

Smarta fördröjningsmagasin för återbruk och fördröjning av dagvatten i Sverige

Smart Detention Basins for Reuse and Retention of Stormwater in Sweden



Alice Enbom¹, Ida Rastin², Betty Mattsson³, Jesper Knutsson⁴.

Avdelningen för vattenmiljöteknik, Arkitektur och samhällsbyggnadsteknik, Chalmers Tekniska Högskola, Chalmersplatsen 4, 412 96, Göteborg.

¹aliceenb@chalmers.se; ²rastin@chalmers.se; ³bettyma@chalmers.se; ⁴jesper.knutsson@chalmers.se

Sammanfattning

I samband med klimatförändringar och förändrade regnmönster blir utvecklingen av resilienta dagvattensystem avgörande för att säkerställa hållbara samhällen. I ett kandidatarbete våren 2024 undersöktes behovet, potentialen och nyttan av smarta fördröjningsmagasin för magasinering och återbruk av dagvatten i Sverige, med fokus på deras praktiska implementerbarhet. Två svenska städer, Göteborg och Västervik, analyserades med avseende på bland annat nederbördsmonster och vattenresurser. För att utvärdera implementerbarheten modellerades ett smart fördröjningsmagasin och ett konventionellt magasin utan smart teknik. Resultaten visar att det smarta fördröjningsmagasinet effektivt kan minska flödestoppar och möjliggöra återanvändning av dagvatten, vilket är en betydande fördel i både nederbördsrika och nederbördsfattiga regioner. Enkätresultat visar att allmänheten generellt har en positiv inställning till användning av återvunnet dagvatten, särskilt för toalettspolning. Studien drar slutsatsen att smarta fördröjningsmagasin är en användbar lösning för både översvämnings- och vattenförsörjningsproblematik och är därmed en viktig del av framtidens dagvattenlösningar.

Nyckelord: Fördröjningsmagasin, dagvattenhantering, regnskörd, klimatförändringar, översvämningsproblematik, RTC, realtidskontrollerade system, hållbarhet.

Abstract

In light of climate change and shifting rainfall patterns, the development of resilient stormwater systems is crucial for ensuring sustainable communities. In a bachelor's thesis conducted in the spring of 2024, the need, potential, and benefits of smart detention basins for stormwater storage and reuse in Sweden were explored, with a focus on their practical implementation. Two Swedish cities, Gothenburg and Västervik, were analyzed in terms of rainfall patterns and water resources, amongst others. To evaluate their feasibility, a smart detention basin was modeled and compared with a conventional basin lacking smart technology. The results show that the smart

detention basin can effectively reduce peak flows and enable the reuse of stormwater, a significant advantage in both high and low rainfall regions. Survey results indicate that the public generally has a positive attitude towards using recycled stormwater, particularly for purposes such as toilet flushing. The study concludes that smart detention basins are a key solution for addressing both flooding and water supply issues. In summary, smart detention basins represent an essential component of future stormwater management solutions.

Keywords: Detention basins, stormwater management, rainwater harvesting, climate change, flood management, RTC, real-time control, sustainability.

Bakgrund

Med klimatförändringar som katalysator står världen inför en mängd utmaningar, däribland utmaningar kopplade till dagvatten. En av klimatförändringarnas konsekvenser är nämligen förändrade nederbörds-mönster vilket kan innebära dels mer eller mindre frekventa nederbördstillfällen, dels kraftigare nederbördstillfällen (Mainali & Sharma, 2023). Detta kan leda till översvämningar i urbana miljöer då dräneringssystemets kapacitet för att infiltrera eller föra bort vattnet inte räcker till vilket kan medföra ekonomiska, sociala och miljömässiga skador. Förändrade regnmönster innebär även ökad osäkerhet vad gäller vattentillgång (Europeiska kommissionen, u.å.). Under torra perioder utan nederbörd kan vattentillgången vara temporärt låg, något som äventyrar jordbrukets verksamhet, energiresurser samt vattenförsörjning i drabbade områden. För att kunna uppnå två av de globala målen, Rent vatten och sanitet för alla och Hållbara städer och samhällen, som antogs 2015 av världens stats- och regeringschefer (Svenska FN-förbundet, 2023) krävs en hantering av, och lösningar till, vattenproblematiken.

Dagens system för hantering av dagvatten är generellt utformade baserat på historisk nederbördsdata med antagandet om klimatstationäritet (Hathaway, m.fl., 2024). På grund av urbanisering och klimatförändringar är antagandet emellertid inte längre rimligt. Vid ökade dagvattenflöden finns det risk för att den konventionella infrastrukturen, i huvudsak bestående av avloppsrör, inte längre är tillräcklig. Det resulterar i kunskapsluckor avseende hur en säker dagvattenhantering, utan risk för egendomsskador, mänsklig hälsa eller miljö, ska säkerställas samt hur den konventionella infrastrukturen ska uppfylla en önskad servicenivå under sin tekniska livslängd.

