

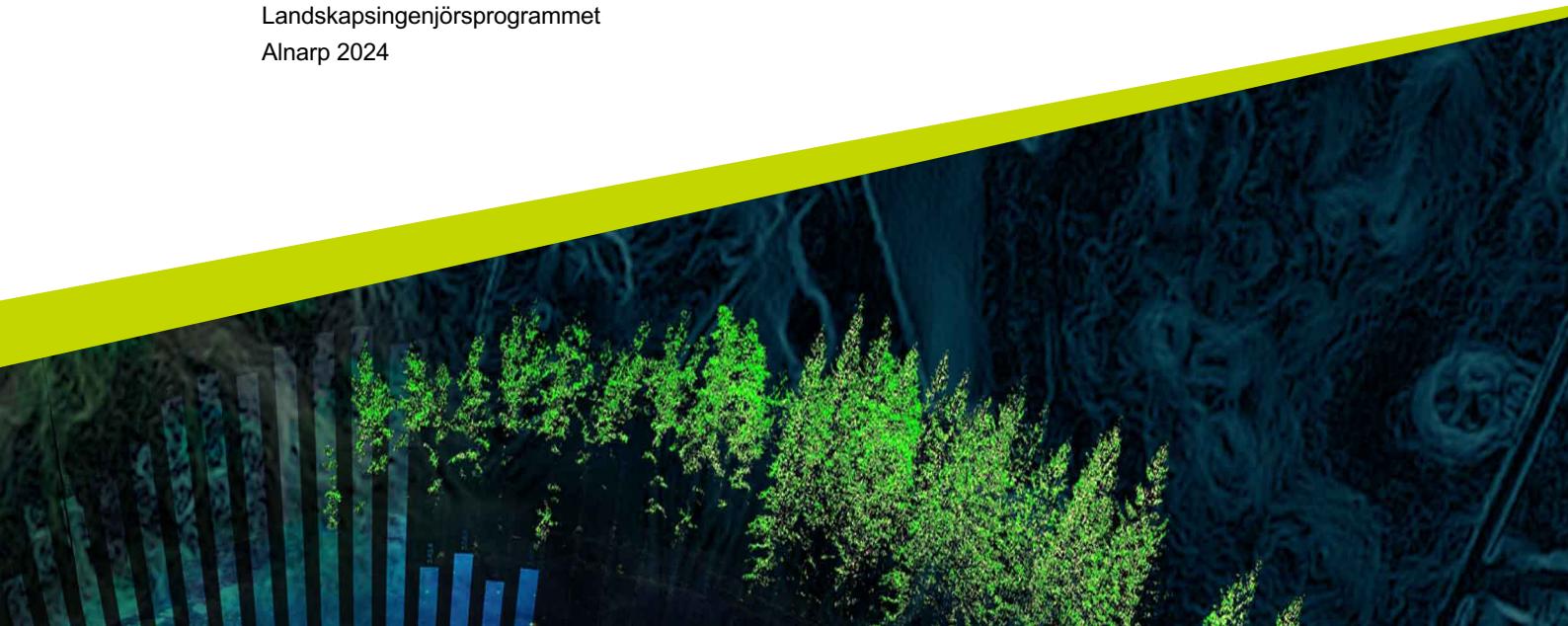


Integrering av våtmarker i urbana miljöer

En studie med fokus på dagvattenhantering i
Nässjö tätort

Emanuel Golé Lindh

Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Landskapsingenjörsprogrammet
Alnarp 2024



Integrering av våtmarker i urbana miljöer: *En studie med fokus på dagvattenhantering i Nässjö tätort*

Integration of Wetlands in Urban Environments: A Study Focused on Stormwater Management in the Urban Area of Nässjö

Emanuel Golé Lindh

Handledare: Anna Levinsson, Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Examinator: Linn Osvalder

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E
Kurstitel: Självständigt arbete i Landskapsarkitektur
Kurskod: EX0841
Program/utbildning: Landskapsingenjörsprogrammet
Kursansvarig inst.: Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Utgivningsort: Alnarp
Utgivningsår: 2024
Upphovsrätt: Alla figurer som inte tillhör författaren används med ägarens tillstånd och har en Creative Commons-licens.

Nyckelord: urbana våtmarker, dagvattenlösningar, ekosystemtjänster

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakultet för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap
Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Sammanfattning

Urbaniseringen av våra städer har resulterat i tätare bebyggelse och minskade grönområden. Detta leder till en förlust av ekosystemtjänster och en ökad sårbarhet för klimatförändringar såsom intensiva skyfall och ett varmare klimat. Denna studie fokuserar på dagvattenhantering som en central fråga för hållbar stadsutveckling med särskilt fokus på konstruerade våtmarker som en grön lösning för att hantera dagvatten och minska översvänningsrisker. Genom att integrera våtmarker i urbana miljöer kan städer minska belastningen på befintliga infrastrukturer och samtidigt dra nytta av andra ekosystemtjänster.

En fallstudie genomfördes i Nässjö kommun, där programmet QGIS användes för att identifiera översvänningsrisker och värmeöar med hjälp av geospatial data. En skyfallskartering gjord av konsultföretaget WSP analyserades för att identifiera områden som är sårbara vid skyfall. Data och råd från yrkespersoner inom landskapsarkitektur, ekologi och GIS-teknik har bidragit till valet av plats och utformningen av en urban våtmarksanläggning. En illustrationsskiss över anläggningen utfördes i CAD (Computer-Aided Design).

Resultatet visar på hur urbana våtmarker kan användas för att sträva mot en hållbar utveckling genom att tillhandahålla viktiga funktioner för att ta hand om dagvatten i en stadsmiljö och hur dessa kan bidra till olika ekosystemtjänster för att gynna en hållbar stadsutveckling. Det visar även på problematik som kan uppstå med exempelvis ekologiska fällor vid rening av dagvatten och hur detta behöver tas i beaktning när urbana våtmarker konstrueras. Genom att skapa effektiva gröna system för dagvattenhantering kan städer inte bara minska översvänningsrisker utan också förbättra kvaliteten på dagvatten och stadsmiljön i stort.

urbana våtmarker, dagvattenhantering, ekosystemtjänster

Abstract

The urbanization of our cities has resulted in denser development and reduced green spaces. This leads to a loss of ecosystem services and increased vulnerability to climate changes such as intense rainfall and a warmer climate. This study focuses on stormwater management as a central issue for sustainable urban development, with a particular focus on constructed wetlands as a green solution for managing stormwater and reducing flood risks. By integrating wetlands into urban environments, cities can reduce the burden on existing infrastructure while benefiting from additional ecosystem services.

A case study was conducted in Nässjö Municipality, where the QGIS program was used to identify flood risks and urban heat islands using geospatial data. A cloudburst mapping conducted by the consulting company WSP was analyzed to identify areas vulnerable to heavy rainfall. Data and advice from professionals in landscape architecture, ecology and GIS technology contributed to the selection of the site and the design of an urban wetland facility. A site illustration was created using CAD (Computer-Aided Design).

The results demonstrate how urban wetlands can be used to strive for sustainable development by providing essential functions for managing stormwater in an urban environment and how these can contribute to various ecosystem services to promote sustainable urban development. It also highlights issues that may arise, such as ecological traps in stormwater purification, and how these need to be considered when constructing urban wetlands. By creating efficient green systems for stormwater management, cities can not only reduce flood risks but also improve the quality of stormwater and the urban environment.

urban wetlands, stormwater solutions, ecosystem services

Innehållsförteckning

Figurförteckning	7
1. Introduktion.....	8
1.1 Bakgrund	8
1.2 Syfte	9
1.3 Frågeställning.....	9
1.4 Avgränsningar	9
2. Metod	10
2.1 Litteraturstudie.....	10
2.2 Fallstudie	10
2.3 Konsultation.....	11
2.4 Utformning.....	11
3. Litteraturstudie	12
3.1 Naturbaserade lösningar för mer hållbara städer.....	12
3.2 Urbana våtmarker.....	13
3.2.1 Definition av våtmarker	13
3.2.2 Definition av urbana våtmarker	14
3.3 Ekosystemtjänster genom urbana våtmarker.....	15
3.3.1 Värmeöeffekten.....	15
3.3.2 Nedkylningseffekt.....	16
3.3.3 Våtmarker för dagvattenhantering.....	17
3.3.4 Våtmarkers förmåga att rena vatten.....	18
3.3.5 Biodiversitet.....	21
3.4 Exempel på urbana våtmarker	22
3.4.1 Lugnet urbana våtmarksanläggning.....	22
3.4.2 Qiaoyuan Park	24
4. Fallstudie.....	26
4.1 Nässjö kommun.....	26
4.2 Val av plats.....	28
4.3 Ingsbergssjön	29
4.3.1 Ingsbergssjöns historia	29
4.3.2 Ingsbergssjön i dagsläget	29
4.3.3 Skyfallskartering vid Ingsbergssjön.....	31

5. Resultat	32
5.1 Utformning av våtmarksområdet	32
5.1.1 Inloppszon.....	32
5.1.2 Zon med stående vattenyta.....	32
5.1.3 Översvämningszon	33
5.1.4 Vegetation	34
5.1.5 Rekreatiomsområde.....	36
5.1.6 Kostnader.....	36
6. Diskussion	37
6.1 Resultatdiskussion	37
6.2 Metoddiskussion.....	39
Referenser	41
Tack	48

Figurförteckning

Figur 1. Sammanställning av Threshold value of cooling effect för olika städer och regioner	18
Figur 2. Illustration över Lugnets urbana våtmarksanläggning	24
Figur 3. En överblicksbild över Qiaoyuan Park	26
Figur 4. Karta över Nässjö kommun	29
Figur 5. Karta över Ingsbergssjön	31
Figur 6. Förslag på våtmark i Nässjö tätort.....	36

1. Introduktion

1.1 Bakgrund

Urbaniseringen av våra städer har lett till en tätare bebyggelse och minskad andel grönområden. Detta innebär att många av naturens ekosystemtjänster går förlorade och städerna blir alltmer påverkade av klimatförändringar som kan ge upphov till mer intensiva skyfall och en ökning av värmeöar i städerna (Lachinani & Abna 2023). En ökad nederbörd samt förändringar i markanvändning leder till ökad risk för översvämningar och överbelastning av stadens ledningsnät. Dagvattenhantering blir därmed en alltmer central fråga för stadens hållbarhet och trivsel (Suriya & Mudgal 2012). Våtmarker är en avgörande del av naturliga miljöer och erbjuder en mängd olika ekosystemtjänster (Alikhani et al. 2021).

Det finns emellertid flera utmaningar med att bevara och förvalta våtmarker i urbana områden. Vid anläggning krävs det exempelvis planering och strategi kring vegetation och hur den ska förvaltas på ett hållbart sätt (Våtmarksguiden 2020). Det finns växter som växer för aggressivt vilket resulterar i att våtmarken växer igen eller får en försämrad biologisk mångfald på grund av att vissa arter konkurrerar ut andra (ibid.). Vid fel förutsättningar kan även så kallade ekologiska fällor skapas (Robertson and Hutto 2006). Detta inträffar när djur använder våtmarker som habitat trots dåliga förutsättningar på grund av förekomsten av föroreningar eller hot från rovdjur, vilket skapar missgynnsamma levnadsmiljöer och i stället försämrar biodiversiteten (idib.).

I och med att våtmarker kan erbjuda en positiv påverkan på våra städer genom att effektivt hantera dagvatten är det viktigt att se över hur dessa kan inkorporeras och förvaltas i våra stadsområden. Genom att integrera våtmarker i stadsmiljön kan vi skapa ett effektivt system för att minska risken för översvämningar och samtidigt förbättra kvaliteten på det dagvatten som rinner genom våra urbana områden. Genom att använda våtmarker för dagvattenhantering kan belastningen på befintliga infrastrukturer minskas samtidigt som andra ekosystemtjänster kan nyttjas för att skapa en bättre stadsmiljö (WWT Consulting 2018).

1.2 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att undersöka och analysera hur urbana våtmarker kan användas som en effektiv lösning för dagvattenhantering i stadsmiljöer. Med litteraturstudierna som grund analyseras sedan möjligheterna och svårigheterna med att integrera våtmark i urbana miljöer med Nässjö tätort som utgångspunkt. Detta med tonvikt på ekosystemtjänster som dagvattenhantering och även översvämningsrisker.

1.3 Frågeställning

Arbetet utgår från följande frågeställningar:

- Vilken roll spelar urbana våtmarker i dagvattenhanteringssystem och hur bidrar de till att minska översvämningsrisker i stadsområden?
- Vilka specifika ekosystemtjänster tillhandahåller urbana våtmarker?
- Hur kan urbana våtmarker anläggas i Nässjö tätort för att gynna en mer hållbar dagvattenhantering?

