-i-samhället/miljoarbete-i-sverige/regeringsuppdrag/2017/Foreningar-i-dagvatten.pdf>

Oppenheim, F. (2014). *Återvunnen plast renar dagvatten*. [Elektronisk]. Utemiljö 8/2014. Tillgänglig: http://www.vegtech.se/upload/files/PDF/VegTech_Flytandevatmark_Danderyd.pdf

segea.se. (2019-01-06). *Om Segeå – Allmänt om Sege å*. [Elektronisk]. Skåne: Burlöv, Lund, Malmö, Staffanstorps, Svedala, Trelleborg och Vellinge kommuner; 2019 [Citerad 2019-01-06]. Tillgänglig: <http://www.segea.se/Om-Segea.html>

Sverigeplats.se. (2015-2017). *Segeån*. [Elektronisk]. [Citerad 2019-02-28]. Tillgänglig: <http://www.sverigeplats.se/skane-lan/lomma/segean.html>

Thornell, L. (2013). *Trender i öppen dagvattenhantering. En kartläggning över de senaste 40 åren*. [Elektronisk]. Alnarp: Sveriges Lantbruksuniversitet. (Självständigt arbete 15 hp, 2013,

Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap). Tillgänglig:
https://stud.epsilon.slu.se/5972/7/thornell_1_130916.pdf

VA SYD. (2016). *Plan för förbättringar av Malmös avloppssystem*. [Elektronisk].
[Uppdaterad 2016-08-17; Citerad 2019-01]. Tillgänglig:
<https://www.vasyd.se/Artiklar/Avlopp/Forbattringar-Mlms-avlopp-m-karta>

VA SYD. (2017). *Sjölunda avloppsreningsverk Malmö Miljörapport 2017*. [Elektronisk].
Malmö: Miljörapport För Sjölunda Avloppsreningsverk (1280-50-001): version 2.
Tillgänglig: <https://www.vasyd.se/-/media/Documents/Rapporter/Miljorapporter/2017/Miljrapport-2017-Sjlunda.pdf>

VA SYD. (2019). *Malmös kanaler – kloak eller oas?*
Rapporten har ej utsatt datum. [Citerad: 2019-01-18]

Veg Tech. (2016). *Flytande våtmark – ger en naturlig våtmarkseffekt*. [Elektronisk]. No date
[Citerad 2016–09]. Tillgänglig:
http://www.vegtech.se/upload/files/PDF/Vegtech_flytandevatmark.pdf

Wang, C-Y. Sample D.J. (2014). *Assessment of the nutrient removal effectiveness of floating treatment wetlands applied to urban retention ponds*. [Elektronisk]. Journal of Environmental Management. Maj 2014, vol. 137: s:23–35. Tillgänglig:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479714000826>

Weisner, S. Johannesson, K. Tonderski, K. (2015). *Näringsavskiljning i anlagda våtmarker i jordbruket. Analys av mätresultat och effekter av landsbygdsprogrammet*. [Elektronisk]. Jordbruksverket, Rapport 2015:7. [Citerad 2018-12-10]: Tillgänglig:
http://www2.jordbruksverket.se/download/18.704fc84714d2baac7efc9b0c/1431091028248/ra15_7.pdf

Westlake, D.F. (1966). *The Biomass and Productivity of Glyceria Maxima: I. Seasonal Changes in Biomass*. [Elektronisk]. Journal of Ecology, November 1966;vol. 54(3):745.
Tillgänglig:

<https://www.researchgate.net/publication/270416770> The Biomass and Productivity of *Glyceria Maxima* I Seasonal Changes in Biomass

Wittgren H.B. Sundblad K. (1990). *Removal of wastewater nitrogen in an infiltration wetland with *Glyceria maxima**. [Elektronisk]. Department of Water and Environmental Studies, Linköping University. S-582 83 Linköping, Sweden; 1990 [Citerad 2019-01-25]. Tillgänglig: <https://books.google.no/books?id=drobBQAAQBAJ&pg=PA96&lpg=PA96&dq=glyceria+maxima+phosphorus&source=bl&ots=Ocrxd7yyci&sig=Mfds0sHIWinKqkbtGNTRn5uDAE0&hl=sv&sa=X&ved=2ahUKEwjD9byV8P7eAhWBFCwKHc6wCCkQ6AEwEHoECFkQAO#v=onepage&q=glyceria%20maxima%20phosphorus&f=false>

WWF. (2016). *Haven är i kris*. [Elektronisk]. [Citerad: 2016-29-11]. Tillgänglig: http://www.wwf.se/raddahaven/havskampen-menu/haven-r-i-kris/1653331-haven-r-i-kris?utm_source=Google%20Grants&utm_content=GG_RH_HavIKris_Start&utm_campaign=WWF%20SEARCH