För att skapa hållbara och motståndskraftiga

samhällen har senare forskning inom hållbar dagvattenhantering studerat smarta fördröjningsmagasin som använder sig av realtidskontrollerade system (RTC-system) (W. D. Xu m. fl., 2022). RTC-system är konstruerade för att släppa ut vatten innan en nederbördshändelse och på så sätt skapa tillräcklig kapacitet för förutsedda inflöden. Utöver RTC-system har forskning även studerat regnskörd, vilket är ett koncept som ska möjliggöra återanvändning av vatten som samlas upp från hårdgjorda ytor (Quon & Jiang, 2023). Dessa tekniker kan teoretiskt sett implementeras på befintliga dagvattensystem och skapa fördröjningsmagasin med multifunktionella lösningar.

Denna artikel är baserad på vårt kandidatarbete inom civilingenjörsprogrammet i samhällsbyggnadsteknik, genomfört våren 2024, vid Chalmers tekniska högskola; Klimatanpassning och dagvattenhantering – en studie om smarta fördröjningsmagasin för återbruk och fördröjning av dagvatten i Sverige (Enbom m.fl., 2024). Syftet med arbetet var att utreda behov, potential och nytta för smarta fördröjningsmagasin för magasinering och återbruk av dagvatten i Sverige. Ett stort fokus låg på att analysera tekniken i både aktuella och framtida förhållanden, avseende nederbörds- och förbrukningsmönster. Tekniken utvärderades även ur ett ekologiskt, ekonomiskt och socialt perspektiv. I denna artikel kommer de övergripande och viktigaste resultaten från arbetet att presenteras och diskuteras.

Metodik

Studien bestod av tre huvuddelar: en enkätundersökning, en fallstudie samt en modellering. Syftet med enkätundersökningen var att förstå samhällets attityder till återanvändning av dagvatten och dess potentiella tillämpningsområden. Tillämpningsområdena som utreddes var vatten till toalettspol-

ning, tvättmaskin, diskmaskin, bevattning, bil-tvätt och dusch. I studien låg ett stort fokus på de två förstnämnda då de inkluderas i modelleringen. Vilken typ av rening dagvattnet genomgår innan återanvändning preciserades inte i enkätbeskrivningen, endast att vattnet renas. Enkätundersökningen är av betydelse eftersom tekniken i stor utsträckning förväntas användas av allmänheten.

Fallstudien genomfördes på två representativa svenska städer och användes som underlag för modelleringen. De städer som valdes var Göteborg, som representerar ett blötare klimat med större regnmängder och längre regnperioder, och Västervik, som representerar ett torrare klimat med mindre regnmängder och längre torrperioder. Med fallstudien som underlag kunde modelleringen undersöka prestandan för smarta fördröjningsmagasin för olika svenska klimat.

Målet med modelleringen var att få fram mängd återanvänt, avtappat och bräddat vatten. I denna artikel syftar bräddat vatten på vatten som okontrollerat lämnar fastigheten. För att möjliggöra modellering behövde en fastighet i respektive stad väljas. För respektive fastighet beräknades reducerad area, avrinning och vattenbehov. Dessa, tillsammans med magasinvolym, tillåten avtappning och nederbördsdata, användes som indata. Vattenbehovet i fastigheterna beräknades för användning av tvättmaskin och toalett, baserat på data från HSB Living Lab. Modelleringen utfördes för både ett nutida scenario, med nederbördsdata från SMHI för år 2023 (SMHI, 2023), och ett framtidsscenario. I framtidsscenario antas nederbörden öka och förbrukningen minska i och med vattenbesparande åtgärder. Dessutom modellerades ett konventionellt magasin utan smart teknik för att jämföra prestandan mellan de två systemen. Tanken med det smarta magasinet är att insamlat vatten ska bevaras för en framtida behovsbild i fastigheten samt att vattnet ska släppas ut i förväg inför ett regnfall. I modellen tog det sig uttryck genom en prognos för regnfallet och en prognos för behovsbilden. Modelleringen genomfördes i Excel och baserades på om-satser.

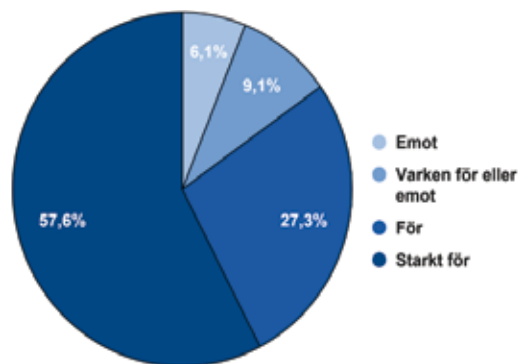
En utförligare beskrivning av metodiken finns att läsa i vårt arbete (Enbom m.fl., 2024).