1.4 Avgränsningar

Denna studie kommer att begränsa sig till att undersöka och analysera implementeringen av urbana våtmarker för dagvattenhantering i Nässjö centralort. Huvudsakligt fokus kommer att ligga i att undersöka urbana våtmarkers effektivitet i att minska översvämningsrisker, förbättra vattenkvaliteten och främja biodiversitet. Genom att avgränsa fallstudien till Nässjö centralort möjliggörs en mer djupgående och detaljerad undersökning av dagvattenhanteringsstrategier i en specifik geografisk kontext, vilket kan bidra till ökad förståelse och tillämpning av liknande åtgärder i andra urbana områden.

2. Metod

Examensarbetet bygger på en kombination av litteraturstudie, en fallstudie innefattande hydrologisk och topografisk dataanalys och expertkonsultation från Nässjö kommun. Genom att kombinera dessa metoder syftar arbetet till att ge en omfattande bild av hur urbana våtmarker kan användas effektivt i stadsplanering och dagvattenhantering.

2.1 Litteraturstudie

Arbetet baseras delvis på en litteraturstudie med information inhämtad från vetenskapliga artiklar, rapporter, litteratur, myndigheters hemsidor och dokument från Nässjö kommun. Databaser som har används för att söka upp olika artiklar är Google Scholar, Scispace och Web of science. Perlego är en tjänst som har använts för hitta vetenskapliga E-böcker kring ämnet urbana våtmarker och naturbaserade lösningar.

Sökord som användes:

Urban wetlands, ecosystem services, nature-based solutions, island heat effect, island cooling effect, biodiversity, flood management, storm water solutions, water pollution, wetland ecology.

2.2 Fallstudie

I fallstudien användes programmet QGIS (Quantum Geographic Information System) för att lokalisera översvämningsrisker och värmeöar med hjälp av data från Nässjö kommun. QGIS är en fri och öppen källkodsprogramvara för geografiska informationssystem (GIS). Programmet används för att skapa, redigera, visualisera, analysera och publicera geospatial information. En skyfallskartering gjord av konsulten WSP i uppdrag av Länsstyrelsen i Jönköpings län analyserades för att få en uppfattning om vilka områden som är sårbara för framtida översvämnningar. Nässjö kommun har tillhandahållit kartor med höjdskillnader runt Ingsbergssjön samt dokument som beskriver historien kring sjön och dess problematik med

övergödning och föroreningar som tillförs med dagvatten till recipienten och närliggande vattendrag.

2.3 Konsultation

Yrkespersoner inom landskapsarkitektur, ekologi och GIS-teknik från Nässjö kommun har konsulterats under studiens gång. De har delat data kring Nässjö kommuns topografi, översvämningsrisker och värmeörar, gett råd kring val av plats gällande anläggningsförslaget samt råd när det kommer till utformning och förvaltning av urbana våtmarker.

2.4 Utformning

En illustrationsskiss av våtmarksanläggningen i plan, gjord i programmet CAD (Computer-Aided Design).

3. Litteraturstudie

3.1 Naturbaserade lösningar för mer hållbara städer

Urbaniseringen ökar i snabb takt och samtidigt står mänskligheten inför utmaningar såsom klimatförändringar, folkhälsoproblem och förlusten av biologisk mångfald. Detta har skapat en uppmaning att öka ansträngningarna för att integrera naturen ytterligare i stadsplaneringen och stadens utveckling. Även om människor under lång tid har varit medvetna om den positiva inverkan som urban natur har på vår hälsa och välbefinnande har forskning under den senaste tiden börjat undersöka och mäta de olika fördelar som gröna områden i städer erbjuder (Konijnendijk, 2018).

I och med att behovet av att skapa fler och bättre gröna strukturer i städerna ökar, ses urbana grönområden nu parker och grönområden som en väsentlig del av stadsmiljön. I takt med detta har flera begrepp och tillvägagångssätt, såsom NBS (Nature-based Solutions), utvecklats för att integrera urban natur i stadsplaneringen och beslutsfattandet (Pauleit et al., 2019; Randrup et al., 2020).

Definitionen och omfattningen av NBS- konceptet är fortfarande under diskussion. Europeiska kommissionen, som har varit en tongivande röst för att främja NBS- konceptet inom både politik och forskning, beskrev konceptet som:

"Solutions that are inspired and supported by nature, which are cost-effective, simultaneously provide environmental, social and economic benefits and help build resilience. Such solutions bring more, and more diverse, nature and natural features and processes into cities, landscapes and seascapes, through locally adapted, resource-efficient and systemic interventions." (EC, 2015).

NBS kan ta många olika former och skalor. Dessa lösningar inkluderar allt från individuella träd till stadstäckande grönområden som ger skugga och nedkylning, samt gröna tak och väggar med estetiska och energisparande funktioner (Somarakis et al., 2019). Dessa lösningar kan också omfatta koloniträdgårdar, urbana gårdar, dagvattenlösningar för hantering av dagvatten och trädskyddsbälten för att minska effekterna av vind och damm.

Ett ökat fokus på ekosystemtjänster har lett till en accelererande utveckling av gröna områden i städer (Konijnendijk, 2018). Det har gjorts mycket arbete för att förstå de olika fördelarna som grönområden i städer kan erbjuda, inklusive reglerande ekosystemtjänster såsom nedkylning och minskning av luftföroreningar. Forskningen fortsätter att sträva efter att identifiera exakt vilka grönområden och gröna element som ger vilka fördelar och varför. Detta för att kunna informera planerare, utformare och förvaltare av urbana utrymmen på ett mer effektivt sätt (Crocchi and Lucchitta, 2021)

3.2 Urbana våtmarker

3.2.1 Definition av våtmarker

En våtmark, även känd som sankmark eller sumpmark, karakteriseras av närvaron av vatten som är nära, ovanpå eller strax under markytan under stora delar av året, tillsammans med områden som är täckta av växtlighet. För att kategoriseras som en våtmark måste minst hälften av den förekommande växtligheten vara anpassad för att trivas i vattenrika miljöer (Naturskyddsforeningen, 2021)

Keddy (2010) ger en mer nyanserad beskrivning i sin bok "Wetland Ecology", där våtmarker definieras som en ekosystemtyp som formar sig då marken översvämmas av vatten, vilket resulterar i en dominerande förekomst av anaeroba processer, det vill säga kemiska processer som sker utan närvaro av syre i jorden. I litteraturen nämner Keddy att våtmarker skiljer sig från andra landbaserade ekosystem genom att de har permanenta eller periodiska vattenansamlingar. Denna typ av miljö tvingar i sin tur den biotiska komponenten, det vill säga de levande organismerna att anpassa sig till de specifika förhållandena som översvämningar medför. Definitionen är bred då våtmarker kan variera från tropiska mangroveträsk till subarktiska torvmarker (Ibid.).

Skillnader i jordar, topografi, klimat, hydrologi, vattenkemi, vegetation och andra faktorer, inklusive mänsklig påverkan, resulterar i betydande variationer mellan våtmarker på både regional och lokal nivå (Keddy 2010). Trots att majoriteten av våtmarkerna utgörs av färskvattens ekosystem finns det även de som är knutna till saltvattenmiljöer. Skillnaden mellan färskvatten- och saltvattenmiljöer anses vara av betydelse av vissa forskare där våtmarker antingen klassificeras som "inland" för de våtmarker som har färskvattenmiljöer eller "kustnära" för de med saltvattenmiljöer. Detta för att salthalten är avgörande för vilka arter av växter och djur som kan trivas i miljön. Beroende på typen av våtmark kan vattnet antingen vara permanent eller temporärt närvarande beroende på typen av våtmark (Ibid.). Det som förenar dem är att de översvämmas eller mättas tillräckligt länge under

växstsäsongen, när växtligheten är aktiv och växer, för att skapa jordar och växtsamhällen som är karakteristiska för våtmarkens ekosystem (Alikhani et al. 2021).

3.2.2 Definition av urbana våtmarker

Ramsar (2013) definierar urbana våtmarker som våtmarker som återfinns inom urbana- eller periurbana områden. Dessa våtmarker kan vara antingen naturliga eller konstgjorda och har ett maximalt vattendjup på sex meter. De kategoriseras vanligtvis i två huvudtyper: naturliga våtmarker och konstruerade våtmarker.

Naturliga våtmarker inkluderar en mängd olika ekosystem såsom floder, sjöar och deras översvämningsområden, träsk, torvmossar, estuarier, tidvattensslätter och mangroveträsk. Dessa våtmarker förekommer naturligt och uppfyller viktiga ekologiska funktioner såsom att fungera som livsmiljö för djurliv, kontrollera översvämningsområden och renhålla vatten (Ibid.).

Konstruerade våtmarker är å andra sidan grön infrastruktur skapad av människan. De inkluderar en rad olika funktioner såsom kanaler, dräneringar, reservoarer, konstgjorda sjöar och platser för behandling av dagvatten med mera. Syftet med konstruerade våtmarker är att efterlikna funktionerna hos naturliga våtmarker och de används för ändamål såsom rening av avloppsvatten, hantering av dagvatten och skapande av livsmiljöer för olika arter (Ibid.).

Både naturliga och konstruerade stadsvåtmarker spelar en avgörande roll i urbana ekosystem genom att erbjuda en rad olika ekologiska och sociala fördelar. Dessa fördelar inkluderar bevarande av biologisk mångfald, vattenrening, möjligheter till rekreation och ökad motståndskraft mot klimatförändringar, som mer intensiv nederbörd och ett varmare klimat (Ramsar, 2013).

Stabiliteten hos våtmarker beror på deras hydroperiod, vilket är förändringen i vattenståndet över säsonger. Översvämningstid och frekvens indikerar när översvämning och mättnadseffekter är som mest påtagliga. Översvämningsspulser, plötsliga och höga vattenflöden, gynnar våtmarker genom näringsinflöde och avfallsspolning. Att förstå och respektera dessa naturliga förändringar är viktigt för våtmarkshantering, som ofta manipulerar vattennivåer utan att beakta att arter har anpassat sig till denna miljö. Vattenbudgeten, balansen mellan tillförsel och avledning av vatten, är central för att förstå våtmarksfunktioner (Scholz, 2006).

3.3 Ekosystemtjänster genom urbana våtmarker

Ekosystemtjänster som erbjuds av urbana våtmarker som grön infrastruktur underskattas och förbises ofta under de inledande stadierna av planering och design för stadsutveckling (WWT Consulting 2018). Samtidigt har behovet av att integrera grön infrastruktur i stadsmiljön blivit alltmer uppenbart. Våtmarker kan hjälpa städer att uppnå en ökad hållbarhet. Det understryker vikten i att identifiera och inkludera de mångsidiga fördelarna de erbjuder. Det är avgörande att stadsplanering och design tydligt inkluderar urbana våtmarker som naturlig infrastruktur för olika ändamål, inklusive bevarande av biodiversitet, värmereglering, dagvattenhantering och rekreation (Ibid.).

3.3.1 Värmeöeffekten

Infrastrukturer i städer som till exempel byggnader och hårdgjorda ytor absorberar och återsänder mer av solens värme jämfört med naturliga landskap eller vattendrag (EPA, 2023). Byggnaders dimensioner och avstånd inom staden påverkar också vindflödet vilket innebär minskade nedkylningseffekter. Detta skapar i sin tur områden där mycket värmeenergi lagras under dagen och långsamt frisätts under kvällen. I stadsmiljö där sådana strukturer är koncentrerade och där det finns en avsaknad av grönområden uppstår så kallade värmeöar med temperaturer som överstiger omgivande områden. I fuktiga områden, särskilt i östra USA, och i större städer med högre befolkningstäthet är temperaturskillnaderna som mest påtagliga. Forskning indikerar att värmeöeffekten från städer kommer att förstärkas framöver när stadsmiljöernas struktur, omfattning och befolkningsdensitet fortsätter att förändras och expandera (Ibid.).

Andra faktorer som fordon, luftkonditionering och industriella anläggningar avger alla värme i den urbana miljön, vilket bidrar till värmeöeffekten. Väder och hur staden ligger geografiskt kan också påverka uppbyggnad av värme. Lugnt och klart väder ökar värmeöeffektens intensitet genom att maximera solenergens påverkan på urbana ytor och minimera värmeavledningen medan starka vindar och molntäcken kan minska uppbyggnaden av värme. Geografiska faktorer, som närheten till berg, kan också påverka värmelandskapseffekten genom att blockera vind eller skapa specifika vindmönster (EPA, 2023).

Studier om urbana värmeöar i stora städer som Peking har påvisat att temperaturskillnaden mellan de tätbebyggda delarna i staden jämfört med de omgivande glest bebyggda områdena kan vara mellan 5 och 15 grader Celsius (Liu et al., 2018).

