



EXAMENSARBETE INOM TEKNIK,
GRUNDNIVÅ, 15 HP
STOCKHOLM, SVERIGE 2019

Rainwater harvesting på Storsudret

Potential för implementering på södra
Gotland

ELLEN AHLGREN

MIKAEL NORDBORG

Sammanfattning

Vattenbrist är ett stort problem i många delar av världen. En lösning som tar vara på nederbörden och eventuellt kan säkerställa vattenförsörjningen lokalt är rainwater harvesting metoden. Det som denna rapporten analyserar är huruvida det finns potential att implementera rainwater harvesting system på Storsudret, på södra Gotland. Projektet inleddes med en litteraturstudie över befintliga metoder för rainwater harvesting. En sammanställning och utvärdering har gjorts för vad som lämpar sig för området. Detta tillsammans med data från lokala myndigheter, SMHI och Lantmäteriet har analyserats och sammanställts med hjälp av programmen Excel och ArcMap för att bedöma potentialen. Resultatet av rapporten visar att, utifrån de beräkningar och kartanalyser som gjorts, potential finns för rainwater harvesting metoder på Storsudret, Gotland. De bidragande faktorerna till hur stor potential metoden har är nederbördens fördelning över året, den totala mängden nederbörd samt boendesituationen som råder på Storsudret. Boendesituationen handlar främst om storleken på takytor i relation till antalet människor som är bosatta i de fem socknar som utgör området. Slutsatsen av i hur stor grad rainwater harvesting lösningar kan påverka det enskilda hushållets vattenförsörjning är individuellt, och beror på främst på hushållens förbrukning, takyta och lagringspotential. Lösningar som denna bidrar inte enbart med minskad belastning på grundvattendepåerna, utan hjälper även de hushåll där vattnet är otjänligt och/eller där det kommunala vattennätet inte är tillgängligt. Rainwater harvesting är därför en ingenjörsteknik som kan vara en del av det vattenbristproblem som råder, inte bara på Storsudret, utan även på andra platser i Sverige och världen med vattenbrist på grund av gällande hydrogeologiska förutsättningarna.

Nyckelord: Rainwater harvesting, hållbar ingenjörsteknik, vattenbrist, Gotland

Abstract

Many places around the world, including parts of Sweden, suffers from seasonal lack of water. This can be dealt with by storing precipitation in times when the availability is good. One example of such an area is Storsudret on the southernmost part of Gotland. The focus of this report was to analyze the potential of implementing rainwater harvesting methods in Storsudret. The project was initiated with a literature study of existing methods for rainwater harvesting and an evaluation was made whether or not they were suited for the area and data from SMHI and Lantmäteriet was analyzed and compiled in Excel and ArcMap to assess the potential for rainwater harvesting. What this report shows, according to the calculations and map analysis made, is that there is potential in applying rainwater harvesting methods to the area Storsudret, Gotland. The main factors include the meteorological conditions, more specifically, the general spread of precipitation over a year and to the total amount of precipitation in a year. This together with the other factors is needed to evaluate if rainwater harvesting is a viable option for water supply at Storsudret. The other factors are mainly the size of rooftops in relation to the amount of people living in this area. Depending on each households' own conditions, mainly water usage, rooftop size and storage capacity, the extent of which rainwater harvesting can be applied, varies. These types of solutions can not only help with a less stress on the groundwater storage, but it can also help those households that doesn't have acceptable groundwater quality or cannot be connected to the municipal water systems. What this comes to show is that rainwater harvesting is an engineering technique that could help solve problems concerning shortage of water, not only at Storsudret, but also in other places in Sweden or in the world.

Keywords: Rainwater harvesting, sustainable engineering, shortage of water, Gotland

Förord

Detta arbete är en del av projektet “Testbädd Storsudret” som finansieras av VINNOVA. Projektet syftar till att utvärdera och undersöka olika metoder för dricksvattenförsörjning på södra Gotland. Huvudansvariga för VINNOVA-projektet är Svenska Miljöinstitutet (IVL) och vi skulle vilja rikta ett stort tack till IVL, både för möjligheten att delta i projektet, men också för tillhandahållande av data och finansiell hjälp för att täcka de kostnader som projektet medfört.

Vi skulle även vilja tacka KTH och vår handledare Bo Olofsson som varit till stor hjälp under projektets gång och som bidragit med givande handledning och rådgivning.

Slutligen vill vi även tacka boende på Storsudret som har ställt upp på intervjuer och bidragit med kunskap och trevliga möten.

Innehållsförteckning

| | |
|---|----|
| 1. Inledning | 1 |
| 1.1 Syfte | 2 |
| 1.2 Mål och delmål | 2 |
| 2. Metod | 3 |
| 2.1 Litteraturstudie | 3 |
| 2.2 Beräkningsmodell | 3 |
| 2.3 GIS och fältarbete | 4 |
| 3. Rainwater harvesting | 6 |
| 3.1 Olika metoder av rainwater harvesting | 6 |
| 3.2 Vattenkvalitet på regnvatten | 8 |
| 3.3 Takavrinning som alternativ vattenförsörjning på Storsudret | 9 |
| 4. Resultat | 11 |
| 4.1 Inkluderade parametrar/faktorer i beräkningsmodellen | 11 |
| 4.1.1 Nederbörd | 11 |
| 4.1.2 Takyta | 12 |
| 4.1.3 Förbrukning | 14 |
| 4.1.4 Tankstorlek | 15 |
| 4.2 Möjligheter för användning inom djurhållning | 17 |
| 4.4 Fallstudie på Storsudret utifrån GIS | 18 |
| 4.4.1 Sammanställda storleken takytor på bostadshus | 18 |
| 4.4.2 “Medelhushållet” på Storsudret | 19 |
| 4.4.3 Totala storleken takytor | 21 |
| 5. Diskussion | 22 |
| 5.1 Ytterligare faktorer som påverkar beräkningsmodellen | 22 |
| 5.1.1 Vattenkvalitet | 24 |
| 5.2 Användarvänlighet | 24 |

| | |
|--|----|
| 5.3 Koppling till hållbar utveckling | 25 |
| 5.3.1 Ekonomiska aspekter | 26 |
| 5.4 Rainwater harvesting på andra ytor | 26 |
| 5.4.1 Tillämpning på andra platser | 27 |
| 5.5 Felkällor | 27 |
| 6. Slutsats | 29 |
| Referenser | 30 |
| Bilagor | 34 |

1. Inledning

Grundvattenbrist, och grundvatten av dålig kvalitet, är ofta ett problem i områden där geologiska förutsättningar såsom berggrund och jordart ger dålig lagringspotential av vatten. Grundvattenförsörjningen är även ett problem i kustnära områden eller områden där det finns risk för inträngning av salthaltigt vatten. Sveriges miljömål *Grundvatten av god kvalitet* framtaget av Naturvårdsverket aktualiserar just detta problem och strävar mot att grundvattendepåerna ska tillhandahålla den kvalitet som krävs för vattenförsörjning (Sveriges Miljömål, n.d.). Detta mål blir dock problematiskt på platser som redan har låga grundvattennivåer eller där de geologiska förutsättningarna förstör vattenkvaliteten och därmed gör att vattnet blir olämpligt för dricksvattenförsörjning.