Resultat

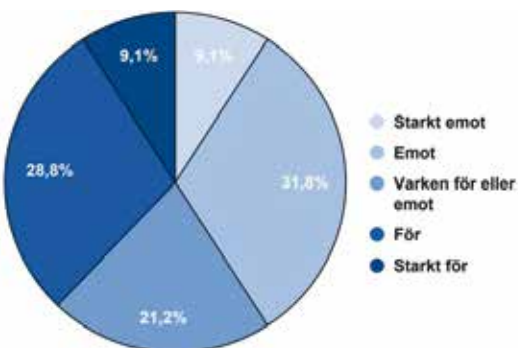
Resultaten av studien kan delas upp i två delar, resultat från enkäten och resultat från modelleringen. Endast de mest betydande resultaten presenteras i detta kapitel. Det fullständiga resultatet presenteras i vårt arbete (Enbom m.fl., 2024).

Enkät

Baserat på enkätsvaren har allmänheten överlag en positiv inställning till att använda återvunnet dagvatten. Den mest positiva inställningen observeras för användning av dagvatten för toalettpolning där 94% av deltagarna är positivt inställda eller neutrala, se figur 1. Toalettpolning är dessutom ett av användningsområdena som används i modelleringen av det smarta fördröjningsmagasinet. Det andra användningsområdet som används i modelleringen är tvättmaskin och där är deltagarna något mindre positiva.



Figur 1: Cirkeldiagram som visar inställningen gällande återanvändning av dagvatten i syfte för toalettpolning.



Figur 2: Cirkeldiagram som visar inställningen gällande återanvändning av dagvatten i tvättmaskinen.

För återanvändning av dagvatten i tvättmaskinen är 59% av deltagarna positivt inställda eller neutrala, se figur 2.

De övriga tillämpningsområdena som undersöks är diskmaskin, bevattning, biltvätt och dusch. För användning av dagvatten till bevattning och biltvätt observeras liknande siffror som för toalettspolning där 91–94% är antingen för eller varken för eller emot. Ingen av de undersökta användningsområdena har mer än hälften av deltagarna emot. Däremot visar nästan hälften av deltagarna en negativ inställning till att använda återvunnet dagvatten till duschvatten, medan ungefär en fjärdedel är positiva eller neutrala. Det framgår dessutom i enkätresultatet att allmänheten är något mer negativ mot återbruket för ändamål som resulterar i hudkontakt, till exempel för tvättmaskinsbruk.

Modellering

Resultatet från modelleringen visar med hjälp av tabell 1 avrinningen, behovet, använt dagvatten, bräddningen och den avtappade volymen för Västervik respektive Göteborg under ett helt år. Avrinningen är den mängd vatten som ackumuleras på

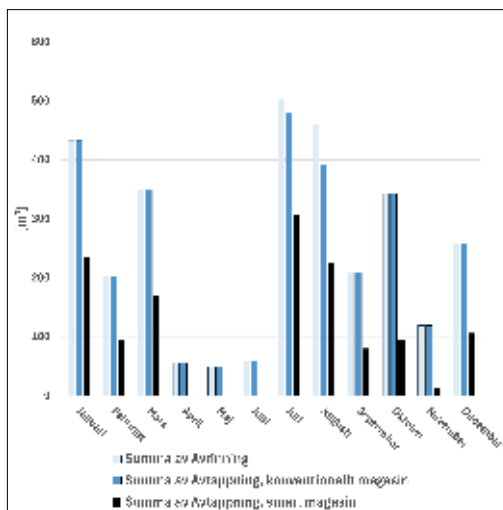
Tabell 1: Jämförelse mellan nutids- och framtidsscenario för avrinning, behov, använt dagvatten, bräddning och avtappad volym [m³/år] i Göteborg respektive Västervik.