3.3.2 Nedkylningseffekt

Under perioder med höga temperaturer och klart väder minskar vegetation effektivt värmen i städer då träd och buskar skuggar omgivande ytor som mark, fasader och tak och bidrar till att sänka lufttemperaturen genom transpiration från växterna (Picot 2004). I och med att vatten har en hög specifik värmekapacitet värms vatten långsammare, vilket ger upphov till den så kallade nedkylningseffekten (Oke, 1987). Vattensamlingar som hav, sjöar floder och åar är en viktig faktor för att dämpa temperaturen under dagtid. Dock så innebär detta att vattensamlingarna kan avge värme långsamt vilket kan göra att de bidrar till uppvärmning av den omringande omgivningen nattetid (Gunawardena et al., 2017; Moyer, et al, 2017; Steenveld et al, 2014).

Det positiva med att kombinera gröna och blåa områden är att de samverkar med varandra och har möjlighet att skapa synergistisk nedkylningseffekt. Det innebär att när gröna och blåa områden finns i närheten av varandra, kan de tillsammans skapa en mer effektiv nedkylningseffekt än om de används separat (Wang et al. 2023). Till exempel kan grönområden minska den lokala temperaturen genom skuggning och avdunstning (Rahman et al., 2018; Smith et al., 2021). Blåa områden kan bidra till att kyla ned luften genom vattenånga och kyla under dagen och även dämpa uppvärmningseffekter under natten genom att absorbera värme (Spronken-Smith et al., 2000; Sun et al., 2012).

En studie genomförd av Xue et al. (2019) undersökte nedkylningseffekten hos 21 olika urbana våtmarker med hjälp av fjärranalysdata för att mäta områdets förmåga att reducera urbana värmeöar. I studien utfördes korrelationsanalyser för att undersöka sambandet mellan våtmarkers egenskaper och omgivande byggnader samt att mäta kyleffektivitetsindexen normalized cooling capability index (NCCI) och normalized cooling efficiency index (NCEI). Resultaten visade på att area, form och att de hydrologiska anslutningarna i hög grad är korrelerade till hur effektivt våtmarker kyler ner sina omkringliggande områden. Detta kan förklaras med att den hydrologiska anslutningen har potential att förstärka kylningseffekten genom att processer som förnyelse och värmeutbyte i våtmarker leder till en sänkning av deras genomsnittstemperatur. Detta leder till ökad temperaturskillnad med den omgivande miljön. Vid hydrologisk anslutning bildas även ventilerande korridorer som också bidrar till kyleffekten (Xue et al. 2019; Ameli et al 2017). Genomsnittsvärdet för NCCI för våtmarker som var anslutna till andra ytvatten var sex gånger högre än för isolerade våtmarker. En mer komplex form och en mer omfattande storlek hade en positiv inverkan på nedkylningseffekten medan byggnadstäthet och höjden på de omgivande byggnaderna hade negativ påverkan på våtmarkernas förmåga att sänka lufttemperaturen.

Vikten av att implementera våtmarker i städer för att reglera värmeöar i den urbana miljön stöds av flera studier (Xue et al. 2019; Ameli et al. 2017). Här är även planering av våtmarkerna ett viktigt steg för att få en effektiv nedkylningseffekt (Bertesaghi et al., 2018; Fan et al., 2019; Estoque 2017). Wu et al. (2021) utformade en omfattande studie för att se hur våtmarker kan utnyttjas på ett bättre sätt för att sänka värmen i städerna. Studien visar på att det finns ett ”Threshold value of cooling effect” (TVoE), när det kommer till storleken på våtmarkerna för att uppnå en betydande kyleffekt i urbana områden. Tröskelvärdet (TVoE) visar på en avtagande marginalnytta och visar på när tillväxt i våtmarkens storlek inte resulterar i en proportionell ökning av dess kylningseffekt.

Studien tyder på att TVoE varierar betydligt mellan olika regioner på grund av skillnader i lokalt klimat, stadsstruktur och grad av urbanisering. Därför är det viktigt att analysera TVoE i olika städer. TVoE är unikt för varje lokalitet och påverkar på så sätt planeringen och utformningen av våtmarker. Exempelvis är TVoE-värdena för Köpenhamn, Shenzhen, Nanning och Pearlrivierdeltat (PRD) stadsområde 1,12 ha, 5,25 ha, 0,35 ha och 0,58 ha (genomsnittligt värde) respektive, medan TVoE i Chengdu är $1,47 \pm 0,34$ ha. Studien understryker även betydelsen av mikrovåtmarker för att mildra effekterna av urbana värmeöar i områden där markresurser är begränsade.

Stad	TVoE	Stad	TVoE	Region	TVoE
Köpenhamn	1,12 ha	Nanning	0,35 ha	Pearlrivierdeltat	0,58 ha
Shenzhen	5,25 ha	Chendu	1,47 ± 0,34 ha.		

Figur 1. Sammanställning av Threshold value of cooling effect för olika städer och regioner. (Wu et al. 2021).

Wu et al. (2021) menar på att dessa tröskelvärden är viktiga att ta hänsyn till när faktorer som byggkostnader och samspel mellan kyleffekter och andra ekosystemtjänster behöver övervägas vid planering och utformning av våtmarker.

3.3.3 Våtmarker för dagvattenhantering

Klimatförändringar kommer öka de omfattande konsekvenser för samhällen och påverka ekosystemen på olika sätt. Då nederbörden kommer att öka i hela landet innebär detta en ökad risk för översvämningar. Den största ökningen förväntas ske

i norra och västra Sverige, vilka redan är nederbördsrika områden. En ökad vattenbrist och torra förväntas ske under sommaren i södra Sverige på grund av en ökad avdunstning samtidigt som skyfallen kommer öka både i antal och intensitet. En ökning i nederbörd skulle innebära en ökad belastning på städernas VA-system och risken för översvämningar skulle leda till negativa konsekvenser för bebyggelsen och annan infrastruktur i våra städer (Naturvårdsverket 2024).

Våtmarker kan konstrueras och användas som en dagvattenlösning för att temporärt lagra översvämningvatten under skeden som innebär hög avrinning och kan fungera som övergångszoner mellan land och vatten (Department of Environmental Protection, u.å). Därför utgör de ett naturligt skydd mot översvämningar av stormvatten. Träd, rötter och annan vegetation hjälper till att sakta ner vattenflödet genom att filtrera det inkommande dagvattnet. Uppbromsningen av vattenflödet påverkar vattenståndet och kan motverka erosion vid kraftiga regn (Agency of natural resources 2024).

3.3.4 Våtmarkers förmåga att rena vatten

Vid nederbörd samlar regnvatten upp en mängd olika föroreningar inklusive kemikalier, sediment och tungmetaller och leder detta till våra sjöar, vattendrag och havsområden. Denna avrinning har en betydande roll till att bidra med en spridd förorening till olika vattensystem (Martin et al. 2021). Patogener och toxiner som förekommer i ytvatten- och grundvattenavrinning utgör en omedelbar risk för människors hälsa. Fosfor och kväve är även två problematiska näringsämnen som följer med dagvattenavrinningen på grund av exempelvis jordbruk, gödningsmedel på gräsmattor och avföring från djur (Department of Environmental Protection, u.å). Dessa föroreningar kan resultera i en rad faror såsom kvävning av växtliv, fiskdöd, öka vattnets grumlighet och tillväxt av alger. Dessutom kan farligt avfall såsom insekticider, färgämnen, lösningsmedel och fordonsvätskor förgifta det akvatiska livet (Kasper & Jenkins, 2007; Malaviya & Singh, 2012). Våtmarker för behandling av dagvatten ger fördelarna med att lagra vatten och minska toppflöden, cykla näringsämnen och bryta ned organiskt material. De hjälper också till med att fälla ut metaller, separera sediment och bryta ned organiska föreningar (Martin et al. 2021).

Denitrifikation är en naturlig process som sker i våtmarken under syrefattiga förhållanden. Processen innefattar att mikroorganismer bryter ner nitrat (NO_3^-) som reduceras till kvävgas (N_2) eller kväveoxider (NO_x), vilket resulterar i att kväve avlägsnas från ekosystemet. I en våtmark sker denitrifikation främst i syrefattiga förhållanden. Denitrifikation är en viktig process för att balansera kvävecykeln och minska kväveöverskottet i våtmarker och vattenmiljöer. Det

hjälp till att minska övergödning och bidrar till att upprätthålla en hälsosam ekosystembalans (Våtmarksguiden 2020).

Fytoremediering kan beskrivas som olika tekniker för att bryta ner miljöföroreningar. Fokus inom fytoremediering har främst legat på att använda växter för att påskynda nedbrytningen av organiska föreningar och att avlägsna tungmetaller från jordar och vatten. Detta är en process som sker i rhizosfären, i samarbete med mikroorganismer (Peer et al. 2005). Utöver tungmetaller har våtmarker visat sig vara effektiva mot andra föroreningar, bland annat tillvaratagande av betydande mängder av alkylbensensulfonat (LAS). Detta är ett ämne som är vanligt förekommer i kommunalt och industriellt vatten på grund av att det frekvent används i tvätt och rengöringsprodukter. Det har även visats att de flesta ämnena i läkemedel och personvårdsprodukter (PPCPs), ämnen som hittats i floder, sjöar och reservoarer över hela världen, effektivt kan hanteras med hjälp av våtmarker (Huang et al. 2004; Kantawanichkul 2005).

Greger & Landberg (2024), är forskare vid Stockholms universitet som under 30 år har lett studier i ämnet fytoremediering och fört studier på flytande våtmarksväxter på Stockholms universitet. Under 2024 publicerade de en studie som visar på att Per- och polyfluorerade alkylsubstanser (PFAS), effektivt kan avlägsnas ifrån förorenat vatten med hjälp utav växter. Av de 18 olika arterna som var med i studien visade det sig att *Eriophorum angustifolium* (Ängsgull), *Carex rostrata* (Flaskstarr), and *Elodea canadensis* (Vattenpest) hade förmåga att ackumulera de högsta nivåerna av PFAS. Resultatet visade en korrelation mellan att en större biomassa per volym också innebär ett effektivare upptag utav PFAS i växterna. Våtmarker har dock begränsningar i förmåga att avlägsna fosfor om inte specifika material med hög sorptionskapacitet används. Detta är något som är värt att ta i beaktning om syftet är att använda våtmarken till fytoremediering (Jenssen & Krogstad 2003).

Våtmarkernas förmåga att rena vatten uppmärksammas alltmer som ett attraktivt alternativ inom avloppsbehandling. Ett exempel är Storbritanniens miljöbyrå som gör omfattande investeringar i vassbäddsprojekt i England och Wales. Dessa system är utformade för att rena gruvvatten från kolgruvor där konstruerade våtmarker och tillhörande samhällsparkar byggs (Scholz, 2006). Vassbäddar utgör ett användbart komplement till traditionella avloppsbehandlingssystem och är ofta ett kostnadseffektivt alternativ till dyra tekniker som skivfilter och aktiverade slamprocesser (Cooper et al., 1996; Kadlec och Knight, 1996). Vertikala och horisontella flödesvåtmarker baserade på jord, sand och/eller grus används för att behandla hushålls- och industriavloppsvatten (Sun et al., 1999).

Syftet med konstruerade våtmarker är, förutom det redan nämnda, att avlägsna bakterier, enteriska virus, suspenderade partiklar (SS), biokemiskt syreförbruk (BOD), kväve (främst som ammonium och nitrat), metaller och fosfor. I praktiken används vanligtvis två huvudtyper av konstruerade våtmarker: ytvattenflöde och underjordiskt vattenflöde. Ytvattenflödesvåtmarker efterliknar naturliga miljöer och är lämpliga för våtmarksarter på grund av permanent stående vatten. I underjordiska vattenflödesvåtmarker passerar vattnet lateralt genom ett poröst medium, vanligtvis sand och grus, och dessa system har oftast inget stående vatten. Konstruerade behandlingsvåtmarker kan placeras på, ovan eller under den befintliga markytan om en extern vattenkälla tillförs. Att korrekt gradera en våtmark i förhållande till lämplig höjd är viktigt för att optimera användningen av området med avseende på vattenfördelning. De flesta konstruerade våtmarker i USA och Europa använder jord- eller grusbaserade horisontella flödessystem planterade med *Typha latifolia* (Bredkaveldun) och/eller *Phragmites australis* (Bladvass). Dessa våtmarker används för att behandla urbana avrinningar, hushålls- och industriellt avloppsvatten och har även använts för passiv behandling av avrinning från gruvavfall (Scholz 2006).