För att tillfredsställa vattenförsörjningen på dessa platser krävs det därför andra metoder som, tillsammans med grundvattnet, kan täcka vattenbehovet. En beprövad metod som har använts i flera delar av världen är rainwater harvesting. Regnvatten är, och har länge varit, en viktig tillgång för människor som lever på platser där grundvattnet är otillgängligt eller otjänligt, exempelvis längs kuster eller i bergsområden (Sedlak, 2014). Metoden går ut på att samla upp den nederbörd som faller på hårdgjorda ytor, exempelvis tak, i en tank för att sedan kunna använda detta som en del av sin vattenförsörjning. Metoden används, som tidigare nämnts, redan i flera delar av världen idag, främst i utvecklingsländer där brist på dricksvatten är ett stort problem (Boers & Ben-Asher, 1982). I Sverige har metoden inte fått något större genomslag. Detta på grund av att de geologiska förutsättningarna i Sverige skapar potential för grundvattenlagring, samt att på många platser är det ekonomiskt lönsamt att ansluta sig till det kommunala vattensystemet och därmed säkra sin vattenförsörjning. Dock finns det platser i Sverige där varken de geologiska förutsättningarna eller det kommunala vattensystemet kan säkra vattenförsörjningen. Ett exempel på ett område med dessa förutsättningar är Storsudret på södra Gotland.

Det som denna rapport fokuserar på är huruvida det skulle fungera att implementera rainwater harvesting lösningar på Storsudret. Mer specifikt huruvida de hydrologiska förutsättningarna skapar potential för Storsudret att ersätta hela eller delar av sin vattenförsörjning med regnvatten. Dessa lösningar är starkt kopplat till hållbar utveckling och hållbar ingenjörsteknik.

Det kan kopplas till hållbar utveckling på grund av vikten i att hantera förnyelsebara resurser på ett sätt som gynnar samhället. Det finns flera sätt att se på hållbar utveckling men i grunden så är det en kamp mellan strävan till ett bättre liv samtidigt som det finns gränser för vad miljön klarar av att hantera (Gröndahl & Svanström, 2010). Ett sätt att definiera hållbar utveckling på utgår ifrån att en utveckling ska ske, som tillmötesgår människors nuvarande behov, utan att äventyra behoven för framtida generationer. Att ordet utveckling är en del av uttrycket syftar på att det inte är ett fast tillstånd, utan istället är en process (Ammenberg, 2012). Att skapa ett kretsloppssystem för vattenförsörjning, rainwater harvesting, kan enligt dessa definitioner beskrivas som hållbar ingenjörskunskap.

1.1 Syfte

Syftet med projektet är att undersöka vilken potential som finns för uppsamling av regnvatten från tak på Storsudret, Gotland. Även att åskådliggöra hur rainwater harvesting kan fungera som en alternativ teknisk lösning för vattenförsörjning och hur detta kan bidra till de globala hållbarhetsmålen uppsatta av UNDP (Globala målen, n.d.) och även de miljö kvalitetsmål som Sverige har satt upp genom Naturvårdsverket (Sveriges Miljömål, n.d.).

1.2 Mål och delmål

Det huvudsakliga målet med projektet är att ta fram en beräkningsmodell över rainwater harvesting lösningar som därmed kan ligga till grund för eventuell tillämpning på Storsudret, Gotland. Beräkningarna kan även nyttjas på andra platser i Sverige med bristande grundvattentillgång.

Ytterligare ett mål är att undersöka hur lagring av regnvatten kan ske för att optimera regnvattenanvändningen utifrån den situation som råder på Storsudret. Genom att konstruera en modell utifrån förbrukning, storlek på hushåll och takyta där uppsamling kan ske, så är en målsättning med rapporten att enskilda hushåll ska kunna bilda sig en uppfattning i hur stor utsträckning hushållet kan ersätta sin vattenanvändning med regnvatten.

2. Metod

Rapporten är dels en litteraturstudie av befintliga tekniker för insamling och användning av regnvatten som kan vara lämpliga för området. Förutom litteraturstudien baseras underlaget i rapporten på den beräkningsmodell som tagits fram utifrån förutsättningar och möjligheter att implementera metodiken på Storsudret.

2.1 Litteraturstudie

Projektet bestod dels av en inledande litteraturstudie där vetenskapliga artiklar och litteratur användes. Dessa hittades med hjälp av sökmotorn Google Scholar med sökord som ”rainwater harvesting”, ”rooftop rainwater harvesting”, ”water filtration” och ”UV-sterilisation”.

2.2 Beräkningsmodell

Då rapportens mål är att utforma en beräkningsmodell för rainwater harvesting har arbetet kring rapporten främst bestått av att samla in olika data och sammanställa detta i en modell. Data har hämtats från bland annat Google Maps, Statistiska Centralbyrån (SCB), Lantmäteriet, Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) och Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut (SMHI). Kartor på Storsudret har analyserats med hjälp av ett geografiskt informationssystem, mer specifikt med hjälp av ArcMap.

För att få fram en beräkningsmodell har programmet Microsoft Excel använts. Där sammanställdes nederbördsmängden från SMHI:s månadsmedelvärden från de senaste 20 åren för att se hur nederbördsmängden varierar under året på Storsudret. Anledningen till att de senaste 20 åren användes var för att få ett tillförlitligt resultat, så att inte ett år med kraftigt avvikande nederbördsmängd skulle göra så att månadsmedelvärdet skulle vara missvisande. För att kontrollera de månadsmedelvärden som räknats fram, gjordes även en beräkning av månadsmedelvärde baserat på de senaste 10 åren. Efter jämförelse av medelvärdena från olika tidsintervall så syntes inga betydande skillnader och värdena från de senaste 20 åren valdes därför i beräkningarna. Data om nederbördsmängden är hämtade från SMHI:s mätstation ”Hoburg D”, vilket var lättillgängligt via SMHI:s hemsida. De övriga faktorerna som användes i modellen var antal personer i hushållet, förbrukning per person, takyta samt tankstorlek. Då dessa faktorer varierar beroende på hushåll, blev det dessa variabler som tillsammans styrde

huruvida det skulle vara logiskt och försvarbart att använda sig av rainwater harvesting. Resultatet i beräkningsmodellen såg även olika ut beroende på hur lång tidsaxel som används och därför blev även detta en viktig parameter i modellen.