	Göteborg		Västervik	
	Nutid	Framtid	Nutid	Framtid
Avrinning [m ³ /år]	3040	3360	6620	7310
Behov [m ³ /år]	2080	1490	6710	4790
Använt dagvatten [m ³ /år]	1490	1170	3450	3040
Bräddning [m ³ /år]	190	280	780	1060

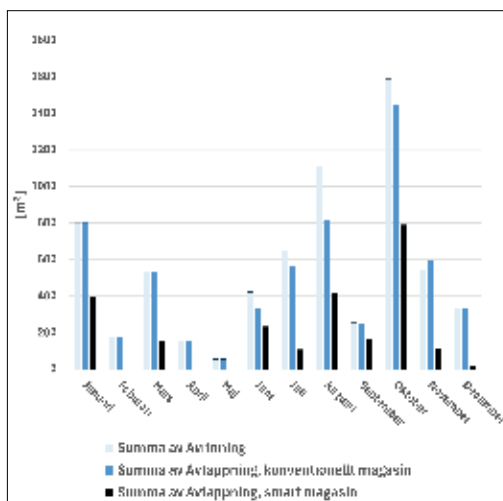
fastigheten vid en regnhändelse och som behöver fördröjas. Behovet syftar på vattenbehovet i fastigheterna för användning av tvättmaskin och toalett och använt dagvatten är så mycket av det insamlade vattnet som används till de tilltänkta användningsområdena i fastigheterna. Bräddning räknas som det vatten som okontrollerat lämnar fastigheten och därmed inte fördröjs. Den avtappade volymen är det vatten som kontrollerat lämnar magasinet efter att det fördröjts. Det är antaget till 1mm/h multiplicerat med

den hårdgjorda ytan för respektive fastighet i hektar. I tabellen presenteras värdena för både ett nutidsscenario och ett framtidsscenario. I framtiden kan vi se att avrinningen ökar eftersom årsnederbörden antas öka med ungefär 10%. Att det framtida behovet och återanvänt dagvatten minskar beror på antagandet att mindre vatten brukas per person och dag.

I figur 3 och 4 presenteras avrinningen från fastigheten i relation till avtappningen från det smarta respektive det konventionella magasinet. För det kon-



Figur 3: Avrinning i jämförelse med avtappning för ett smartt magasin och ett konventionellt magasin för Göteborg i ett nutidsscenario.



Figur 4: Avrinning i jämförelse med avtappning för ett smartt magasin och ett konventionellt magasin för Västervik i ett nutidsscenario.

ventionella magasinet framgår det att avtappningen är lika stor som avrinningen nio av tolv månader för Göteborg och sju av tolv månader för Västervik. För det smarta magasinet är avtappningen konstant mindre än avrinningen och under vissa månader är avtappningen från det smarta magasinet noll. Att det sker en lägre avtappning från det smarta magasinet beror på att det insamlade vattnet ses som en resurs som kan återanvändas inne i fastigheten. Vid kraftiga nederbördstillfällen innebär det dock att magasinet med smart teknik har en högre risk för bräddning.

I tabell 2 presenteras återanvänt dagvatten i procent av det totala behovet för toalettspolning och tvättmaskin i fastigheten i Göteborg respektive Västervik. Det görs även en jämförelse mellan nutidsscenario och framtidsscenario för att visa vad vattenbesparande åtgärder och ökad nederbörd har för inverkan på andelen täckt vattenbehov i fastigheten. Att framtidens behov kan täckas i större utsträckning av det insamlade vattnet kan förklaras av att behovet beräknas vara lägre och att tillgången på avrunnet vatten beräknas vara högre.

Tabellerna 3 och 4 visar bräddning, använt dagvatten och avtappning som procent av den totala avrinningen för det smarta magasinet, för båda fastigheterna i ett nutids- och framtidsscenario. Resultatet presenterat i tabell 3 indikerar att smarta fördröjningsmagasin kan användas och kontrollerat avtappas upp till 94% av vattnet som når fastigheten per år i Göteborg, baserat på aktuella nederbörds-

mönster. Det är med andra ord bara 6% av avrinningen från fastigheten som bräddas och därmed okontrollerat lämnar systemet. För framtidsscenario i Göteborg hanteras 92% av avrinningen och 8% bräddas. Det framgår i tabell 4.

Tabell 3: Jämförelse mellan nutidsscenario för Göteborg och Västervik gällande bräddning, använt dagvatten och avtappning i förhållande till avrinning.

	Göteborg	Västervik
Bräddning	6 %	12 %
Använt dagvatten	49 %	52 %
Avtappning	45 %	36 %

Tabell 4: Jämförelse mellan framtidsscenario för Göteborg och Västervik gällande bräddning, använt dagvatten och avtappning i förhållande till avrinning.

	Göteborg	Västervik
Bräddning	8 %	15 %
Använt dagvatten	36 %	42 %
Avtappning	56 %	43 %

Diskussion

Baserat på tidigare forskning och studiens resultat kan man argumentera för ett behov av att utveckla dagvattenhanteringstekniker (Bergström m.fl., 2001; Bubeck m.fl., 2024; Khan m.fl., 2022; Xu m.fl., 2022). Det gäller både för att minska användningen av dricksvatten och för att hantera stora mängder nederbörd. Här har smarta fördröjningsmagasin potential att uppnå båda målen.