Scholz (2006) skriver även om en fallstudie där våtmarkers effektivitet undersöktes när det kommer till att rena förorenat dagvatten. I studien användes olika vertikala konstruerade våtmarker innehållande *Phragmites australis* (bladvass) och olika typer av filtermedia. Av de 12 studerade filtren fick sex av dem vatten som var förorenat med metaller. Under två års tid tillsattes hydratiserad nickel och kopparnitrat till avrinningen för att efterlikna förorenat dagvatten. För de sex våtmarkerna som utsattes för tungmetaller noterades en tydlig ökning av löst nickel efter att vägsalt hade använts under den första vintern. Trots detta sågs ingen ökning av nickelkoncentrationen under det andra året, troligtvis på grund av att pH-värdet i inflödet höjdes efter det första driftåret. Den höga pH-nivån underlättade bildandet av partikulära metallföreningar, vilket förhindrade att löst nickel trängde igenom filtret. Under det andra året förbättrades effektiviteten för att reducera tungmetaller, biokemisk syreförbrukning (BOD) och suspenderat material (SS) avsevärt. Koncentrationerna av BOD var ofta 30 mg/l, vilket är under de internationella tröskelvärdena för sekundär avloppsbehandling. En minskning utav BOD skedde över tid på grund av mognad av biomassa och den ökade pH-nivån. Studien visar på vikten i att övervaka och anpassa våtmarkssystemet med till exempel pH-nivå för att upprätthålla en långsiktig effektivitet och bidra till att uppfylla vattenkvalitetsstandarder och miljömål (Scholz 2006).

3.3.5 Biodiversitet

Fragmentationen av olika våtmarker, på grund av en ökad bebyggelse, har påverkat den biologiska mångfalden negativt då det betyder att habitat till många olika djur och insekter har minskat (Hale, 2019). Att bevara och öka sammanslutningen av våtmarker värderas därför högt för att skydda biodiversiteten i urbana miljöer (Soanes, 2019). Våtmarker utgör habitat till många olika arter, allt från mikroorganismer till ryggradsdjur (Eppink, 2004). Detta inkluderar insekter, groddjur, reptiler, fåglar och däggdjur som har anpassat sig till vattenmiljöer (Verones, 2013; Herath, 2015). Nära 600 rödlistade djur- och växtarter är beroende av våtmarker som livsmiljö. Detta utgör ungefär 10 % av alla rödlistade arter i Sverige (Naturvårdsverket 2023).

Vegetationen spelar en viktig roll i våtmarkers ekosystem då de bidrar med habitat och födoresurser för ett flertal organismer (Orsholm et al., 2021). Variationen i vegetationssamhällena i våtmarker beror främst på skillnader i vattenregim, eftersom olika växtarter har olika toleransnivåer för vattennivåer. Mikrotopografisk variation, något som refererar till småskaliga variationer i terrängens höjd och form över ett relativt kort avstånd, kan öka mångfalden genom att skapa småskaliga skillnader i vattennivåer. I enlighet med 'the Intermediate Disturbance Hypothesis', en teori som föreslår att måttliga nivåer av störningar eller förändringar i ett ekosystem kan främja en hög artrikedom, kan vattenfluktuationer med låg amplitud främja samexistensen av arter genom att skapa ekologiska störningar inom tolererbara gränser (Ibid.).

Fjädermyggor, dykarbaggar och groddjur, som har akvatisk larvutveckling, påverkas av hydroperioden (Orsholm et al., 2021). Våtmarker med lång hydroperiod har oftast högre artrikedom eftersom de kan stödja arter med lång utvecklingstid. Groddjur är känsliga för fiskpredation och trivs bäst i våtmarker med medellång hydroperiod, där risken för fisk är lägre än i permanenta våtmarker. För våtmarksfåglar är vattendjup en avgörande faktor för åtkomst till födosöksmiljöer. Översvämningar kan öka födosökseffektiviteten genom att underlätta markgenomtränglighet och hålla vegetationen låg, vilket gör grunda, översvämmade områden särskilt viktiga för våtmarksfåglar (Ibid.).

Anläggande av våtmarker i urbana miljöer kan dock få negativa konsekvenser när så kallade ekologiska fällor bildas. Detta kan ske när en miljö som verkar gynnsam för en art faktiskt leder till negativa konsekvenser för dess överlevnad eller reproduktion. En våtmark som hanterar dagvatten kan locka till sig djur och i värsta fall erbjuda fel förutsättningar för djuren. När miljöförändringar som exempelvis ökad förorening sker och djur inte känner igen de som lågkvalitativa habitat kan de i stället bli ogynnsamma platser att leva på (Robertson and Hutto 2006).

Hale et al. (2019) menar att det finns tre huvudsakliga alternativ för förvaltare att hantera problem med ekologiska fällor. Det första är användningen av metoder som hybridfiltrering, djupa sumpbrunnar, avskiljningsanordningar, vegetationsfilterrensor och sandfiltrering för att minska mängden föroreningar som når miljön (Johir et al. 2010). Det andra är att göra platsen mindre attraktiv som habitat genom att designa eller modifiera våtmarken. Detta skulle kunna göras för exempelvis amfibiearter genom att skapa branta sluttningar eller borttagning av kantvegetation för att försöka få amfibier att välja andra platser för ägglossning (Egan och Paton 2004). Det tredje alternativet skulle vara att minska effekterna av våtmarker som utgör ekologiska fällor genom landskapsplanering. Detta kan innebära att skapa närliggande livsmiljöer som är mer lämpliga för djur och som inte är anslutna till miljöer som har potential att bli ekologiska fällor (Hale et al. 2019)

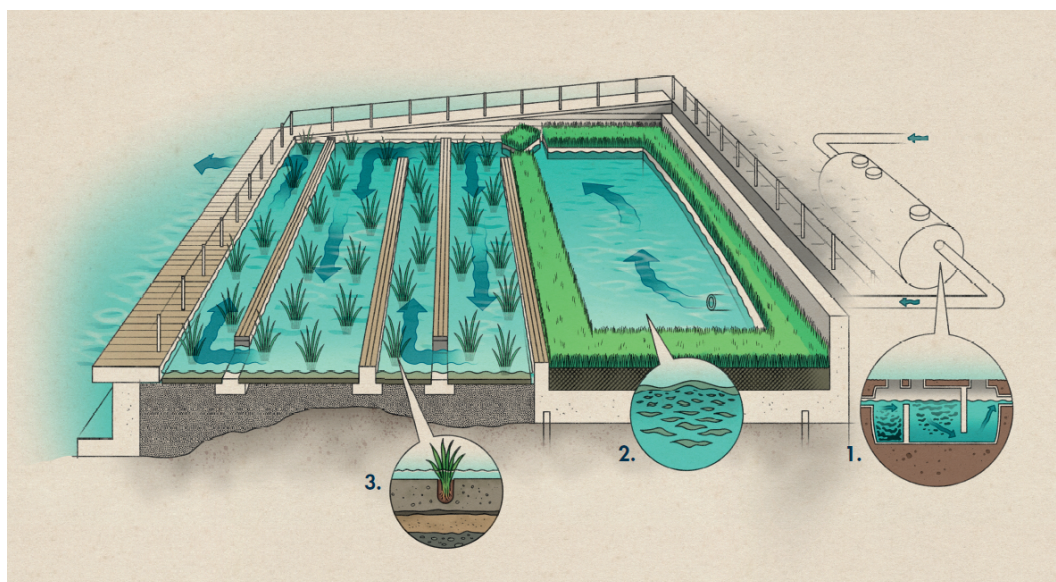
Sammanfattningsvis så kan våtmarker med funktionen som dagvattenhantering främja djurlivet i urbana miljöer (Hassall and Anderson 2015, Hill et al. 2017). Det är dock viktigt att förstå när det uppstår konflikter mellan dagvattenanläggningarnas avsedda funktion och djurens habitatkrav. Detta för att kunna veta hur riskerna ska hanteras om våtmarker agerar som ekologiska fällor (Hale et al. 2015). Våtmarker av lägre kvalitet med en minskad biodiversitet på grund av föroreningar kan fortfarande ha en viktig funktion i ekosystemet i helhet. Dessa kan exempelvis stödja nätverksstrukturer mellan områden med en högre nivå av biologisk mångfald och gynna biodiversitet på landskapsnivå (Hale, 2019).

3.4 Exempel på urbana våtmarker

3.4.1 Lugnet urbana våtmarksanläggning

I Stockholm, i Hammarby Sjöstad, går det att hitta exempel på våtmarker som används för att rena vatten, detta för att minska föroreningarna i Hammarby sjö (Stockholm vatten och avfall u.å). Vid Lugnet i Hammarby sjöstad som ligger i Stockholm finns en våtmarksanläggning som består av en damm med som är omsluten med en flytande vassbädd. Dagvattnet från närliggande gator i området leds till anläggningen och renas från ämnen som exempelvis fosfor, kväve, koppar och zink och minskar på så sätt miljöbelastningen i Hammarby sjö. Våtmarken har en area på 1100 kvadratmeter och är uppdelad i sektioner där växter planteras i en bädd av singel. Denna design möjliggör att växterna absorberar näringsämnen som fosfor och kväve från vattnet. Dessutom fungerar blommande våtmarksväxter som viktiga källor för pollen och nektar för en mängd olika insekter och pollinatörer. Vissa av dessa växter har även renande egenskaper, medan andra har valts för sin estetiska funktion (Ibid.).

I det första steget när dagvattnet når dammen passerar det genom en oljeavskiljare, där olja och andra föroreningar avlägsnas från vattnet. Vid kraftiga regn kan vissa delar av dagvattenflödet omledas för att undvika överbelastning av oljeavskiljaren. Oljeavskiljaren rensas regelbundet av en spol- och sugbil. Sedan sker en sedimentering där partiklar såsom fosfor, kväve och tungmetaller avlägsnas från dagvattnet i dammen. De grövre partiklarna sjunker till botten i den första delen av bassängen, medan det krävs en längre sedimenteringsprocess för de mindre partiklarna. Efter dammen passerar vattnet genom en grund våtmarksyta uppdelad i sektioner, där växter planterade i en bädd av singel naturligt renar eventuella kvarvarande föroreningar innan vattnet når Hammarby sjö (Stockholm vatten och avfall).



Figur 2. Illustration över Lugnets urbana våtmarksanläggning. (Stockholm Vatten och Avfall u.å).

3.4.2 Qiaoyuan Park

Ett annat exempel på hur urbana våtmarker kan integreras i staden är Qiaoyuan Park i staden Tianjin, i Kina, där ett övergivet område som tidigare använts som skjutbana och soptipp har omvandlats till en hållbar park (World-architects). Årtionden av stadsutveckling förstörde det som tidigare var ett kustnära slättlandskap som var rikt på olika våtmarkslandskap. Återuppbyggnaden av Qiaoyuan Park är en del av ett miljöförbättringsprogram i Tiranjin för att främja miljörestaurering med hjälp av mer hållbara metoder. Området som sträcker sig över 22 hektar ligger i Hedong-distriktet, ett av stadens äldsta distrikt och omfattas av en befolkning på cirka 858 000. Dagvattnet som flödade in på området gjorde att marken och vattnet förorenades, vilket resulterade i att endast ett fåtal poppel- och pilträd överlevde på platsen (Ibid.).

Syftet och utmaningen med projektet var att förnya ekologiska processer med hjälp av det lokala landskapet, att mildra föroreningar i mark och vatten och att låta platsen anpassa sig och utvecklas naturligt. Genom att anlägga en palett med olika våtmarksmiljöer var tanken att detta skulle främja den biologiska mångfalden, reparera förorenade jordar, erbjuda rekreation och hantera urbant dagvatten med hjälp av naturliga processer (Ibid.).

Först omformades platsen för att skapa dammar med varierande djup för insamling, lagring och behandling av dagvatten. Inert avfall på platsen återanvändes som fyllnadsmaterial för att skapa topografi. Totalt skapades 21 dammar, var och en med en diameter som varierade mellan 20 och 40 meter, med olika djupvariationer. De olika fuktnivåerna och pH-värdena i varje damm resulterade i mikromiljöer som rör sig från våtmarker till våta prärier och gräsmarker (Ibid.).

De olika växtsamhällena såddes med olika blandningar av fröer för att gynna de varierande miljöerna. Den dynamiska designen av grönområdet tillåter växtarter att naturligt anpassa sig och förändras över tiden, vilket möjliggör en naturlig cykel av tillväxt, pollinering, reproduktion och nedbrytning av växter och näringsämnen. Gångvägarna som skapar förbindelser mellan de olika delarna i parken gör att besökare enkelt kan ta del av landskapet och få ny kunskap kring olika växtarter, de ekologiska fördelarna och de olika naturliga processerna. Detta gör att parken får ett stort värde när det kommer till att skapa en hållbar utvecklingen för staden

och ger en plats där invånarna kan ta del av de rekreationella värdena och de positiva hälsoeffekterna som restaureringen har inneburit (World-architects).



Figur 3. Överblicksbild över Qiaoyuan Park. (Commons.wikimedia 2021).

4. Fallstudie

4.1 Nässjö kommun

Nässjö är en kommun i Jönköpings län och ligger i de norra delarna av Småland, på det som kallas för det småländska höglandet. 1971 ägde en kommunreform rum som innebar en sammanslagning av Nässjö stad, Bodafors Köping samt landskommunerna Forserum, Solberga, Malmbäck och Norra Sandsjö. År 2021 hade Nässjö kommun lite över 31 700 invånare, där cirka 18 000 av invånarna bor i centralorten i Nässjö (Nässjö kommun 2023).