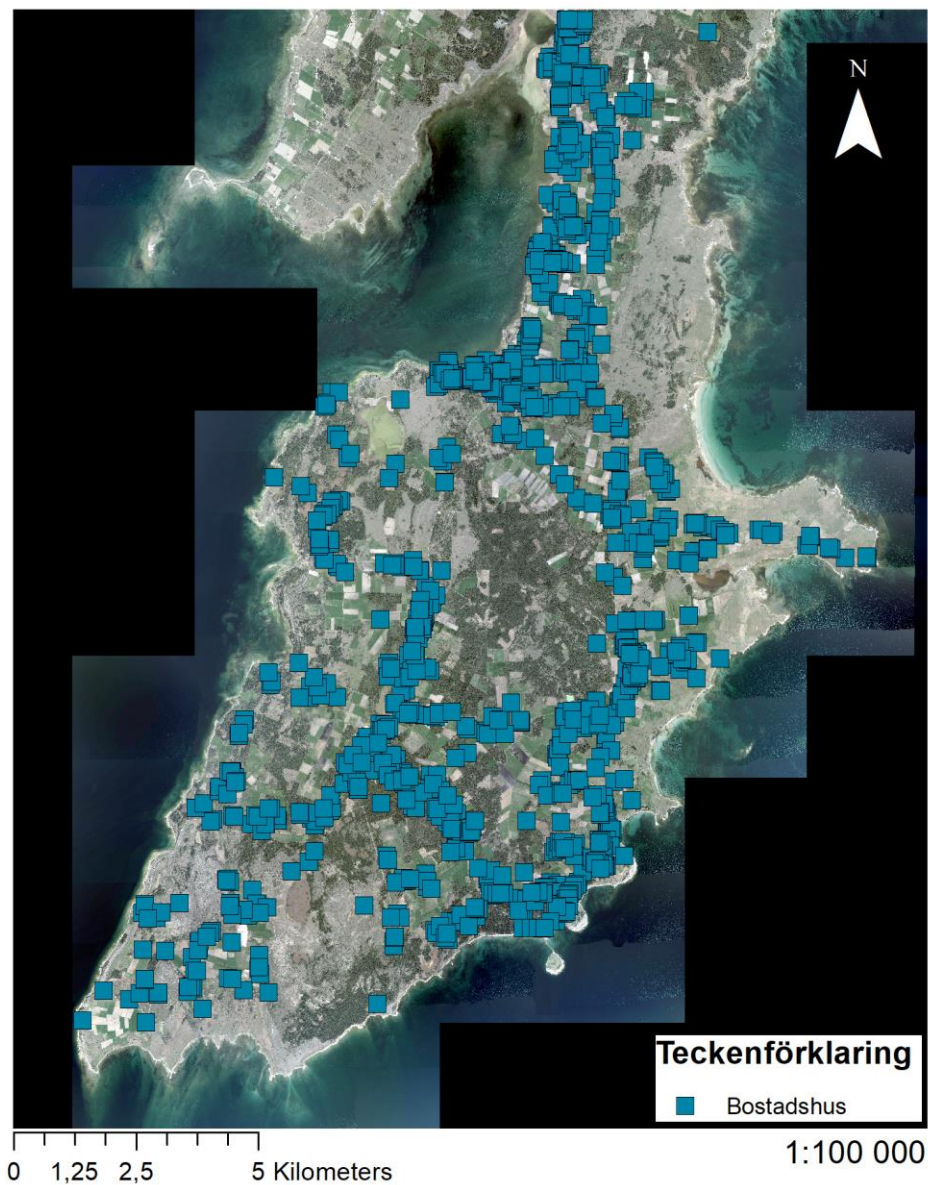
2.3 GIS och fältarbete

För att få fram information om antal byggnader och storleken på takytorna på Storsudret hämtades kartor via Sveriges lantbruksuniversitets (SLU) "Geodata Extraction Tool" även kallad GET-tjänst. I Tabell 1. presenteras vilken information för kartorna som analyserats, i det Geografiska Informationssystemet ArcMap som är en del av ArcGIS, gällande koordinatsystem, upplösning och upphovsmakare.

Tabell 1. *Den kartdata och information som hämtats via SLU:s tjänst "Geodata Extraction Tool". [Data från SLU, 2019]*

| Material | Metadata | Leverantör |
|----------------------------|--------------------------------|----------------|
| GSD - Fastighetskartan | 2017, SWEREF 99 TM | © Lantmäteriet |
| Ortofoto raster RGB 0.25 m | 0,25 meter, 2018, SWEREF 99 TM | © Lantmäteriet |

Ur Lantmäteriets fastighetskarta togs information om antalet bostadshus och takstorlek fram. Ur fastighetskartan sorterades enbart bostadshus ut, för att ta fram hur stor takyta som finns samt antal bostadshus, för att kunna räkna fram medelstorlek på tak. I Figur 1. visas vilket område som analyserats i ArcMap och de bostadshus som ligger i området.



Figur 1. Bild området Storsudret med bostadshus skapad ur GSD-Fastighetskartan, © Lantmäteriet. Bakgrundsbild: Ortofoto 0,25 m färg, © Lantmäteriet (2018).

Under fältarbetet gjordes förundersökningar av bostäderna på Storsudret för att få en uppfattning om vad det är för bostäder på Storsudret. Mer specifikt gällde det storlek på tak, takbeklädnad, om det finns andra takytor i anslutning till bostadshusen, exempelvis garage, lador och uthus, som också skulle kunna nyttjas för uppsamling. Under fältarbetet uppmärksammades det även om husen har stuprännor som underlättar vid eventuell anslutning till uppsamlingstank. Diskussioner fördes även med boende i området gällande intresset kring att implementera rainwater harvesting-lösningar i enskilda hushåll.

3. Rainwater harvesting

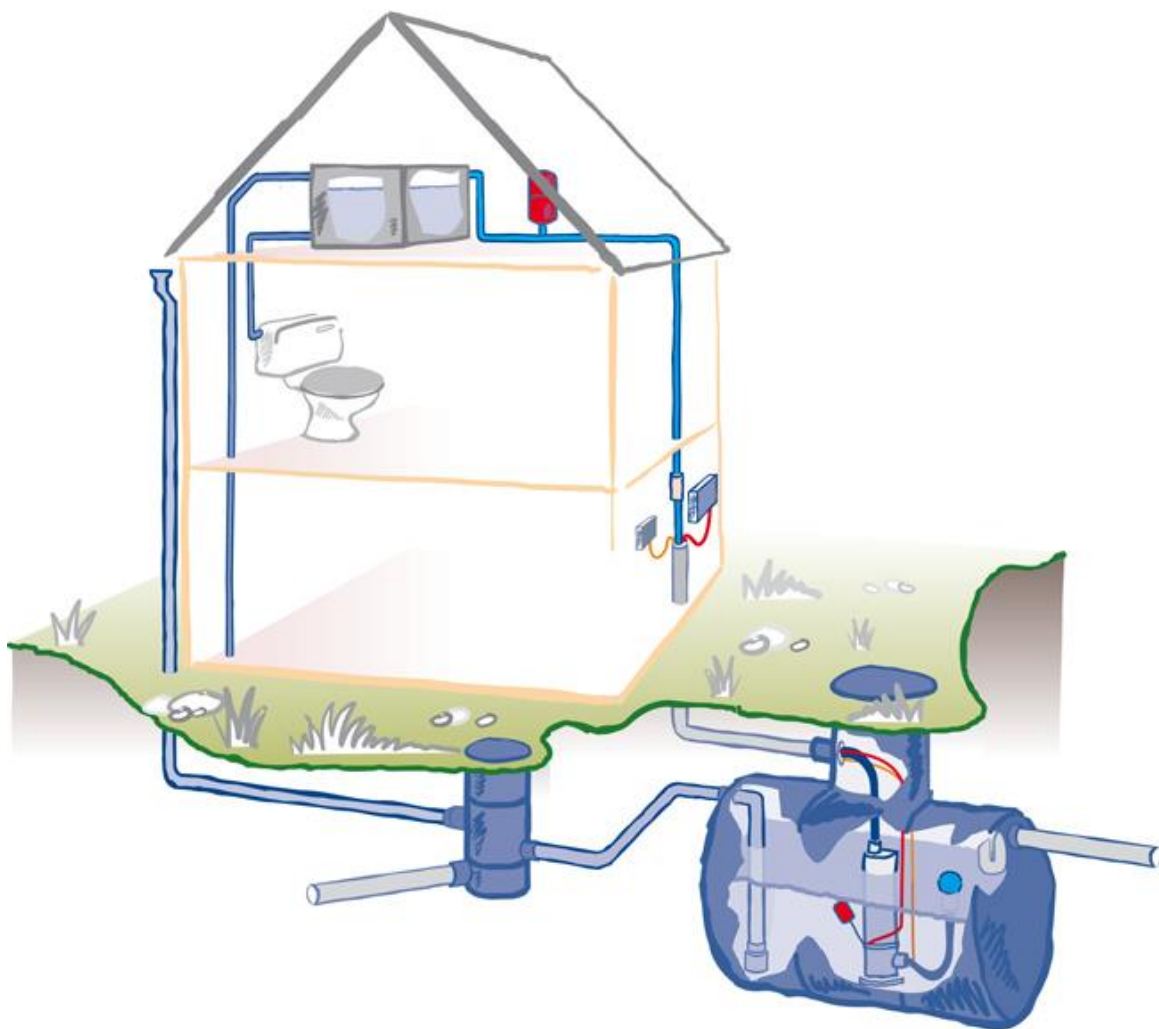
Rainwater harvesting kan definieras på flera olika sätt beroende på vilken metod som används men i generella drag kan det definieras som olika sätt att samla in och spara vattenavrinning, vilken anledning det än ska användas till (Boers & Ben-Asher, 1982). Metoden är enkel och vid gynnsamma förhållandena är det ett produktivt sätt att nyttja omgivande miljöer och därav effektivisera användningen och utvinningen av vatten (Helmreich & Horn, 2009).