Samhällets attityder

För att tekniken för återvinning ska bli intressant för kommun och fastighetsägare krävs att användarna visar vilja för att använda det återvunna vattnet (Rodrigues m.fl., 2023). Enkätresultaten visar att allmänheten är övergripande positiv till återbruket av dagvatten. Det framgick dessutom i enkätresultaten att den positiva inställningen gäller särskilt för användning i aktiviteter utan hudkontakt. För att öka acceptansen behöver hälsa och säkerhet säkerställas genom reningstekniker och god information avseende teknikens säkerhet (Johansson m.fl., 2022; Sweetapple m.fl., 2023). Dessutom krävs tydliga lagar om vattenkvalitet för olika användningsområden. Behovet av förbättrade attityder till återbruk av

Tabell 2: Återanvänt vatten i procent [%] av det totala behovet i Göteborg och Västervik för ett nutidsscenario och ett framtidsscenario.

	Göteborg		Västervik	
	Nutid	Framtid	Nutid	Framtid
Januari	100	100	66	74
Februari	80	99	40	54
Mars	81	86	62	77
April	68	73	46	63
Maj	33	41	11	23
Juni	21	26	13	15
Juli	99	100	84	99
Augusti	96	100	82	97
September	64	79	17	25
Oktober	92	99	71	84
November	62	73	71	87
December	60	67	53	65
Årligt	71	79	51	63

dagvatten gäller särskilt för äganderätter eller bostadsrätter där användarna har möjlighet att välja boende utifrån tillgänglig vattenteknik. I en hyresfastighet finns inte samma valmöjlighet och tekniken som erbjuds behöver användas.

Hållbarhet

Implementeringen av tekniken kopplar starkt till social, ekonomisk och ekologisk hållbarhet. Tekniken medför en installationskostnad för fastighetsägaren, vilket kan öka boendekostnaden (Sweetapple m.fl., 2023). Dessa kostnader kan dock tas igen över tid genom återanvändning av dagvatten, vilket minskar behovet av att köpa vatten från kommunen. Om fördröjningsmagasinet inte kan tillgodose behovet för fastigheten under torra perioder riskerar återbetalningstiden att bli utdragen (Rodrigues m.fl., 2023). För att minska risken kan magasinets effektivitet förbättras och antalet användningsområden utökas. Då kan en större del av behovet tillgodoses vilket medför lägre vattenkostnader för de boende.

Ett decentraliserat vattenförsörjningssystem till fastigheten kan bidra med en säkerhet för såväl fastighetsägare som boende (Sweetapple m.fl., 2023). Ekologiska incitament, såsom ökad medvetenhet om dagvattenhantering, resurshushållning och en aktiv översvämningshantering, kan bidra till ett ökat fastighetsvärde. Om fastigheten miljömärks kan den sociala och ekologiska attraktiviteten öka, vilket kan ge ekonomiska fördelar för ägarna. Det finns dock en risk för att stigande kostnader driver ut vissa boende. När ekonomiska incitament hos fastighetsägaren ligger bakom implementeringen kan användningen av tekniken bli en klassfråga, vilket är negativt ur ett socialt hållbarhetsperspektiv. För att tekniken ska implementeras krävs dock att fastighetsägaren ser ekonomiska vinster, särskilt om det inte finns lagkrav för tillämpningen (Xu m.fl., 2021). Från kommunens perspektiv kan smarta fördröjningsmagasin leda till en mer hållbar och effektiv dagvattenhantering och resursanvändning. Inkluderas en hållbar dagvattenhantering tidigt i planeringen kan kostnader hållas nere.

En viktig aspekt av implementeringen av konceptet smarta fördröjningsmagasin är att befintliga magasin för dagvattenhantering kan kompletteras av

RTC-teknik och rör till fastigheten som möjliggör avtappning och återbruk av dagvattnet. Det skapar en hållbar multifunktionell lösning samtidigt som befintlig infrastruktur nyttjas. Implementeringen av smarta fördröjningsmagasin behöver alltså inte betyda att befintliga dagvattenhanteringstekniker byts ut, utan snarare renoveras och utvecklas. Det kan vara positivt ur både ett ekonomiskt och ekologiskt hållbarhetsperspektiv.