Zhai, C. Zhong, Y. Li, Z. Wang, X. Zhao, L. Pan, L. Zhang, J. (2015). *Preparation and characterization of mechanical properties of foam glass for artificial floating island carrier*. [Elektronisk]. *Advances in Mechanical Engineering*. 2015; Vol. 7(6) 1–6. Tillgänglig: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1687814015589660>

10.2 Figurförteckning

Bild 3. Granberg, Ylva. 2019. *En flytande våtmarksö i vattenreningssyfte (FVV) där växternas rötter penetrerar den flytande stommen ner till vattenförekomsten.*

Bild 2: Granberg, Ylva. 2015. *Malmö kanaler där pilar visar de olika bräddningspunkterna.*

10.3 Bilagor

10.3.1 Bilaga 1

Tabell 1. Sammanställning av växtegenskaper för Bredbladigt Kaveldun, Jättegröe & Bladvass (Granberg, 2019).

| Växtart | Bredbladigt Kaveldun, <i>Typha latifolia</i> | Jättegröe, <i>Glyceria maxima</i> | Bladvass, <i>Phragmites australis</i> |
|---|--|--|---|
| Växtzon I-VIII | I-IV (Anderberg, 2015) | I-VI (Anderberg, 2009a) | I-VIII (Anderberg, 2009b) |
| Växtsätt | <ul style="list-style-type: none"> • Höjd: 1–2 m • Konkurrenskraftig • Etableras lätt (Möller, 2016) | <ul style="list-style-type: none"> • Höjd: ≤ 3 m (Anderberg, 2009a) • Konkurrenskraftig (Mugwedi, 2012) | <ul style="list-style-type: none"> • Höjd: ≤ 5 m (Möller, 2016) • Konkurrenskraftig (Köbbing et al., 2013) |
| Sol/ Skugga | Soligt (Elliot, 2003) | Soligt – svag skugga (IUCN/SSC, 2006) | Soligt – svag skugga (Gucker, 2008a) |
| Vattentyp | <ul style="list-style-type: none"> • Sötvtatten/ Brackvatten (Anderberg, 2015) | <ul style="list-style-type: none"> • Sötvtatten (IUCN/SSC, 2006) • Näringsrikt vatten (Davies, 2014) | <ul style="list-style-type: none"> • Sötvtatten/ Brackvatten - upp till 16% salt (Köbbing et al., 2013) |
| pH | - | 7,5 – 8,5 (Hortipedia, 2013a) | 4,5 – 8,7 (Hortipedia, 2013b) |
| Rotsystem | <ul style="list-style-type: none"> • Djup: 0,07 – 0,2 m • Kraftigt • Horisontellt (Gucker, 2008b) | <ul style="list-style-type: none"> • Djup: 1 m • 40–55% av total biomassa (CABI, 2018) | <ul style="list-style-type: none"> • Djup: 2 m – när botten • Kraftigt (Möller, 2016) • 40% av total biomassa (Westlake, 1966) |
| Närings- upptag $g\ m^{-2}\ \text{år}^{-1}$ | N: 1,8 (Biesboer, 1984) | N: 20,4 (Wittgren et al., 1990) | N: 11,2 P: 1 g K: 8,4 g (Köbbing et al., 2013) |
| Fördelar | <p>Klarar av: +Tungmetaller (Motivans et al., 2019)</p> <p>Upptag: +Tungmetaller (Bonanno et al., 2017) + Mediciner (Bartha, 2012)</p> <p>Biomassa: + Biogasproduktion (Möller, 2016)</p> | <p>Klarar av: + Minus 29 ° C (Hortipedia, 2013a)</p> | <p>Klarar av: + Minus 29 ° C (Hortipedia, 2013b) + Alkaliskt - salint vatten (Gucker, 2008a)</p> <p>Upptag: + Tungmetaller (Bilaga 2)</p> <p>Biomassa: + Energiproduktion (Köbbing et al., 2013)</p> |
| Nackdelar | - | Kan vara invasiv – hot mot andra akvatiska växter (Mugwedi, 2012) | Kan vara invasiv – hot mot andra akvatiska växter (Köbbing et al., 2013) |

10.3.2 Bilaga 2

Mail 1. Mailkorrespondens med Johan Stein, försäljningschef på Veg Tech. [E-post 2017-02-26]. (Svart text: frågor till Johan Stein. Röd text: Svar från Johan Stein)

Jag ser på er hemsida att ni har gjort arbeten med flytande våtmarksöar i olika kommuner i Stockholm, är det Stockholm ni riktar in er på eller har ni gjort arbeten på andra ställen i Sverige?