På grund av den tidsperioden vi lever i nu, antropocen, finns det flera olika anledningar till att lösningar såsom rainwater harvesting behövs (Nationalencyklopedin, n.d.). I dagsläget används redan hälften av det tillgängliga avrinningsvattnet av mänskligheten (Pandey et. al., 2003). Trots detta så lever 844 miljoner människor utan tillgång till rent vatten, vilket är nästan var tionde person (Wateraid, n.d.). Detta globala problem tillsammans med att antalet människor på planeten ökar exponentiellt gör att vattenförsörjningsfrågan är en oerhörd viktig sådan. Rainwater harvesting lösningar kan då vara enkla och effektiva metoder att ta vara på nederbörden, att utnyttja resurser och de lokala förutsättningarna. Rainwater harvesting kan därför starkt kopplas till hållbart ingenjörsskap och hållbar utveckling.

3.1 Olika metoder av rainwater harvesting

Rainwater harvesting har använts i tusentals år (Goyal & Sivanappan, 2017) för olika ändamål och med olika metoder. Rainwater harvesting kan grovt delas in i tre olika kategorier. Den första metoden är insamling på plats, där vattnet lagras på den plats det faller genom perkolation och lagras i naturliga grundvattenmagasin i jorden. Den andra metoden är uppsamling av vatten från ytavrinning som fallit på en annan plats genom att leda detta till en central lagringsplats, där lagras det i öppna eller slutna akviferer. Dessa två metoder används ofta för vatten som brukas inom jordbruk och djurhållning. Den tredje metoden, som är den relevanta metoden för rapportens ändamål, är domestic rainwater harvesting (DRWH) där den nederbörd som faller på tak, vägar och andra hårdgjorda ytor samlas in och lagras i ändamålsenliga magasin. Magasinen skiftar i karaktär och storlek beroende på vad vattnet ska nyttjas till, investeringsmöjlighet och plats. Vanliga material för magasinerna inom DRWH är plast, plåt eller betong och dessa förläggs ovan eller under mark. Att placera tanken ovan mark underlättar installation, underhåll och service av tanken. Genom placering av tanken ovan mark kan vattnet

med hjälp av självfall rinna till uttagsplatsen och därmed minskar behovet av pump. Detta system lämpar sig för användning på platser där det finns möjlighet till förvaring på hög höjd, och där det inte finns risk för att systemet fryser. Ett exempel där det kan lämpa sig är i flervåningshus (Rahman et. al., 2012). Det är också vanligt med förläggning av lagringstank ovan mark i mindre skala exempelvis till bevattning i trädgårdar. För tillämpning på Storsudret så skulle en nedgrävd tank ha flera fördelar då det minskar risken för frostsador, ingen markyta tas i anspråk, de syns ej och det ger en jämnare vattentemperatur. Nackdelarna med att ha en nedgrävd tank är att det ger en högre installationskostnad, svårare tillgång, vilket försvårar underhåll, samt kräver en pump för att kunna använda vattnet (National Storage Tank, 2019, Rainharvest, 2013). I Figur 2. Presenteras en princip för hur DRWH kan utformas. Bilden har hämtats med tillstånd av Rainharvesting system (Rainharvesting systems, 2018).



Figur 2. Principskiss över hur ett rainwater harvesting system kan utformas med uppsamling, lagring och distribution (Rainharvesting systems, 2018)

3.2 Vattenkvalitet på regnvatten

Kvaliteten på regnvatten kan generellt ses som god och beror främst på vilka partiklar som finns i atmosfären. Regn som faller i lantlig miljö innehåller mindre föroreningar än regn i urbana miljöer till följd av att det finns mindre luftburna partiklar från utsläpp av trafik och industrier. Vid uppsamling av regnvatten kan det dock samla på sig en mängd olika föroreningar beroende på hur systemet för uppsamling och lagring är designat (Rainwater Harvesting, n.d.). Uppsamlingsytans material och behandling påverkar även vattnet, bäst lämpar sig tak med tegel-, betongplattor eller aluminiumplåt då det har liten eller ingen påverkan på vattnet. Tak klädda med zink eller koppar kan ge upphov till förhöjda metallhalter då regnvatten har ett svagt surt pH. Även partiklar från ytbehandlingen kan försämra kvaliteten på vattnet. För att hålla en god kvalitet på vattnet krävs också underhåll av systemet för att minska mängden organiskt material som vattnet kommer i kontakt med, detta kan inkludera rengöring av taket, stuprännor, stuprör och rengöring av lagringstanken. Ett vanligt förekommande system för att minska föroreningar och organiskt material i vattnet är ett så kallat "First flush" system där det första vattnet som rinner av taket samlas upp i en separat behållare. När denna är full kan vattnet därefter ledas vidare till den primära lagringen. "First flush" behållaren töms innan nästa regn och därmed försvinner merparten av det smuts och skräp som hamnat på taket mellan regnen.

Organiska material som kan påverka kvaliteten på vattnet är vindburet damm, löv och spillning från fåglar och andra djur. Spillning kan vara en källa till en mängd olika bakterier, virus och protozoer. Helmreich och Horn (2009) skriver att 80,3% av analyserade vattenprover från insamlat regnvatten innehöll koliforma bakterier. WHO (n.d.) skriver att trots att det är vanligt att koliforma bakterier förekommer, så är halterna av patogener, det vill säga något som framkallar sjukdomar, i insamlat regnvatten generellt sett lägre än i vatten hämtat ur ytvattentäkter. För att kunna bruka regnvattnet som dricksvatten rekommenderas desinficering och filtrering (Helmreich & Horn, 2009, Rainwater Harvesting, n.d.). Koliforma bakterier är cirka 0,2 micrometer stora och virus är cirka 100 gånger mindre så för att kunna filtrera bort dessa krävs mycket finmaskigt filter (Sato et. al., 2011). En annan metod för att oskadliggöra dessa föroreningar är att låta vattnet passera ett UV-filter där vattnet strålas med ultraviolett ljus för att döda eventuella bakterier och virus (Espwaterproducts, 2019).

3.3 Takavrinning som alternativ vattenförsörjning på Storsudret

På Gotland finns ett kommunalt vattennät som försörjs genom dagvatten från Tingstäde- och Bästeträsk samt av kommunalt borrade brunnar (Region Gotland, n.d.). Det kommunala vattennätet försörjs även av avsaltat vatten från Östersjön. År 2016 producerades 900 m³ dricksvatten genom avsaltning av brackvatten från Östersjön (Gotland i siffror, 2017). Det kommunala vattennätet, bestående av dagvatten, borrade brunnar samt avsaltat vatten, står för cirka 60 % av det vattnet som förbrukas på Gotland medan resterande vattenförsörjning täcks upp av egna brunnar. De egna brunnarna försörjer runt 13 000 fastigheter (Djurberg, n.d.).