Reducering av flödestoppar

Modelleringen visar flera fördelar med smarta fördröjningsmagasin. Genom att kombinera smart teknik med fördröjningsmagasin ökar möjligheten till kontrollerad avtappning och återanvändning av dagvatten, vilket minskar den avtappade volymen markant. Den dynamiska avtappningen minskar flödestopparna nedströms och förebygger översvämnningar, vilket minskar påverkan på den gråa infrastrukturen. Resultatet för modelleringen visar dock att smarta magasin leder till en större bräddning under ett år än de konventionella magasinerna. De konventionella magasinerna kan emellertid endast fördröja flödet kortvarigt med en konstant avtappning. Det ger en mindre kontroll på avtappningen än för de smarta magasinerna. I ett nutidsscenario för Göteborg och ett smart magasin avtappas och bräddas 1516m³ av totalt 3041m³ avrinning. Det innebär att endast hälften av dagvattnet som når fastigheten belastar den gråa infrastrukturen. För Västervik resulterar det smarta magasinet också i en halvering av flödet. Jämförelse mellan avtappning och bräddning visar att mer vatten lämnar det konventionella magasinet, även om bräddningen är mindre.

Täckning av behov

Avtappningen från det smarta magasinet sker med maximalt flöde när avtappning krävs, vilket är en förnkling som påverkar hur väl behovet kan tillgodoses. Under vissa månader, särskilt de med mycket nederbörd, är avtappningen större än återanvändningen, vilket innebär att magasinet töms i förberedelse på kraftiga regnfall trots att behovet kvarstår. För Västervik som riskerar kapacitetsproblem vid torra perioder, innebär återanvändning av dagvatten en avlastning av den centrala dricksvattenförsörjningen (Västerviks kommun, 2017). Bräddningen och avtapp-



ningen är 48% för nutid och 59% för framtid av den årliga avrinningen, medan täckningsgraden ligger på 51–52% för nutid och 62–63% för framtid. Det indikerar en tydlig potential för att vidareutveckla den smarta tekniken och möjliggöra högre täckningsgrad av behovet. Att Västervik får en betydligt större procentuell bräddning än Göteborg beror delvis på att Västerviks magasin är dimensionerat mindre i förhållande till fastigheten än i fallet för Göteborg. En ökad användning av insamlat dagvatten, till exempel för dusch, skulle minska avtappningen och bräddningen och därmed även behovet av dricksvatten. I framtiden, när förbrukningen väntas minska samtidigt som nederbörden väntas öka, kan utökningen av användningsområden bli särskilt relevant.

Översvämningsrisk och torrperioder

Trots att Västervik är en stad som tidvis drabbas av torrperioder kan staden även dra nytta av tekniken för att hantera översvämningsrisker. När risken för extrema regn ökar föreligger risk för skador på infrastrukturen och framkomligheten för utryckningsfordon (Hathaway m.fl., 2024). Det innebär stora kostnader för samhället som en investering i smarta fördröjningsmagasin kan komma att förebygga. Göteborg står inte inför samma problematik med dricksvattenförsörjning som Västervik, men framtidens oregerbundna nederbördshändelser kan innebära längre torrperioder även i Göteborg. Göteborgs stad säljer vatten från sina ytvattenverk till omkringliggande kommuner (Göteborgsregionen, 2020). Minskar grundvattennivåerna i omkringliggande kommuner och vattenförsörjningen blir ansträngd kan vattentillgången i Göteborg därmed äventyras. Återbruket av dagvatten är således relevant även i Göteborg. Trots det är reduktionen av flödestoppar och översvämningsrisken i Göteborg mer aktuell (Göteborgs Stad, 2021). Enligt tabell 3 och 4 är bräddningen och avtappningen 51% för nutid och 64% för framtiden av den årliga avrinningen. Det innebär att användningen av dagvattnet är 49% respektive 36%. Samtidigt är täckningsgraden av behovet 71% för nutid respektive 78–79% för framtiden. För att vidare utveckla potentialen hos smarta fördröjningsmagasin krävs det att avtappningen och bräddningen minskar ytterligare. Även här är utökningen av användningsområden för

det insamlade dagvattnet en lösning. Det kan dessutom vara aktuellt för en mer regndrabbad stad som Göteborg att fortsättningsvis utforska lösningar för att reducera flödestoppar, såsom att öka mängden grön infrastruktur.