Nej, det är från norr till söder, men kommuner i och runt Sthlm har haft ett starkt fokus för att förbättra vattenkvaliteten för att kunna uppnå kraven enligt det europeiska vattendirektivet.

Är det mest i dammar för dagvattenhantering etc. ni installerar dessa i eller har ni också gjort det i urban miljö som kanaler/parker?

Överallt, det har funnits olika ändamål, som t ex för att det ska vara ett estetisk inslag i kanal eller damm i staden, eller för att attrahera fågelliv eller fiskliv.

De flesta försök som jag har hittat om flytande våtmarksöar har utspelat sig i lite varmare klimat än just det Sverige har, så jag undrar om ni har gjort egna försök för att se hur mycket föroreningar som tas upp av våtmarken? Vet ni hur mycket föroreningar det tas upp av exempelvis 1 m2 våtmark?

Det har gjorts en del försök, men tyvärr har de inte varit klart avgränsade så det har varit svårt att dra någon direkt lärdom av försöken eftersom det är så många faktorer som avgör.

Vid dimensionering av flytande våtmark tar vi hänsyn till

1. Inflöde
2. Vattentemperatur (under växtsäsong)
3. pH
4. Total P
5. Total N
6. Nitrat
7. Ammonium
8. Syrehalt
9. TSS

10. Målvärden (vilken koncentration vill man nå på varje parameter)

Brukar ni mestadels använda makrofyter till öarna eller hur har ni valt de plantor som ni använder?

Av det vi har levererat har det mestadels varit vattenvegetation där vi har gjort valet utifrån bl a näringsupptag, täckningsgrad, rotstruktur och säsong.

Jag ser på er hemsida att ni installerade flytande våtmarker i Danderyds kommun för att reducera både näringsföroreningar och tungmetaller. När det är mycket metaller i vattnet som ni ska anlägga ön i, brukar ni tänka annorlunda med installationen då som tex. andra växter?

Vi har inte gjort en distinktion med eller utan tungmetaller, mer än att vi vet att några av de valda växterna omformar tungmetaller ovan ytan och vissa i rotstrukturen. Bladvass är ett exempel på en växt som tar upp tungmetaller.

Hur mycket skötsel och underhåll kräver en flytande våtmarksö? Brukar ni rensa bort gammalt material och vad gör ni med det?

Det krävs inte något större underhåll. Man kan slå det under senare delen av säsongen för att ta bort växtmaterial, men det har ingen netto-effekt för vattenområdet, då man egentligen skulle fått störst effekt under grönperioden, men då är det få som vill slå bort den fina vegetationen. Den viktigaste delen av processen sker under våtmarken, sedimentering av fosfor.

Sjelva stommen är ju uppbyggd av återvunnen PET-plast och i pdf.-filen om Danderyds kommun står det att den är analyserad och ofgiftig. Jag läste dock i en vetenskaplig skrift om flytande våtmarksöar till vattenrening att plast har ett dåligt motstånd mot åldrande, men från er artikel får jag uppfattningen om att ni inte är oroliga för att plasten kommer brytas ned. Hur länge räknar ni med att en sådan struktur kommer hålla sina stabila egenskaper? Den beräknas hålla i 20-25 år, men sedan ska man veta att växternas rotstruktur kommer bygga upp en struktur i sig självt efter ett tag.

Är det endast strukturen på plasten som håller stommen flytande?

Nej, det är ett insprutat med ofarligt polystyren-skum som är härdat. Miljöhänsyn är endast att beakta under själva härdningsprocessen, att det görs under rätt förhållanden, men det har ingen miljöpåverkan på plats när det är härdat.

10.3.3 Bilaga 3

Mail 2. Mail från Clara Hermansson från Alnarp Cleanwater Technology. [E-post 2017-03-10].

Hej Ylva!

Vad kul att du är intresserad av vårt bioreningsverk!

Vi har valt ut växter som är starkväxande och tar upp mycket fosfor:

Smalkaveldun

Gul svärdslija

Säv

Bladvass

De ämnen som ännu inte ställs krav på som vi har god rening av är läkemedelsrester. Läs mer här: <http://www.ivl.se/download/18.343dc99d14e8bb0f58b76ad/1454339648560/B2186.pdf>

Vi tror att det är enzymer i rötterna på kaveldunen som kan bryta ner läkemedelsrester, forskning har visat att de är bra för läkemedelsrening.

Vi vet inte vad som händer med tungmetaller i vårt bioreningsverk.

Hör av dig om du har några fler frågor.

Trevlig helg!

Med vänliga hälsningar

Clara Hermansson

Alnarp Cleanwater Technology AB

Box 206, 230 53 Alnarp, Sverige

Växel: 040 - 462690 / Direkt: 0739 – 317268