Vart 5:e år utförs vattenprover på slumpvis valda brunnar, vilket kallas 100-undersökningen. 100-undersökningen utförs för att bedöma kvaliteten på grundvattnet samt på enskilda brunnar på ön. I 100-undersökningen 2015, gjordes tester på 200 slumpvis valda brunnar av Miljö- och Hälsoskyddsnämnden (MHN) tillsammans med Sveriges geologiska undersökning (SGU). I denna undersökning bedömdes 30 % otjänliga för dricksvatten samt 35 % tjänliga med anmärkning. 13 av dessa totalt 200 brunnar är belägna på Storsudret, varav sju stycken av de totalt 13 bedömdes otjänliga, fem tjänliga med anmärkning och en tjänlig utan anmärkning (100-undersökningen Dricksvattenkvaliteten i enskilda vattentäkter, 2015). Huruvida en brunn är tjänlig eller inte har bedömts utifrån halter av bor, klorid, kväveföreningar, mikroorganismer, såsom bakterier och virus, och även bekämpningsmedlen bentazon och BAM. I 100-undersökningen 2010, var endast 28 av 100 brunnar godkända utan anmärkning på hela Gotland. Detta tros vara på grund av ovanligt höga regnflöden just detta år, vilket leder till snabbare och större flöden av ytvatten ner till grundvattnet, utan att vattnet hinner renas (100-undersökningen Dricksvattenkvaliteten i enskilda vattentäkter, 2010). Detta är ett problem som kan minskas med ökad användning av metoder för regnvattenuppsamling. Dels på grund av att grundvattenanvändningen minskas, vilket gör att vattnets uppehållstid i berggrunden ökar, samt även på grund av att det totala flödet regnvatten som fyller på grundvattendepåerna minskar.

Ytterligare en faktor som kan påverka kvaliteten på grundvattnet, är om för stora uttag av grundvatten görs, nästan till den grad att grundvattendepåerna töms. Gotlands berggrund består i huvudsak av kalksten. Kalksten är en bergart som innehåller små sprick- och karstakviferer, där vatten både kan tömmas snabbt och färdas långa sträckor snabbt (Djurberg, n.d.). Den

snabba transporten och de små magasinerna, tillsammans med närheten till hav och saltrikt vatten, gör då att många brunnar som ligger i de kustnära socknarna kan ha hög kloridhalt. Ett sätt att minska risken för inträngning av kloridhaltigt vatten är genom att begränsa upptaget av vatten ur brunnen. Genom användning av regnvatten som alternativ eller kompletterande vattenförsörjningsmetod, kan hela eller delar av vattenbehovet från brunnen ersättas.

4. Resultat

En beräkningsmodell har tagits fram för att analysera i hur stor utsträckning som rainwater harvesting metoder skulle kunna ersätta grundvatten och/eller det kommunala vattensystemet. Resultatet presenteras genom tabeller och diagram som visar på vilka faktorer som har störst påverkan i huruvida metoden skulle kunna ge den positiva inverkan, vilket den teoretiskt har potential till, på Storsudret på södra Gotland. På grund av att modellen ser olika ut beroende på den data som läggs in i beräkningarna, så presenteras olika fall med olika parametrar i nedanstående stycken.

4.1 Inkluderade parametrar/faktorer i beräkningsmodellen

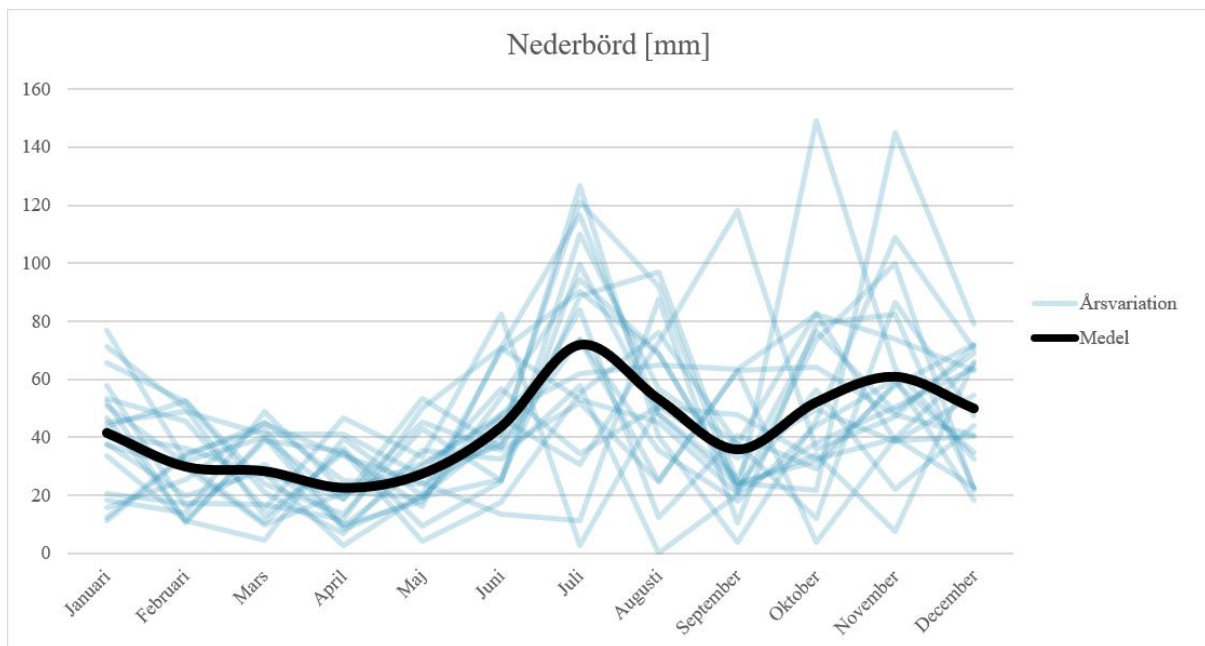
Modellen har tagits fram baserat på de faktorer som har störst påverkan på resultatet. De parametrar som har räknats in i modellen är nederbördsmängd, vattenförbrukning, takstorleken samt tankstorlek. Beroende på dessa olika faktorer värden kommer resultatet att se olika ut. Tidsperspektivet är även en stor faktor som har räknats in i modellen och diskuteras vidare i diskussionsdelen av rapporten. Faktorer som har negligerats är exempelvis evaporation, då detta bedöms vara en försumbar mängd, då den nederbörd som faller på tak rinner av innan den hinner avdunsta, vilket även tas upp i diskussionen. Ett annat antagande som görs är att all den nederbörd som faller är regn vilket gör att all nederbörd som faller på taken kan rinna ner i stuprännor och samlas upp. Ytterligare ett antagande är att ingen förlust sker genom spill och läckage.

4.1.1 Nederbörd

Nederbördsmängden som har använts i beräkningsmodellen är tagen från SMHI:s mätstation "Hoburg D". Här användes data från de senaste 20 åren som sedan sammanställdes som ett månadsmedelvärde. Det som denna parameter används till är först och främst för att få data på hur mycket nederbörd det kommer under ett år i genomsnitt på södra Gotland. Data användes även för att få nederbördsvariationen under året, det vill säga hur mycket det regnar beroende på vilken månad det är.