Studiens förbättringspotential

I dagsläget är implementeringen av och forskningen kring smarta fördröjningsmagasin i ett tidigt utvecklingsstadium (Sweetapple m.fl., 2023). Modelleringsresultat vad gäller ökad bräddning avviker från tidigare studier (Jean m.fl., 2021). Det beror förmodligen på att dagvattnet delvis bevarades för återbruk, delvis släpptes ut inför regnhändelser. Det har gjorts få studier i stor skala (Rodrigues m.fl., 2023; Mugume m.fl., 2024) för att utvärdera potentialen hos regnskörd för att mildra stadsöversvämningar. Att dagvattnet ses som en resurs har varit en central del i detta arbete. Det gör studien unik i jämförelse med tidigare forskning (Jean m.fl., 2021; Li & Burian, 2023; Sweetapple m.fl., 2023; Shishegar m.fl., 2019) där ett stort fokus har legat på utformning och maximering av kapaciteten för redan befintlig dagvatteninfrastruktur. Framtida forskning bör fokusera på potentialen för återbruk av dagvattnet. För att förbättra modellen kan en mer dynamisk avtappning implementeras där vattnet kan tappas av i olika mängder över längre tid. Det skapar en möjlighet för bräddningen att minska och återanvändningsgraden att öka. En kortare tidsupplösning skulle sannolikt öka prognosens tillförlitlighet och effektivisera vattenhanteringen. Studien har undersökt hur stor del av vattenbehovet i fastigheten som ett smart magasin kan tillgodose. Vad gäller rening av det uppsamlade vattnet finns det ett intresse att undersöka hur ett inslag av grön infrastruktur kan effektivisera reningen av vattnet.

Slutsats

Studien påvisar att smarta fördröjningsmagasin erbjuder betydande potential att möta svenska staders behov av dagvattenhantering och vattenförsörjning, särskilt med hänsyn till förändrade regnmönster. Resultatet från enkäten visar en övergripande positiv inställning hos allmänheten, där upp till 94% var för ett återbruk av dagvatten. Modelleringen indikerar att smarta fördröjningsmagasin kan fördröja och möjlig-

göra återanvändning av upp till 94% av det dagvatten som når fastigheten per år, baserat på aktuella nederbördsmonster, och upp till 92% i ett framtidsscenario. Det medför en minskning av flödestoppar i urbana miljöer, samtidigt som vattenförsörjningen kan säkras under torra perioder. För Västervik och Göteborg är täckningsgraden 51% respektive 71% i ett nutidsscenario, och 63% respektive 79% i ett framtidsscenario. Den största andelen återanvändning återfinns under de mer regnintensiva delarna av året.

Resultaten visar att smarta fördröjningsmagasin är fördelaktiga att implementera i både nederbördsrika och nederbördsfattiga områden. De kan användas för att hantera både vattenbrist och översvämningar. Med två användningsområden för det insamlade vattnet bräddas det mer i det smarta magasinet än i det konventionella. Detta anses dock vara en nödvändig kompromiss för att hantera toppflöden och vattenbehov. Genom att öka användningsområdena för det insamlade vattnet kan ytterligare fördelar uppnås, samtidigt som magasinets huvudfunktion – att fördröja dagvatten – inte äventyras.

För att realisera den fulla potentialen hos smarta fördröjningsmagasin behövs mer forskning, inklusive studier av kombinerade lösningar med grön infrastruktur och smart teknik, där det insamlade vattnet betraktas som en nödvändig resurs. En förbättrad tidsupplösning för att skapa mer tillförlitliga prognoser samt en dynamisk avtappning för att minska mängden bräddat vatten bör stå i fokus för framtida forskning.

Trots behovet av mer forskning kan det konstateras att det finns ett behov av utveckling av smarta fördröjningsmagasin, i såväl översvämingsdrabbade som torra städer. Tekniken bakom smarta fördröjningsmagasin möjliggör en anpassning av redan existerande magasin så att de kan nyttjas även för återanvändning av dagvatten. Dagens dagvattenhanterings-tekniker behöver inte nödvändigtvis bytas ut, utan kan återanvändas i en multifunktionell lösning där dagvatten både hanteras och ses som en viktig resurs. Smarta fördröjningsmagasin med möjlighet till återbruk av dagvattnet erbjuder därmed både nytta och potential för en hållbar dagvattenhantering.