Berggrunden i Nässjö domineras av graniter och sedimentära bergarter som sandsten och lerskiffer. Landskapet består mestadels av moränjordar som till 70 % täcks av bland- och barrskog. I sprickdalarna finns smala långsträckta sjöar som omges av rullstensåsar, plataer, deltan och dödisgropar. Områdena i den sydvästra, nordvästra och nordöstra delen av kommunen präglas av små kullar och berg, vilket ger landskapet en något högre komplexitet jämfört med andra områden. Den centrala och norra delen av kommunen karaktäriseras av ett flertal småsjöar som finns i landskapet. Den västra delen är den mest nederbördsrika och omfattar många myrar medan de sydöstra och nordöstra delarna av kommunen kännetecknas av utsträckta landskap och större jordbruksområden med betydande kulturvärden (Ibid.).

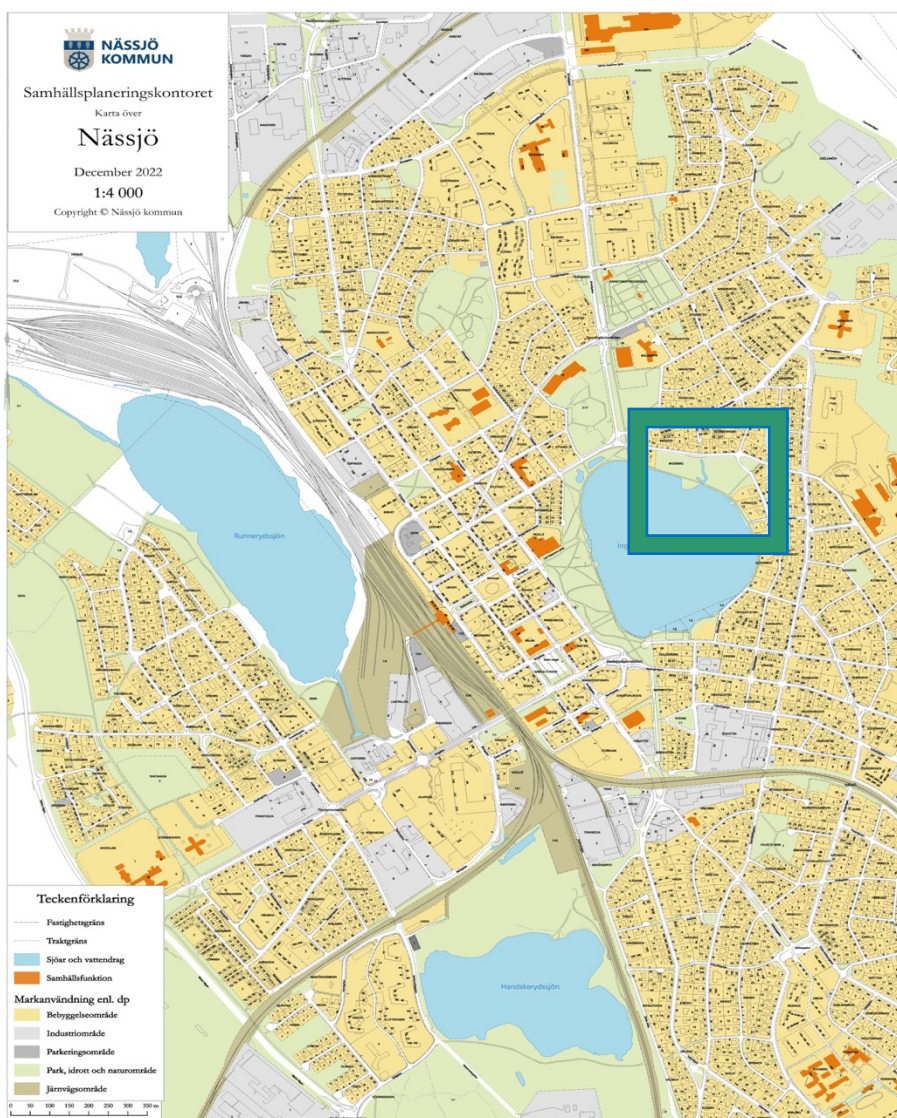
Enligt prognoser sammanställda av Länsstyrelsen i Jönköpings län förväntas klimatet genomgå förändringar som kommer att påverka livet och utvecklingen i Nässjö kommun. Dessa förändringar innebär att det förmodligen kommer att bli varmare och att de kommer falla mer intensiva regn samtidigt som somrarna blir torrare i framtiden. Denna analys utgör grunden för att anpassa samhällsplaneringen och utvecklingen av Nässjö kommun för att möta de kommande klimatförändringarna (Ibid.).

I kommunens översiktsplan understryks vikten i att reglera sjöar och vattendrag så att vatten behålls i landskapet. Eftersom Nässjö kommun ligger högst upp i

avrinningsområdet sprids föroreningar till närliggande vattendrag och orsakar problem i andra recipienter. I planen finns även miljömål som innebär att sjöar och vattendrag ska bevara landskapets ekologiska värden, den naturliga mångfalden och de kulturella värdena samtidigt som förutsättningar för friluftsliv ska bevaras och förvaltas. I tätorterna är de problem som uppstått på grund av översvämningar relaterade till intensiva regnfall konsekvenser av att dagvattensystemet har nått sin kapacitet och att markytan i stället fått ett överskott av dagvatten. För att minska risken för sådana händelser finns det därför motiv att skapa ytliga rinnvägar, något som ska ske i samband med detaljplaneläggningen (Nässjö kommun 2023).

4.2 Val av plats

I och med detta examensarbete har en överblick gjorts för att lokalisera var det finns lämpliga platser för att göra en mindre anläggning av en urban våtmark i centralorten i Nässjö kommun. Detta har gjorts i syfte att undersöka var någonstans i staden det finns potential att utveckla en hållbar dagvattenhantering och öka de biologiska värdena på platsen. Även om staden har ett flertal småskaliga grönområden blev detta dock en stor utmaning på grund av olika anledningar som tillgängligt utrymme, konkurrerande markanvändning, topografi, avrinningsmönster med mera. En möjlig plats hittades nordöst om Ingsbergssjön då den möter flera av de behov och kriterier som behövs för att en urban våtmark ska kunna anläggas och gynna platsen. Platsen ligger låglänt och har kontinuerlig tillgång till vatten ifrån Ingsbergssjön samtidigt som den kan bidra med ekosystemtjänster som dagvattenhantering, ökad biodiversitet och rekreationella värden.



Figur 4. Karta över Nässjö kommun. (Lantmäteriet 2024).

4.3 Ingsbergssjön

4.3.1 Ingsbergssjöns historia

Den första stadsbebyggelsen i Nässjö växte fram mellan Järnvägen och Ingsbergssjön under 1860-talet. I och med att samhället växte påverkades sjön av närliggande industrier som exempelvis Nässjö bryggeri och andra utsläpp av latrin, avloppsvatten och dagvatten. I slutet av 1800-talet anlade källmästaren Carl Pettersson en stadspark som gränsar till Ingsbergssjön i stadens centrala delar (Nässjö 2019). För att försöka möta det avtagande intresset under 1940- och 50-talet infördes djur i parken. Med bland annat apor från Indien, pingviner som simmade i sjön, ejdrar samt utländska and- och gåsarter blev stadsparken nu i stället ett populärt utflyktsmål. Samtidigt som park tillkom anlades även ett kallbadhus som Nässjö municipalsamhälle tog över 1904 och flyttade till Handskerydssjön, där vattnet ansågs lämpligare för bad. Nässjö expanderade kraftigt från 1950-fram till 1970-talet, vilket betydde att många vägar och andra hårdgjorda ytor anlades samt att dagvattennätet byggdes ut (Ibid.).

4.3.2 Ingsbergssjön i dagsläget

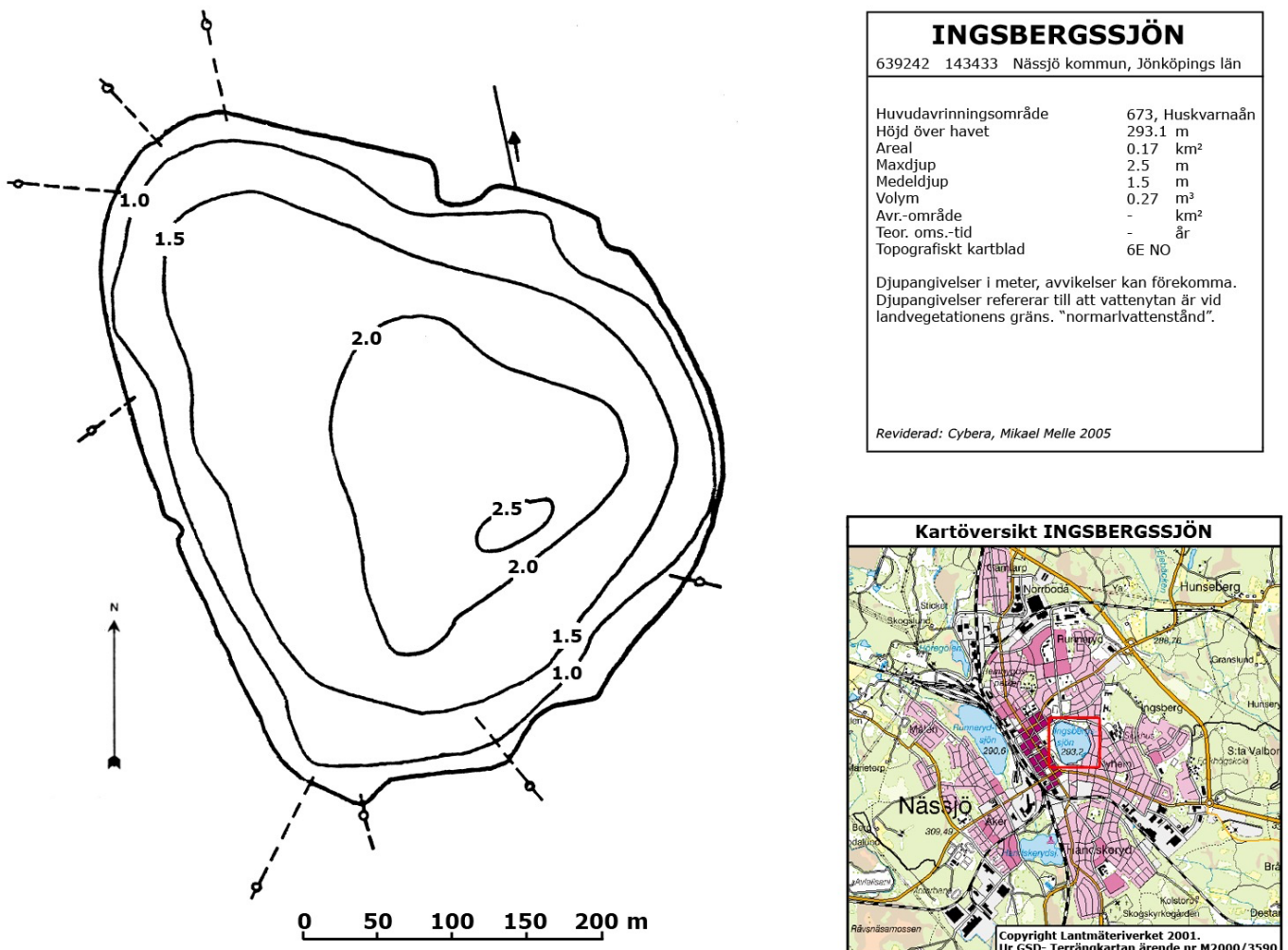
Idag kan besökarna njuta av ett vackert promenadstråk runt Ingsbergssjön där det finns tillgång till en sortimentsträdgård, minigolfbana, lekplats och musikscen (Nässjö 2019). Sjön täcker en yta på 17 hektar och innehåller cirka 263 000 kubikmeter vatten (Nässjö 2013). Inflödet till sjön består av dagvatten från nio inlopp och har ett utlopp som leder vidare till Emån, vilken är det största vattendraget i östra Småland. Ingsbergssjön är övergödd på grund av det näringsrika och förorenade dagvattnet som rinner in, vilket har negativ påverkan på både flora och fauna. Detta har resulterat i att ett tjockt lager av sediment har bildats på botten, vilket skapar frisättning av näringsämnen vid omröring. Eftersom sjön är viktig som rekreationsområde är det av betydelse för Nässjö kommun att bevara en god vattenkvalitet. Därför har flera åtgärder genomförts för att bekämpa igenväxning och algblomning såsom nyplantering av växter (exempelvis vattenpest), reduktionsfiske och sedimentationsdammar har anlagts (Ibid.).