Enligt SMHI:s mätdata blev medelvärdet av årsnederbörden, baserat på de senaste 20 åren, 0,51831 m/år, det vill säga 518,31 mm/år (se Bilaga 1.). Detta motsvara en volym på 518 liter/m² (SMHI, 2019).

Den andra faktorn i beräkningsmodellen som gav signifikans var variationen mellan de olika månaderna under året. Data sammanställdes, som tidigare nämnts, som ett månadsmedelvärde och visas i Figur 3. Huvudsyftet med diagrammet är att se hur månadsmedelvärdet varierar under året. Denna sammanställda data kopplas sedan främst till hur tankinnehållet varierar med tiden, se 4.1.4 Tankstorlek.



Figur 3. *Nederbördens månadsfördelning på södra Gotland 1998-2017* [Data från SMHI:s mätstation "Hoburg D", 2019].

4.1.2 Takyta

Takytan är en viktig parameter i beräkningsmodellen, då den tillsammans med nederbördsmängden ger hur stort vatteninflöde som potentiellt sett kan skapas med rainwater harvesting. I beräkningsmodellen försummas typen av takyta, det vill säga exempelvis plåt eller tegel. Detta diskuteras istället i diskussionsdelen av rapporten 5.1 *Ytterligare faktorer som påverkar beräkningsmodellen*. Hur taktytor påverkar ett hushålls möjlighet till insamling av regnvatten och därmed dess möjligheter till att ersätta delar av sin vattenförsörjning med hjälp

av rainwater harvesting, redovisas i Tabell 2. I beräkningen antas tankstorleken inte vara en begränsande faktor och dessutom antas att en persons vattenkonsumtion är 140 liter/dag, vilket är den genomsnittliga förbrukningen för en person i Sverige per dag uppmätt av Svenskt Vatten.

Tabell 2. *Beräkning av hur stor del av vattenförsörjningen som under ett år kan ersättas med regnvatten baserat på takstorlek där uppsamling görs och antal personer i hushållet.*

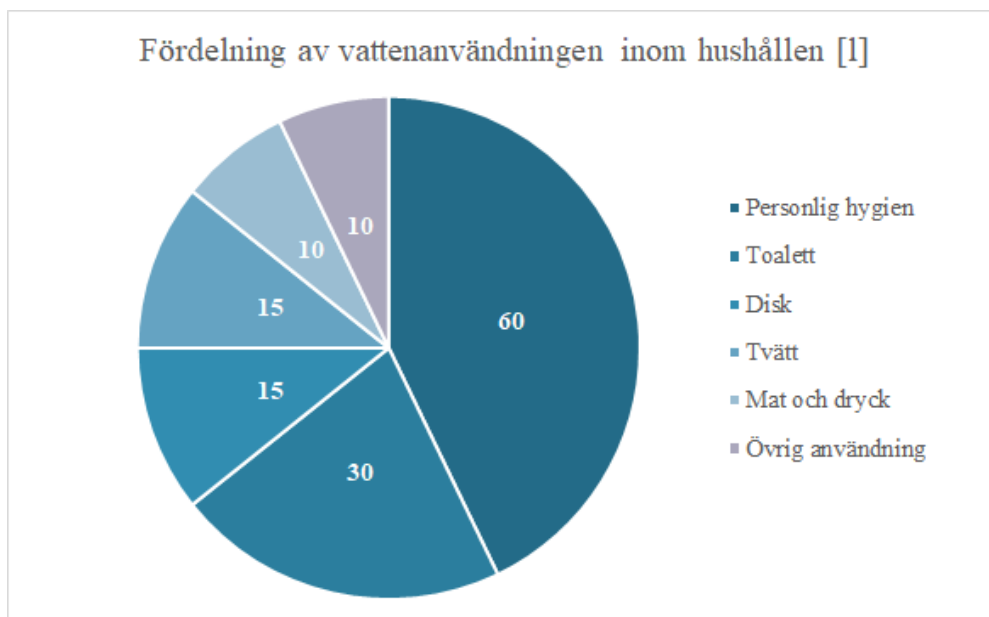
| Personer | 50 m ² | 75 m ² | 100 m ² | 125 m ² | 150 m ² | 175 m ² | 200 m ² | 225 m ² | 250 m ² | 275 m ² | 300 m ² |
|----------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1 | 51% | 76% | 101% | 127% | 152% | 178% | 203% | 228% | 254% | 279% | 304% |
| 2 | 25% | 38% | 51% | 63% | 76% | 89% | 101% | 114% | 127% | 139% | 152% |
| 3 | 17% | 25% | 34% | 42% | 51% | 59% | 68% | 76% | 85% | 93% | 101% |
| 4 | 13% | 19% | 25% | 32% | 38% | 44% | 51% | 57% | 63% | 70% | 76% |
| 5 | 10% | 15% | 20% | 25% | 30% | 36% | 41% | 46% | 51% | 56% | 61% |

Syftet med Tabell 2. är att ge en ungefärlig bild över hur vattenförsörjningen skulle kunna ersättas till olika stora delar beroende på ett hushålls förutsättningar. En viktig påverkande faktor till dessa beräkningar är att tankstorleken, som tidigare nämns, antas inte vara begränsande.

För att få en mer översiktlig bild över hela södra Gotland, och inte enbart beräkna rainwater harvesting potential utifrån enskilda hushåll, användes GIS för att sammanställa samtliga taktytor på Storsudret. Storleken på samtliga tak användes tillsammans med statistik kring befolkningmängden på Storsudret, hämtat från Region Gotland, för att se huruvida den totala takstorleken skulle kunna försörja den totala befolkningmängden. Detta diskuteras mer i 4.4 *Fallstudie på Storsudret utifrån GIS.*

4.1.3 Förbrukning

En viktig faktor vid dimensionering och utformning av ett system för att samla in regnvatten är att ta reda på hur stor hushållens vattenförbrukning är. Detta är, liksom tidigare faktorer, skillnad mellan olika hushåll, vilket gör att det är svårt att ha en konstant siffra i beräkningsmodellen. För att kunna presentera resultatet i tidigare stycken, har data från Svenskt Vatten (2019) använts. Enligt Svenskt Vatten förbrukar en bosatt i Sverige i genomsnitt 140 liter/dag. Dessa 140 liter/dag presenteras grundligare i Figur 4. Där presenteras det hur användningen av den totala dagsmängden är fördelad i ett hushåll (Svenskt Vatten, 2019).



Figur 4. Visar hur användningen av vatten för en person över en dag är fördelat. [Data från Svenskt Vatten, 2019].

För att på ett effektivt sätt kunna utforma systemet för uppsamling och användning av regnvatten, så behövs en uppfattning om vad vattnet ska användas till samt hur stor mängd vatten som behövs. Därmed undviks under- eller överdimensionering av systemet. Om tillräcklig takyta finns, det vill säga för att ersätta hushållets totala vattenbehov, bör systemet utformas med tillräcklig lagringsvolym. Detta för att kunna täcka de dagar då det är uppehåll. Om det uppsamlade regnvattnet skall användas till matlagning och som dricksvatten, bör även kvaliteten på vattnet undersökas och se till att mekanisk eller kemisk rening sker innan konsumtion.