Källhänvisning

- Bergström, S., Carlsson, B., Gardelin, M., Lindström, G., Pettersson, A., & Rummukainen, M. (2001). Climate change impacts on runoff in Sweden – assessments by global climate models, dynamical downscaling and hydrological modelling. *Climate Research*, 16, 101-112. <https://doi.org/10.3354/cr016101>
- Bubeck, P., Dieu My Pham, T., Nhat Anh Nguyen, T., & Hudson, P. (2024). Disaster risk reduction on stage: An empirical evaluation of community-based theatre as risk communication tool for coastal risk mitigation and ecosystem-based adaptation. *Progress in Disaster Science*, 22. <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2024.100323>
- Enbom, A., Mattsson, B., & Rastin, I. (2024). Klimatanpassning och dagvattenhantering – en studie om smarta fördröjningsmagasin för återbruk och fördröjning av dagvatten i Sverige. Hämtad 2024, från <http://hdl.handle.net/20.500.12380/307999>
- Europeiska kommissionen. (u.å.). Klimatförändringarnas konsekvenser. Hämtad 2024, från https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change_sv
- Göteborgs Stad. (2021a). Göteborg när det regnar. <https://www.samhallsbyggnaderna.org/media/635983/go-teborg-na-r-det-regnar-en-exempel-och-inspirationsbok-for-god-dagvatten-hantering-2018-04.pdf>
- Göteborgsregionen. (2020). Vattenförsörjningsplan för Göteborgsregionen. <https://goteborgsregionen.se/download/18.22a3cc881780d1faddf36b0/1615554177804/Vatten%C3%B6rs%C3%B6rjningsplan%20f%C3%B6r%20G%C3%B6teborgsregionen%202020.pdf>
- Hathaway, J., Bean, E., Bernagros, J., Christian, D., Davani, H., Ebrahimi, A., Fairbaugh, C., Gulliver, J., McPhillips, L., Palino, G., Strecker, E., Tirpak, R., Van Duin, B., Weinstein, N., & Winston, R. (2024). A Synthesis of Climate Change Impacts on Stormwater Management Systems: Designing for Resiliency and Future Challenges. *Journal of Sustainable Water in the Built Environment*, 10(2). <https://doi.org/10.1061/JSWBAY.SWENG-533>
- Jean, M.-E., Morin, C., Duchesne, S., Pelletier, G., & Pleau, M. (2021). Optimization of Real-Time Control With Green and Gray Infrastructure Design for a Cost-Effective Mitigation of Combined Sewer Overflows. *Water Resources Research*, 57(12). <https://doi.org/10.1029/2021WR030282>
- Johansson, M., Albinsson, M., & Regnell, F. (2022). Juridiska utmaningar när avloppsvatten blir tekniskt vatten (tekn. rapport). Svenskt Vatten.
- Khan, M. P., Hubacek, K., Brubaker, K. L., Sun, L., & Moglen, G. E. (2022). Stormwater Management Adaptation Pathways under Climate Change and Urbanization. *Journal of Sustainable Water in the Built Environment*, 8(4). <https://doi.org/10.1061/JSWBAY.0000992>
- Mainali, S., & Sharma, S. (2023). Climate Change Effects on Rainfall Intensity–Duration– Frequency (IDF) Curves for the Lake Erie Coast Using Various Climate Models. *Water*, 2023, 15 (23), 1–22. <https://doi.org/10.3390/w15234063>
- Mugme, S. N., Kibibi, H., Sörensen, J., & Butler, D. (2024). Can Blue-Green Infrastructure enhance resilience in urban drainage systems during failure conditions? *Water Science and Technology*, 89(4), 915-944. <https://doi.org/10.2166/wst.2024.032>
- Quon, H., & Jiang, S. (2023). Decision making for implementing non-traditional water sources: a review of challenges and potential solutions. *npj Clean Water*, 6, 56. <https://doi.org/10.1038/s41545-023-00273-7>
- Rodrigues, A., Formiga, K., & Milograna, J. (2023). Integrated systems for rainwater harvesting and greywater reuse: a systematic review of urban water management strategies. *Water Supply*, 23(10), 4112– 4125. <https://doi.org/10.2166/ws.2023.240>
- Shishegar, S., Duchesne, S., & Pelletier, G. (2019). An integrated optimization and rule-based approach for predictive real time control of urban stormwater management systems. *Journal of Hydrology*, 577, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124000>
- SMHI. (u.å.). Års- och månadsstatistik. Hämtad 2024, från <https://www.smhi.se/klimat/klimatet-da-och-nu/manadens-vader-och-vatten-sverige/manadens-vader-i-sverige/ars-och-manadsstatistik>
- Svenska FN-förbundet. (2023). Globala målen för hållbar utveckling. Hämtad 2024, från <https://fn.se/globala-malen-for-hallbar-utveckling/>
- Sweetapple, C., Webber, J., Hastings, A., & Melville-Shreeve, P. (2023). Realising smarter stormwater management: A review of the barriers and a roadmap for real world application. *Water Research*, 244, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.120505>
- Västerviks kommun. (2017). Vattenförsörjningsplan för Västerviks kommun. <https://www.vastervik.se/globalassets/bygga-bo-och-miljo/nyheter-bygga-bo-miljo/vattenforsorjningsplan-170621.pdf>
- Xu, W., Burns, M., Cherqui, F., & Fletcher, T. (2021). Enhancing storm-water control measures using real-time control technology: a review. *Urban Water Journal*, 18 (2), 101–114. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2020.1857797>
- Xu, W. D., Burns, M. J., Cherqui, F., Duchesne, S., Pelletier, G., & Fletcher, T. D. (2022). Real-time controlled rainwater harvesting systems can improve the performance of stormwater networks. *Journal of Hydrology*, 614. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128503>