Nässjö kommun har sett över andra potentiella åtgärder så som muddring av sjön för att få bort bottensedimentet, dock kan detta vara en mycket kostsam åtgärd. En annan åtgärd som setts över är anläggning av meandrande slingor intill sjön för att öka självreningsegenskaperna genom sedimentation av partiklar för att rena vattnet innan det når sjön (Ibid.).

Tidigare har även föroreningsmängderna i olika områden i Nässjö kartlagts i och med Emåprojektet. Syftet var att analysera de olika dagvattenområdena inom

Emåns avrinningsområde för att senare kunna göra åtgärdsinsatser för att reducera föroreningsmängderna som hamnar i Emån. I rapporten uppskattas mängderna av följande föroreningar i dagvattnet: kemisk syreförbrukning (COD), kväve, fosfor, bly, koppar, zink, SS (suspenderat material) och olja (Tholén et al., 2000).

Det finns fem samhällen inom Nässjö kommun som har separata dagvattensystem som mynnar inom Emåns avrinningsområde. Dessa samhällen är Nässjö, Bodafors, Sandsjöfors, Grimstorp och Stensjön. Det område som denna studie valt att titta närmare på är ett av de områden som i rapporten var ett så kallat "Hotspot", ett område som tar med sig mycket föroreningar till Ingsbergssjön som senare tar sig till Emån (Ibid.).



Figur 5. Karta över Ingsbergssjön. (Nässjö kommun 2013).

4.3.3 Skyfallskartering vid Ingsbergssjön

En skyfallskartering identifierar områden där kraftig nederbörd kan leda till ansamling av vatten och därmed utgöra en risk för översvämningar i ett område. Genom att analysera de potentiella skyfallen går det att utarbeta en strategisk plan för att identifiera sårbara områden och förebygga för potentiella framtida översvämningar (SMHI 2022). I uppdrag från Länsstyrelsen i Jönköping har WSP utfört en skyfallskartering över Nässjö kommun för att identifiera de områden som riskerar översvämning vid större skyfall.

WSP har valt att modellera ett skyfall med en varaktighet på 6 timmar och en klimatfaktor på 1,4 för Nässjö. Klimatfaktorn på 1,4 indikerar att regnet representerar ett framtida scenario med betydligt större nederbördsmängder än vad som är vanligt i dagens klimat. I det här fallet har de valt att simulera ett CDS-regn vilket innebär att de använt sig av olika blockregn med varierande intensitet och längd för en specifik återkomsttid (WSP 2022).

Den totala nederbördsmängden som WSP simulerade i skyfallet blev 118 milimeter med avdrag för ledningsnätet, vilket resulterar i extrema mängder dagvatten att hantera. Regnet som har simulerats bör betraktas som en referenspunkt för nederbördssituationer och inte tas som en exakt representation av verkligt regn. Intensiteten och varaktigheten av regnet kan variera avsevärt både över tid och rum, vilket gör det nödvändigt att tolka simuleringen som en dimensionerande måttstock snarare än en exakt prognos. En grov uppskattning var möjlig att göra utifrån denna skyfallskartering. Det visade sig att det kan ackumuleras runt 4000 kubikmeter dagvatten över ett avrinningsområde på 19 000 m² vid ett sådant extremt scenario (Ibid.).

5. Resultat

5.1 Utformning av våtmarksområdet

I den här studien har ett förslag på utformning av ett våtmarksområde norr om Ingsbergssjön, som en dagvattenlösning för avrinningsområdet, tagits fram. Genom att kombinera zoner med olika växtlighet och vattenförhållanden går det att skapa en dynamisk och produktiv miljö som gynnar både människor och naturen. Området är totalt cirka 0,7 hektar vilket motsvarar ungefär en fotbollsplan. Tanken med våtmarksområdet är att skapa kapacitet att lagra dagvatten, öka den biologiska mångfalden i området och minska utsläpp av föroreningar till och från Ingsbergssjön. Samtidigt kan våtmarksområdet ge rekreativsmöjligheter till människor och i pedagogiskt syfte öka miljömedvetenheten.

5.1.1 Inloppszon

I inlopps-zonen är tanken att den tätare växtligheten vid inloppen ska fungera som en naturlig filterbarriär och fånga upp skadliga partiklar, näringsämnen och föroreningar som kommer med inflödet av vatten från Ingsbergssjön (Agency of natural resources 2024). En del av föroreningarna kan sedan brytas ner med hjälp av mikroorganismer och absorption av vegetationen. Detta för att bidra till en förbättrad vattenkvalitet i recipienten och för att motverka att föroreningar sprider sig till andra vattendrag. Den tätare växtligheten vid inloppen kan även fungera som skyddszon för vattenlevande organismer, vilket ger en fristad för fiskar, amfibier och andra vattenlevande arter (Orsholm et al., 2021).

5.1.2 Zon med stående vattenyta

En stående vattenyta är gynnsam för biodiversitet genom att erbjuda livsmiljöer och resurser för en mängd olika organismer, från små mikroorganismer till större fiskar, fåglar amfibier och blötdjur (Orsholm et al., 2021). Den permanenta ytvattenzonen längre in i våtmarken fungerar som en reservoar som kan lagra vatten över tid. Detta kan bidra till att minska risken för översvämningar genom att absorbera och sakta frigöra vatten till omgivande områden under perioder av höga vattenflöden (Department of Environmental Protection u.å). Den permanenta vattenytan kan

också förbättra vattenkvaliteten genom att partiklar kan sjunka och sedimenteras på botten och på så sätt förhindra spridningen av förorening från recipienten (Scholz 2006).

5.1.3 Översvämningszon

Runt om våtmarken finns torra våtmarkzoner som har syftet att minska risken för översvämnningar genom att kunna magasinera dagvatten och minska hastigheten på vattenavrinningen (Department of Environmental Protection u.å). Detta bidrar till att minska belastningen på vattenledningssystemet under kraftigare regn vilket bidrar till att skapa en hållbar dagvattenhantering (Naturvårdsverket 2023). Genom att leda dagvattnet genom den torra våtmarkszonen kan partiklar och föroreningar avskiljas och avlägsnas innan vattnet når den stående vattenytan, vilket bidrar till förbättrad vattenkvalitet (Agency of natural resources 2024). Den torra våtmarkszonen skapar också fler alternativ till habitat för olika mikroorganismer och djurarter och kan därigenom öka den lokala biologiska mångfalden (Feuerbach 2019). I förslaget har de torra våtmarkszonerna en area på cirka 3000 kvadratmeter totalt. Om dessa skulle ha en låglinje längs mitten på botten skulle medeldjupet uppskattningsvis vara 50 procent med tanke på eventuella sluttningar i konstruktionen. Om maxdjupet är en meter har dessa en möjlighet att magasinera 1500 kubikmeter dagvatten. Detta motsvarar 38 procent av den totala mängden dagvatten som hade ackumulerats i det beräknade området i den skyfallskartering som utfördes i Nässjö kommun. Vattnet kan sedan ledas vidare till zonen med stående vattenyta som har kontakt med Ingsbergssjön och utloppet.

5.1.4 Vegetation

Beroende på vattendjup och fuktighetsgrad kan våtmarken delas in i olika zoner (Veg Tech 2010). I fuktzonen (strandäng) trivs bland annat knapptåg (*Juncus conglomeratus*), veketåg (*Juncus effesus*) och förgetmigej (*Myosotis scorpioides*). I sumpzonen (0-20 cm vattendjup), som utgörs av gränsområdet mellan vatten och land, hittas exempelvis bladvass (*Phragmites australis*), vasstarr (*Carex acuta*), jättegröe (*Glyceria maxima*), gul svärdsilja (*Iris pseudacorus*) och säv (*Shoenoplectus lacustris*). I grunt vatten (20-40 cm djup) gillar bredkaveldun (*Typha latifolia*), bladvass (*Phragmites australis*) och igelknopp (*Sparganium erectum*) att växa. På djupt vatten hittas bland annat näckrosor (*Nymphaea*) (Ibid.).

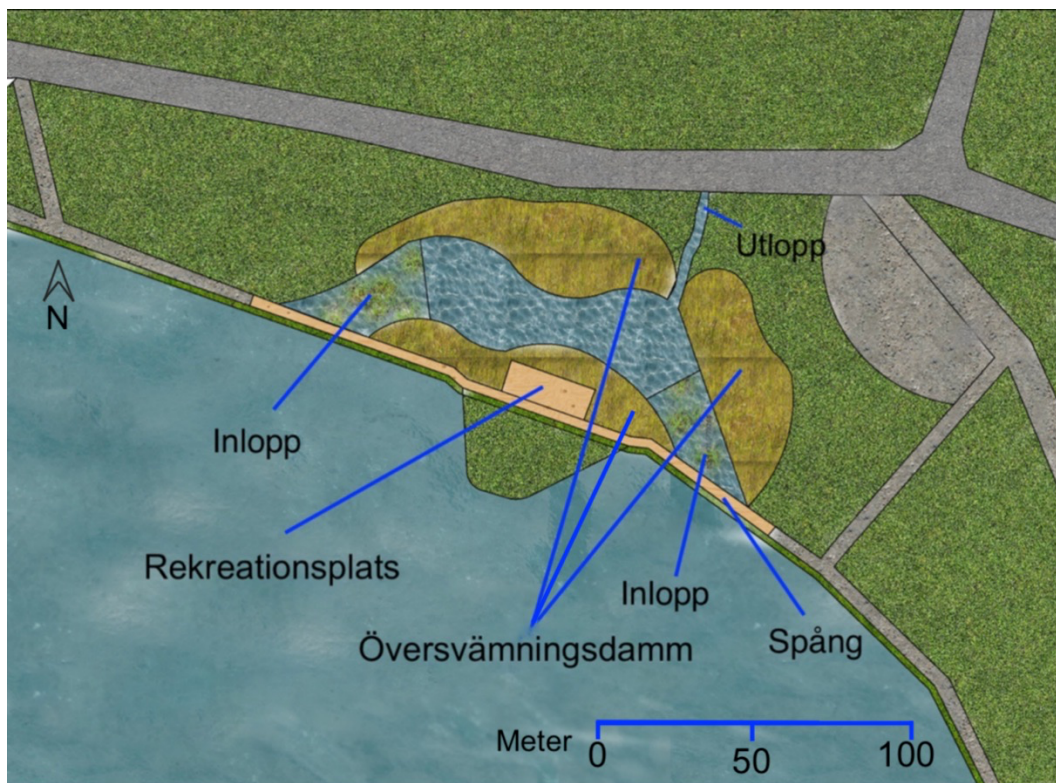
För att uppnå optimal funktion i en dagvattenanläggning bör man sträva efter täta bestånd av övervattensväxter, men dessa bör inte vara så täta att de hindrar vattnets framkomlighet (Våtmarksguiden 2020). Undervattensvegetation är också viktig eftersom den syresätter vattenmassan i djupare delar och fungerar som ett filter. Utloppsområdet bör helst ha täta bestånd av övervattensväxter som kan fungera som partikelbroms och filter. Vegetationen bör vara strategiskt fördelad för att hjälpa till att sprida ut vattnet så att hela anläggningens ytor nyttjas effektivt. Dessutom är det viktigt att ta hänsyn till antalet skuggande träd eftersom beskuggning kan minska växtligheten i vattenmiljön (Ibid.).

Att anlägga våtmarksvegetation kan vara en effektiv strategi för att förbättra vattenkvaliteten och främja biologisk mångfald i våtmarksanläggningar (Våtmarksguiden 2020). Genom att välja lämpliga växter kan man skapa ett balanserat ekosystem som gynnar både växt- och djurliv. Vegetation som bladvass (*Phragmites australis*), rörflen (*Phalaris arundinacea*), jättegröe (*Glyceria maxima*) och jättestarr (*Carex riparia*) med andra våtmarksarter kan absorbera föroreningar som exempelvis tungmetaller och klorid samt näringsämnen som kväve och fosfor från vattnet. Detta hjälper till att minska övergödning i sjöar och vattendrag (Greger och Schück 2021).

Växterna bidrar till stabilisering av marken vilket motverkar erosion och binder sediment så att det inte förs bort föroreningar vid höga vattenflöden (Våtmarksguiden 2020). De bidrar även med syretillförsel ner till sedimentet med rotsystemen vilket gynnar livet för vattenlevande organismer samt hjälper till att upprätthålla vattenkvaliteten (Ibid.). Växter som gul svärdsilja (Yellow Iris), näckrosor (Water Lilies) och kabbeleka får estetiskt tilltalande blommor som gynnar pollinatörer (Rikare tädgård 2021).

Det är viktigt att ta hänsyn till svårigheterna och problematiken som förvaltandet av vegetationen kan innebära. Vissa våtmarksarter har en mer aggressiv tillväxt än

andra växter vilket kan skapa konkurrens och minska mångfalden i området (Våtmarksguiden 2020). Detta kan även leda till att ljus inte når ner till vattnet, vilket kan påverka fotosyntesen hos andra växter och organismer. Växter som har en tät tillväxt som andmat (Lemna minor) har en tendens att täcka vattenytan om den får föröka sig fritt. Detta kan resultera i att förhållandena i vattnet blir syrefattiga och kan ge en negativ påverkan på de djur och växter som lever i vattnet (Ibid.).