För ett hushåll där den årliga konsumtionen överstiger den mängd vatten som kan samlas upp, kan delar av sin vattenanvändning ersättas med rainwater harvesting metoder. Genom att använda regnvattnet enbart till sådana användningsområden som inte kräver att vattnet är av drickbar kvalitet, kan kostnader för installation och underhåll hållas ner, då vatten som används till exempelvis toalettspolning inte behöver renas i samma utsträckning som dricksvatten. Tabell 3. presenterar hur stor del av det totala vattenbehovet som kan ersättas med regnvatten utifrån takstorlek och användning. Denna tabell utgår ifrån ett standardhushåll på Storsudret, det vill säga ett hushåll på två personer (se 4.4.2 *Medelhushållet på Storsudret*). Syftet med den här tabellen är att visa hur stor del av behoven som kan täckas med regnvatten utifrån olika användningsområden, dock krävs olika nivåer av rening beroende på användning.

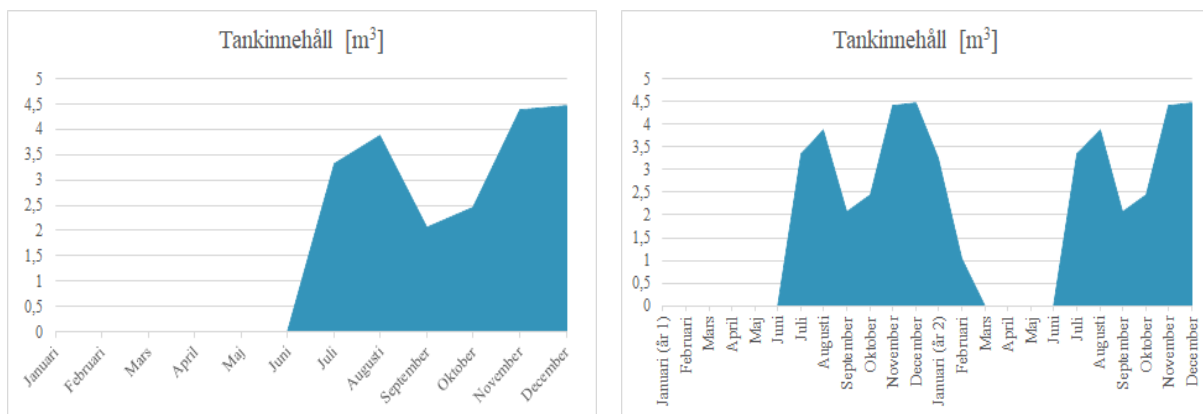
Tabell 3. *Andel av vattenbehovet som kan täckas vid olika användningsområden och takstorlekar till ett hushåll på två personer.*

| Användningsområden | 75 m ² | 100 m ² | 125 m ² | 150 m ² | 175 m ² | 200 m ² |
|--|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Enbart toalett (30 l) | 178% | 237% | 296% | 355% | 414% | 437% |
| Toalett och tvätt (45 l) | 118% | 158% | 197% | 237% | 276% | 316% |
| Toalett, tvätt och disk (60 l) | 89% | 118% | 148% | 178% | 207% | 237% |
| Toalett tvätt, disk och personlig hygien (120 l) | 44% | 59% | 74% | 89% | 104% | 118% |
| Samtliga användningsområden (140 l) | 38% | 51% | 63% | 76% | 89% | 101% |

4.1.4 Tankstorlek

Den tankvolym som krävs beror på hushållets behov, nederbördens fördelning över året och takstorlek. Utifrån SMHI:s nederbördsdata så regnar det mindre under vårmånaderna vilket gör att det bör finnas tillräcklig mängd vatten lagrad från föregående år för att kunna täcka förbrukningen under dessa månader. En underdimensionerad tank kan leda till att systemet inte klarar av att lagra vatten vid kraftig nederbörd eller så kan det leda till vattenbrist under de torrare delarna av året. Detta gör att tankstorleken även bör dimensioneras att det finns möjlighet att lagra vatten från tidigare år, så att det även finns möjlighet att klara av ett år med ovanligt lite nederbörd.

Betydelsen av tankstorleken presenteras i Figur 5. och Figur 6. där en jämförelse görs mellan två olika tidsperioder. Dessa exempel baseras på ett hushåll innehållande två personer, med en vattenförbrukning på 120 liter/dag vardera, samt en takstorlek på 150 m². Dessa 120 liter/dag är den mängd vatten som Svenskt Vatten beräknas åtgå per person till samtliga användningsområden förutom till mat och dryck. Detta används då vattenförsörjning till mat och dryck kräver ytterligare rening av vattnet. Här utgår beräkningarna på en tankstorlek på 5 m³, vilket i detta exempel är en nära optimal storlek på tanken eftersom vatteninnehållet inte överstiger detta värde.

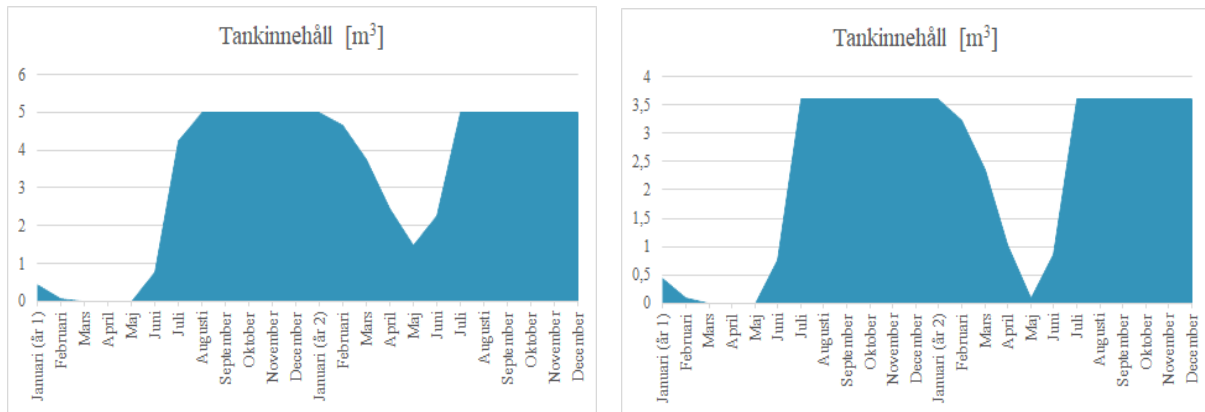


Figur 5. och Figur 6. Månadsberäkning av tankinnehåll med 150 m² takyta för ett hushåll med två personer med en vattenförbrukning på 120 liter/dag vardera under ett år respektive två år. Tankstorlek på 5 m³.

I Figur 5. och Figur 6. är inte tankstorleken den begränsande faktorn utan här är det takstorleken som avgör mängden regnvatten som kan samlas in. Det som presenteras i dessa diagram är även att tankinnehållet från föregående år täcker upp för ett antal månader år två. Om tankinnehållet i diagrammen är på noll, betyder det inte att det inte finns regnvatten att använda, det betyder att förbrukningen är lika stor eller större än insamlad mängd vatten.

I Figur 7. och i Figur 8. visas exempel där tankstorleken är den begränsande faktorn. I dessa exempel utgår beräkningarna från ett hushåll innehållande två personer, med en vattenförbrukning på 60 liter/dag vardera, samt en takstorlek på 100 m². 60 liter/dag och person motsvarar vatten som används till toalett, tvätt och disk, enligt Svenskt Vatten. I Figur 7. är lagringstanken 5 m³ och når sin maximala lagringskapacitet redan första året. Det lagrade

vattnet används sedan för att täcka det totala behovet då tankinhållet aldrig når noll år två. I Figur 8. presenteras tankinnehållet om tanken skulle ha en storlek på 3,6 m³ och där visas det att behovet fortfarande täcks på samma sätt som den större tanken. Detta skulle potentiellt spara ekonomiska kostnader, detta diskuteras ytterligare i 5.2.1 *Ekonomiska aspekter*.