Figur 6. Förslag på våtmark i Nässjö tätort. Illustrerad av Emanuel Golé Lindh.

5.1.5 Rekreatiomsområde

Att öka de rekreationella värdena ytterligare på platsen kan göras genom att anlägga ett lättillgängligt trädäck i våtmarksområdet för besökare att använda som rastplats. Detta i syfte att skapa en plats som möjliggör ett ökat friluftsliv, då våtmarker är populära naturområden att besöka för exempelvis återhämtning och fågelskådning (Naturvårdsverket 2023). Här kan också olika skyltar förklarar syftet med anläggningen för att öka naturpedagogiken och engagemanget kring miljö och hållbar utveckling.

5.1.6 Kostnader

Kadlec & Wallace (2009) har tagit fram en ekvation för att grovt beräkna konstruktions- och driftskostnader för våtmarker som anläggs i syfte att ta hand om dagvatten. Detta har baserats på kostnader från 84 olika våtmarker som haft en area mellan 400 kvadratmeter och 10 hektar (U.S Enviromental Protection Agency 2021). Ekvationen de utvecklade är följande:

$$C = 479A^{0.69}$$

C = kostnaden i tusen dollar

A = våtmark i tunnland (0,4 hektar)

Används ekvationen på en våtmark utformad med en area på 0,7 hektar som i det här projektet hade utgiften för konstruktionen blivit ca 1 000 000 dollar omvandlat till dagens valuta, vilket motsvarar ca 10,6 miljoner svenska kronor (in2013dollar). Kostnaden för förvaltning beror på exempelvis vegetationens täckningsgrad och hur eventuella rörledningar är strukturerade (U.S Enviromental Protection Agency). Detta kan grovt uppskattas till cirka 1500 dollar årligen per tunnland i dagens valuta, vilket motsvarar cirka 10 500 svenska kronor.

6. Diskussion

Detta examensarbete har undersökt möjligheten att implementera en urban våtmark i centralorten av Nässjö kommun för att hantera dagvatten, öka den biologiska mångfalden och förbättra vattenkvaliteten. Genom en analys av områdets geografiska och hydrologiska förutsättningar har en placering och utformning av våtmarksområdet föreslagits för att för att skapa en hållbar dagvattenhantering kring Ingsbergssjön. Diskussionen nedan tar upp några centrala aspekter och implikationer av studiens resultat.

6.1 Resultatdiskussion

Först och främst är det viktigt att beakta de klimatförändringar som förväntas påverka Nässjö kommun och Sverige i helhet (Nässjö kommun 2023). Detta är avgörande för att anpassa samhällsplaneringen och den hållbara utvecklingen av staden. Den ökande risken för intensiva regnfall och översvämningar kräver strategier för att hantera dagvatten och minska negativa konsekvenser för samhället (Ibid.). Genom att integrera gröna och blå infrastrukturer, såsom urban våtmark, i stadsplaneringen kan man skapa hållbara lösningar för dagvattenhantering samtidigt som man förbättrar den lokala miljön och ökar stadens resiliens mot klimatförändringarna som ökad nederbörd och värmeöar som uppstår på grund av ett varmare klimat (WWT Consulting 2018).

Historien och nuvarande tillståndet för Ingsbergssjön ger en inblick i de utmaningar och problem som staden står inför när det gäller att förebygga översvämningrisker och förbättra den nuvarande vattenkvaliteten i kommunens recipienter och vattendrag (Nässjö 2013). Övergödning och föroreningar från dagvattnet påverkar både flora och fauna negativt och kan minska värdet på rekreatiomsområdet vid Ingsbergssjön (Ibid.). Genom att genomföra åtgärder som minskar föroreningar och förbättrar sjöns självreningsegenskaper kan vattenkvaliteten förbättras. Detta kan göras genom absorption och filtrering av föroreningar med hjälp av våtmarksvegetation, denitrifikation och nedbrytning av oönskade ämnen från mikroorganismer och våtmarkszoner som sedimenterar föroreningar (Martin et al. 2021). Detta för att säkerställa vattenkvaliteten i Ingsbergssjön samt minska

utsläppen som sker till andra recipienter och vattendrag som orsakas av en dagvattenhantering som i dagsläget inte är hållbar.

Det som dock behöver tas i beaktning är förändringar som kan ske i våtmarksmiljön, såsom habitatförändringar på grund av ökade halter föroreningar som ackumuleras från dagvattnet (Hale et al. 2019).

Detta kan göra att våtmarken blir mindre attraktiva eller till och med ogynnsamma platser för djuren som lockas dit och använder platsen som habitat. Det är därför avgörande att noggrant överväga utformningen och förvaltningen av våtmarker för att minimera risken för ekologiska fällor och säkerställa att de verkligen gynnar den biologiska mångfalden på lång sikt (Ibid.). Detta kräver därför kontinuerlig uppföljning av anläggningen för att säkerställa att den inte blir skadlig för de djur som använder det som habitat.

Något som är viktigt att ta hänsyn till är kostnader för konstruerandet och förvaltningen av en urban våtmark (U.S Environmental Protection Agency 2021). Det krävs betydande resurser och engagemang för att planera, bygga och underhålla en våtmarksanläggning, vilket kan vara en utmaning för många kommuner (Ibid.). Det kommer behövas kontinuerliga skötselåtgärder i vissa delar av våtmarken för att den inte ska växa igen och för att motverka att vegetationen konkurrerar ut varandra och på så sätt minskar den biologisk mångfalden (Våtmarksguiden 2020). Detta är nödvändigt för att förhindra att vegetationen sprider sig för omfattande och skapar problem som exempelvis syrebrist i Ingsbergssjön, vilket tidigare har varit ett problem (Nässjö 2013). Här behöver de ekonomiska aspekterna övervägas med de behov som finns. Om vi utgår från beräkningarna som presenterats tidigare i det här examensarbetet innebär anläggningen av urbana våtmarker en större konstruktionsskostnad med en förhållandevis liten förvaltningskostnad. Genom att våtmarker inte kräver energi för att drivas minskar våtmarker på så sätt behovet av ekonomiska resurser för underhåll och drift. Detta kan leda till lägre kostnader för samhället och mindre behov av investeringar på lång sikt.

Vid området norr om Ingsbergssjön finns idag ett trädbestånd som består av oxel, vitpil, björk, skogslönn, rödek, klibbal, björk och asp. I och med att trädbeståndet har ett ekologiskt värde finns det anledning att försöka integrera träden så mycket som möjligt i våtmarksanläggningen (Somarakis et al., 2019). Flera av träden står redan fuktigt längs med utloppet och träd som vitpil, björk, klibbal och asp trivs i fuktiga miljöer och hade kunnat anpassa sig till våtmarkens ekosystem.

När det gäller behovet av att anpassa våtmarkens utformning och storlek till specifika lokala förhållanden och behov är det viktigt att ta hänsyn till lokala faktorer såsom klimat, topografi och markanvändning för att gynna våtmarkens

effektivitet och funktion. Här behöver även platsens behov av olika ekosystemtjänster identifieras och övervägas i planeringen av den urbana våtmarkens konstruktion. Detta eftersom ekosystemtjänster som till exempel nedkylning av värmeöar och ökning av biodiversitet korrelerar olika beroende egenskaper som area, form, topografi och hydrologiska förhållandena i den urbana våtmarken.

I litteraturstudien har de två exemplen på våtmarker som integrerats i stadsmiljö olika skalor och anlagts i olika syften för att bidra med funktioner i den urbana miljön. Anläggningen i Hammarby sjöstad har anlagts i liten skala i syfte att rena dagvattnet i avrinningsområdet innan det når Hammarby sjö medan våtmarken i Qiaoyuan Park har anlagts i stor skala i syfte att vara en park för rekreation och motverka översvämningar. Anläggningsförslaget i Nässjö ligger mellan de två förslagen i skala och bidrar med funktioner från båda exemplen som rening av dagvatten, hantering av översvämningar och en plats för rekreation.

Utifrån litteraturstudierna, de exempel som visat på våtmarker som en fungerande och effektiv dagvattenhantering samt med konsultationen från Nässjö kommun verkar ett förslag om en urban våtmark vid Ingsbergssjön som en hållbar och effektiv lösning för att hantera dagvatten och främja biologisk mångfald i det centrala stadsområdet i Nässjö kommun. Dessa exempel visar att våtmarker kan anpassas till olika skalor och syften beroende på specifika behov och kontext i urbana miljöer.

6.2 Metoddiskussion

I denna studie användes huvudsakligen QGIS för att analysera urbana våtmarker i Nässjö stad, inklusive grönområdet runt Ingsbergssjön. QGIS visade sig vara ett intuitivt och användarvänligt verktyg, även för någon med begränsad erfarenhet av GIS-programvara. Initialt var vissa data svår att tolka, vilket krävde ytterligare bearbetning och konsultation med Nässjö kommun.

I och med att det under arbetets gång inte funnits möjlighet att vara på plats i Nässjö har bilder, kartor och dokument som beskriver Ingsbergssjön och de grönområden som omgärdar sjön nyttjats. Att besöka Ingsbergssjön skulle ha varit fördelaktigt för att erhålla en mer ingående förståelse av platsen. Genom att fysiskt närvara vid sjön skulle ännu mer detaljerade observationer av topografi, vegetation och vattenflöden kunnat genomföras. Detta hade möjliggjort en mer nyanserad bedömning av lämpliga platser för våtmarksanläggningar i Nässjö kommun samt

förståelse för hur våtmarkerna skulle kunna integreras i den befintliga miljön på bästa sätt.

Beslutet att inte inkludera data om värmeöar i examensarbetet grundades i att de naturliga elementen på platsen, såsom grönområden och närvaron av vatten effektivt kyler ner området i dagsläget. De gröna områdena bidrar till att absorbera och avleda värme, medan närvaron av vatten, såsom sjön själv, ger naturlig svalka genom avdunstning. Då det inte finns någon risk för att värmeöar ska uppstå vid området, låg fokus istället på att presentera data som visar på platsens behov av dagvattenhantering.

Det hade varit intressant att fördjupa sig i något program som exempelvis ”InVEST” vilket är en mjukvara som analysera olika ekosystemtjänster såsom vattenrening, biologisk mångfald, kolbindning och rekreationsvärden och avväger de olika alternativ enligt olika modeller i programmet. Detta hade förmodligen skapat mer konkret statistik på vilka fördelar och nackdelar en anläggning av urban våtmark hade gett baserat på mer ingående data. Dock innebär detta en mer omfattande datainsamling. Därför hade det behövts avsättas mer tid till att lära sig programmets funktioner och söka efter relevant data.

Referenser

- Agency of natural resources (2024) *Wetland functions and values: Water storage for flood water and storm runoff*.
<http://dec.vermont.gov/watershed/wetlands/functions/storage>. [01-05-2024]
- Alikhani, S., Nummi, P. & Ojala, A. (2021). Urban Wetlands: A Review on Ecological and Cultural Values. *Water*, 13 (22).
- Ameli, A. A., Creed, I. F. (2017) Quantifying hydrologic connectivity of wetlands to surface water systems, *Hydrology and Earth System Sciences*. 21, 1791–1808. <https://doi.org/10.5194/hess-21-1791-2017>.
- Bartesaghi, K.C., Osmond, P., Peters, A. (2020). Evaluating the cooling effects of green infrastructure: a systematic review of methods, indicators and data sources. *Solar Energy*.
- Croci, E. and Lucchitta, B. (2021) *Nature-Based Solutions for More Sustainable Cities*. Emerald Publishing Limited.
<https://www.perlego.com/book/2622492/naturebased-solutions-for-more-sustainable-cities-pdf> [16 April 2024].
- Cooper, P.F., Job, G.D., Green, M.B., Shutes, R.B.E. (1996) *Reed Beds and Constructed Wetlands for Wastewater Treatment*. WRc, Swindon, UK.
- Department of Environmental Protection (u.å). *NJ stormwater best management practices manual* <https://dep.nj.gov/stormwater/bmp-manual/> [01-05-2024]
- Egan, R. S., & Paton, P. W. (2004). Within-pond parameters affecting oviposition by wood frogs and spotted salamanders. *Wetlands*, 24, 1–13.
- Estoque, R.C., Murayama, Y., Myint, S.W. (2017). Effects of landscape composition and pattern on land surface temperature: an urban heat island study in the megacities of Southeast Asia. *Science of The Total Environment*, 577, 349–359.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.195>.

- European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, (2015) *Towards an EU research and innovation policy agenda for nature-based solutions & re-naturing cities : final report of the Horizon 2020 expert group on 'Nature-based solutions and re-naturing cities' : (full version)*. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2777/479582>
- Fan, H., Yu, Z., Yang, G., Liu, T.Y., Hung, C.H., Vejre, H. (2020). How to cool hot-humid (Asian) cities with urban trees? An optimal landscape size perspective. *Agricultural and Forest Meteorology*, 265.
- Feuerbach, P. (2021). *Praktisk handbok för våtmarksbyggare*. Halmstad: Hushållningssällskapet Halland.
- Greger, M., & Schück, M. (2021). *Rening av dagvatten i flytande våtmarker - val av växter. Rapport: Val av växter för rening av dagvatten i flytande våtmarker* (Nr. 2019-24). Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för mark och miljö, Uppsala. <http://vav.griffel.net/filer/svu-rapport-2019-24.pdf>
- Greger, M. & Landberg, T. (2024). Removal of PFAS from water by aquatic plants. *Journal of Environmental Management*, 351, 119895. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119895>
- Gunawardena, K.R., Wells, M.J. & Kershaw, T. (2017). Utilising green and bluespace to mitigate urban heat island intensity. *Science of The Total Environment*, 584–585, 1040–1055. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.158>
- Hale, R., Swearer, S.E., Sievers, M. & Coleman, R. (2019). Balancing biodiversity outcomes and pollution management in urban stormwater treatment wetlands. *Journal of Environmental Management*, 233, 302–307. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.12.064>
- Hassall, C., & Anderson, S. (2015). Stormwater ponds can contain comparable biodiversity to unmanaged wetlands in urban areas. *Hydrobiologia*, 745, 137–149.
- Herath, I., & Vithanage, M. (2015). Phytoremediation in constructed wetlands. *Phytoremediation: Management of Environmental Contaminants, Volume 2*, 243–263.

- Hill, M. J., Biggs, J., Thornhill, I., Briers, R. A., Gledhill, D. G., White, J. C., Wood, P. J., & Hassall, C. (2017). Urban ponds as an aquatic biodiversity resource in modified landscapes. *Global Change Biology*, 23, 986–999.
- Huang, Y., Latorre, A., Barcelo, D., Garcia, J., Aguirre, P., Mujeriego, R., & Bayona, J. M. (2004). Factors affecting linear alkylbenzene sulfonates removal in subsurface flow constructed wetlands. *Environmental Science & Technology*, 38(12), 2657–2663.
- Johir, M., Vigneswaran, S., & Kandasamy, J. (2010). Hybrid filtration method for pre-treatment of stormwater. *Water Science and Technology*, 62, 2937–2943
- Lachinani, M. & Abna, P. (2023). Urban Constructed Wetlands in Arid and Semiarid Zones. *Civil and Environmental Engineering*, 19.
- Kadlec, R. H., & Wallace, S. D. (2009). Treatment wetlands. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Kantawanichkul, S., & Wara-Aswapati, S. (2005). LAS removal by a horizontal flow constructed wetland in tropical climate. I Vymazal, J. *Natural and Constructed Wetlands: Nutrients, Metals and Management*. Leiden, Nederlanderna. Backhuys Publishers.
- Kasper, T. M. and Jenkins, G. A. (2007). Measuring the background concentration in a constructed stormwater treatment wetland. *Urban Water Journal*, 4(2), 79–91. doi: 10.1080/15730620701328023.
- Konijnendijk, C. C. (2018). *The city and the forest: The cultural landscape of urban woodland*. Springer.
- Lachinani, M. & Abna, P. (2023). Urban Constructed Wetlands in Arid and Semiarid Zones. *Civil and Environmental Engineering*, 19.
<https://doi.org/10.2478/cee-2023-0033>
- Liu, Y., Li, T., Peng, H. (2018) A new structure of permeable pavement for mitigating urban heat island. *Science of the Total Environment*, 634, 1119–1125. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.041>.
- Martin R. M., Carvajal Sanchez S., Welker A. L., & Komlos J. (2021). Thermal Effects of Stormwater Control Measures on a Receiving Headwater Stream. *Journal of Sustainable Water in the Built Environment*, 7 (1), 06020002.
<https://doi.org/10.1061/JSWBAY.0000928>

- Moyer, A.N., & Hawkins, T.W. (2017). River effects on the heat island of a small urban area. *Urban climate*, 21, 262–277.
- Mungur, A. S., Shutes, R. B.E., Revitt, D. M., House, M. A. (1997). An assessment of metal reduction by laboratory-scale wetlands. *Water Science and Technology*, 35(5):125–133.
- Naturvårdsverket (2024). *Klimatförändringarnas effekter i Sverige*.
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatforandringar/klimat-t-i-framtiden/effekter-i-sverige/> [01-05-2024]
- Naturvårdsverket (2023). *Hållbar dagvattenhantering*.
<https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/avlopp/hallbar-dagvattenhantering/> [18-05-2024]
- Naturvårdsverket (2023). *Därför är våtmarker viktiga*.
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/vatmark/varfor-ar-vatmarker-sa-viktiga/> [18-05-2024]
- Nässjö kommun (2013). *Ingsbergssjön Förslag till åtgärdsprogram* [Rapport]
- Nässjö kommun (2019). *Stadsparken*. <https://nassjo.se/uppleva-och-gora/aktivitet/stadsparken.html> [12-05-2024]
- Nässjö kommun (2023). *Översiktsplan*. <https://nassjo.se/bygga-bo-och-miljo/oversikts-och-detaljplaner/oversiktsplaner/oversiktsplan-2023.html>. [12-05-2024]
- Oke, T.R. (1987) *Boundary layer climates*. Psychology Press, 27, 265.
- Orsholm, J., & Elenius, M. (2022). *Effects of hydrology on wetland biodiversity: A literature study and development of hydrological indicators*. Report Hydrologi No. 22. Department of Research and Development - Hydrology.
<https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?dswid=-599&pid=diva2%3A1678422> [12-05-2024].
- Pauleit, S., Ambrose-Oji, B., Anton, B., Buijs, A., Haase, D., Elands, B., Konijnendijk van den Bosch, C. (2019). Advancing urban green infrastructure in Europe: Outcomes and reflections from the GREEN SURGE project. *Urban Forestry and Urban Greening*, 40, 4–16.

- Picot, X. (2004). Thermal comfort in urban spaces: impact of vegetation growth. Case study: Piazza della Scienza, Milan, Italy. *Energy and Buildings*, 36, 329–334.
- Rahman, M.A., Moser, A., Gold, A., Roetzer, T., & Pauleit, S. (2018). Vertical air temperature gradients under the shade of two contrasting urban tree species during different types of summer days. *Science of the total Environment*, 633, 100–111.
- Ramsar, P. (2013). *The Ramsar Convention Manual: A guide to the Convention on Wetlands (Ramsar, Iran, 1971)* Ramsar Convention Secretariat. <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/manual6-2013-e.pdf>
- Randrup, T. B., Buijs, A., Konijnendijk, C., & Wild, T. (2020). Moving beyond the nature-based solutions discourse. Introducing nature-based thinking. *Urban Ecosystems*, 23, 919–926.
- Rikare trädgård (2021). *Lämpliga växter i din trädgårdsdamm*. <https://rikaretradgard.se/lampliga-vaxter-i-din-tradgardsdamm/> [18-05-2024]
- Scholz, M. (2006). *Wetland Systems to Control Urban Runoff*. Elsevier Science. <https://www.perlego.com/book/1837475/wetland-systems-to-control-urban-runoff-pdf>
- SMHI (2022). *Kartläggning av utsatta områden vid skyfall*. <https://www.smhi.se/professionella-tjanster/klimat-och-klimatanpassning/kartlaggning-av-utsatta-omraden-vid-skyfall-1.149947> [12-05-2024]
- Soanes, K., Sievers, M., Chee, Y.E., Williams, N.S., Bhardwaj, M., Marshall, A.J., Parris, K.M. (2019). Correcting common misconceptions to inspire conservation action in urban environments. *Conservation Biology*, 33, 300–306.
- Spronken-Smith, R.A., Oke, T.R., & Lowry, W.P. (2000). Advection and the surface energy balance across an irrigated urban park. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 20, 1033–1047.

- Sun, R., & Chen, L. (2012). How can urban water bodies be designed for climate adaptation?. *Landscape and Urban Planning*, 105, 27–33.
- Suriya, S. & Mudgal, B.V. (2012). Impact of urbanization on flooding: The Thirusoolam sub watershed – A case study. *Journal of hydrology*, 412–413, 210–219. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.05.008>
- Robertson, B. A., & Hutto, R. L. (2006). A framework for understanding ecological traps and an evaluation of existing evidence. *Ecology*, 87(5), 1075–1085. doi: 10.1890/0012-9658(2006)87[1075:affuet]2.0.co;2
- Smith, I.A., Winbourne, J.B., Tieskens, K.F., Jones, T.S., Bromley, F.L., Li, D., & Hutya, L.R. (2021). A Satellite-Based Model for Estimating Latent Heat Flux From Urban Vegetation. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, 695995.
- Somarakis, G., Stagakis, S., & Chrysoulakis, N., Mesimäki, M., & Lehvavirta, S. (2019). *ThinkNature nature-based solutions handbook*. https://platform.think-nature.eu/system/files/thinknature_handbook_final_print_0.pdf.
- Steenefeld, G.J., Koopmans, S., Heusinkveld, B.G., & Theeuwes, N.E. (2014). Refreshing the role of open water surfaces on mitigating the maximum urban heat island effect. *Landscape and Urban Planning*, 121, 92–96.
- Stockholm vatten och avfall. (u.å). *Lugnets urbana våtmarksanläggning*. <https://www.stockholmvattenochavfall.se/kunskap/dagvatten---sa-har-fungerar-det/ta-hand-om-dagvattnet/dagvattenanlaggningar/lugnets-vatmark/>. [18-05-2024]
- Suriya, S. & Mudgal, B.V. (2012). Impact of urbanization on flooding: The Thirusoolam sub watershed – A case study. *Hydrology Conference 2010*, 412–413, 210–219. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.05.008>
- Sun, G., Gray, K. R., Biddlestone, A. J., Cooper, D. J. Treatment of agricultural wastewater in a combined tidal flow downflow reed bed system. *Water Science and Technology*, 40(3):139–146.
- U.S Environmental Protection Agency (2021). *Stormwater Best Management Practice*, <https://www.epa.gov/system/files/documents/2021-11/bmp-stormwater-wetland.pdf> [21-05-2024]

- Veg Tech AB, (2010). *Vegetationsteknik – grönare byggande för framtidens städer*. Katalog. Vislanda: Veg Tech AB. [18-05-2024]
- Verones, F.; Saner, D.; Pfister, S.; Baisero, D.; Rondinini, C.; Hellweg, S. Effects of consumptive water use on biodiversity in wetlands of international importance. *Environmental science & technology*, 47, 12248–12257.
- World-architects (u.å.). *Tianjin Qiaoyuan Park*. <https://www.world-architects.com/en/projects/view/tianjin-qiaoyuan-park> [18-05-2024]
- WSP (2022). *Skyfallskartering*. Uppdragsnummer 10329682. WSP. https://extdokument.lansstyrelsen.se/jonkoping/GDK_dokument/Skyfallskartering_Forserum.pdf
- Tholén E., & Envall M. (2000). *Dagvatteninventering Nässjö kommun*. Emåprojektet. <https://www.eman.se/Upload/documents/Vattenkvalitet/Rapporter/Dagvatten/NASSJO.pdf>
- Våtmarksguiden (2020). *Våtmarksflora*. <http://vatmarksguiden.se/vatmarksflora/> [18-05-2024]
- Våtmarksguiden (2020). *Reningsprocessen*. <http://vatmarksguiden.se/vatmarksflora/> [18-05-2024]
- Xue, Z., Hou, G., Zhang, Z., Lyu, X., Jiang, M., Zou, Y., Shen, X., Wang, J. & Liu, X. (2019). Quantifying the cooling-effects of urban and peri-urban wetlands using remote sensing data: Case study of cities of Northeast China. *Landscape and Urban Planning*, 182, 92–100. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.10.015>
- Wang, M., Song, H., Zhu, W., & Wang, Y. (2023). The Cooling Effects of Landscape Configurations of Green-Blue Spaces in Urban Waterfront Community, *Atmosphere*, 14(5), 833. <https://doi.org/10.3390/atmos14050833>.
- WWT Consulting, (2018). *Good Practices Handbook for Integrating Urban Development and Wetland Conservation*. Slimbridge, United Kingdom. https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/good_practices_urban_wetlands_handbook_e.pdf

Tack

Stort tack till min handledare Anna Levinsson för all stöttning och hjälp under arbetet.

Tack till Mirjam Alinder, Alexander Spak och Mattias Andersson på Nässjö kommun för konsultering.

Tack till min familj och vänner för att ni funnits där under arbetets gång.

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Du hittar en länk till SLU:s publiceringsavtal på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.