Figur 7. och Figur 8. Månadsberäkning av tankinnehåll under två års tid med 100 m² takyta för ett hushåll med två personer med en vattenförbrukning på 60 liter/dag vardera. Tankstorlek på 5 m³ respektive 3,6 m³.

4.2 Möjligheter för användning inom djurhållning

Förutom användning av regnvatten inom hushåll så finns även stora användningsmöjligheter för regnvatten inom djurhållning. I samband med djurhållning finns ofta stora takytor att tillgå samt ett stort vattenbehov. Av det vatten som används inom djurhållning på Storsudret står kor för den största vattenförbrukningen. En uppskattning av antalet kor på Storsudret gjordes av Hermansson och Söderberg (2018) till totalt 3 200 kor varav cirka 1 200 mjölkkor (2018). Enligt rapporten "Vatten till husdjur" från Jordbruksverket, så dricker en mjölkko 50-100 liter vatten per dag och ungdjur 20-50 liter (Bengtsson et. al., 1999). För beräkningar av vattenanvändning per år används 100 liter per dag för mjölkkor och 50 liter vatten för ungdjur. Det ger att under ett år så förbrukar en mjölkko 36,5 m³ vatten och ungdjur ca. 18 m³.

(Ekv. 1)

$$\begin{aligned} \text{Dagligt behov för mjölkko} \cdot \text{Antal dagar} &= \text{Vattenbehov för ett år} \\ 100 \cdot 365 &= 36\,500 \text{ liter} = 36,5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Jordbruksverkets regler för minsta tillåtna yta i ligghall är 8,5 m² per djur för mjölkkor och 2,9–4,4 m² för ungdjur beroende på vikt (Bengtsson et. al., 1999). Detta tillsammans med en

årsmedelnederbörd på 518,31 mm, uppskattas den minsta mängd vatten som kan samlas in för en mjölkko till att vara 4,4 m³ per år och 2,28 m³ för ungdjur. Detta gör att, under ett år på Storsudret med de uppskattade 3 200 korna, kan grundvattenanvändningen minskas med åtminstone 9 848 m³ vatten då den siffran är baserad på minsta yta som lagen tillåter. Se Ekvation 2.

(Ekv. 2)

$$\begin{aligned} & \text{Regnvatten per år} \cdot \text{Minsta tillåtna yta per ko} \cdot \text{totalt antal djur} \\ & = \text{Regnvatten som kan samlas in} \end{aligned}$$

$$\text{För mjölkkor: } 0.51831 \cdot 8.5 \cdot 1200 = 5287 \text{ m}^3$$

$$\text{För ungdjur: } 0.51831 \cdot 4.4 \cdot 2000 = 4561 \text{ m}^3$$

$$\text{Totalt} = 5287 + 4561 = 9848 \text{ m}^3$$

4.4 Fallstudie på Storsudret utifrån GIS

För att få en större övergripande bild över huruvida rainwater harvesting skulle kunna hjälpa södra Gotland gjordes beräkningar på den totala takyten som finns på Storsudret, det vill säga både antal byggnader och bostadshus. Denna information sammanställdes med hjälp av ArcMap. Den totala takyten användes sedan för att räkna ut om denna takyta täcker Storsudrets totala vattenbehov. Detta baserat på den statistik kring befolkningens mängd som Region Gotland uppvisat 2018. Takyten användes även sedan för att försöka påvisa om det går att, med hjälp av den hämtade data, få fram en fallstudie på hur ett "medelhushåll" skulle kunna se ut på Storsudret.

4.4.1 Sammanställda storleken taktytor på bostadshus

För att ta reda på ifall totala storleken på taktytor på Storsudret skulle kunna täcka upp för det totala vattenbehovet som befolkningen har, användes ArcMap. Den totala takyten beräknades till 435 897 m² varav 172 361 m² av dessa var bostadshus. Resterande taktytor räknades som övriga hus, dessa inkluderar exempelvis lador och andra uthus. För att få fram befolkningens mängd, användes statistik framtagen av Statistiska Centralbyrån, vilket visade på 919 folkbokförda personer på Storsudret 2018 (Demografen, 2018).

I denna första beräkning användes 172 361 m² för att få reda på om den totala storleken på bostadshus på Storsudret skulle kunna täcka vattenbehovet som dessa 919 personer tillsammans har under ett år. Enligt beräkningsmodellen är takytan mer än tillräckligt för att försörja befolkningen på de folkbokförda 919 personerna. Detta är även beräknat med en vattenkonsumtion på 140 liter/dag och person. På grund av att den totala takytan av alla bostadshus på Storsudret är stor relativt vattenförbrukningen finns möjlighet att försörja en större population än vad som är folkbokförd på Storsudret idag. Om alla bostadshus på Storsudret skulle använda sig av rainwater harvesting skulle 1 748 antal personer kunna försörjas utifrån dessa förutsättningar, se Ekvation 3.

(Ekv. 3)

$$\frac{\text{Total takyta} \cdot \text{Årsnederbörd}}{\text{Förbrukning per dag} \cdot \text{dagar per år}} = \text{Antal personer}$$

$$\frac{172\,361 [m^2] \cdot 0.51831 [m]}{0.140 [m^3] \cdot 365} = 1748$$

4.4.2 “Medelhushållet” på Storsudret

För att räkna ut hur det skulle kunna se ut i ett “medelhushåll” på Storsudret var intentionerna att använda sig av den totala takytan från alla bostadshus och dela på antalet bostadshus för att få fram en medelstorlek. För att få fram huruvida ett medelstort bostadshus skulle klara sig på rainwater harvesting behövdes dock även hur många personer som ingår i ett medelhushåll. För att få reda på detta användes Statistiska Centralbyråns siffror från 2018 på hur många som är folkbokförda i alla fem socknarna som utgör Storsudret (Demografen, 2018). Ur SCB:s funktion, demografen, kunde dock inte antal personer boende i ett hushåll visas, vilket gjorde att beräkningar kring hur ett “medelhushåll” på Storsudret inte gick att ta fram ur statistiken.

För att kunna göra en uppskattning användes istället Statistiska Centralbyråns data på hur många människor som bor i ett medelhushåll i Sverige. Enligt SCB är snittet två personer i Sverige och detta antas stämma även på Storsudret (Statistiska Centralbyrån, 2014). Med data från ArcGIS och med hjälp Microsoft Excel räknades den genomsnittliga takstorleken på Storsudret ut. Detta resulterade i en takstorlek på 120 m², bara inkluderat bostadshus. Utifrån ett hushåll på två personer med en takstorlek på 120 m², så presenteras i Tabell 4. hur stor andel

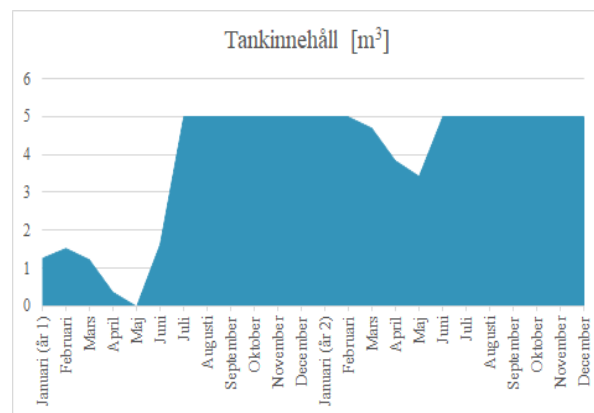
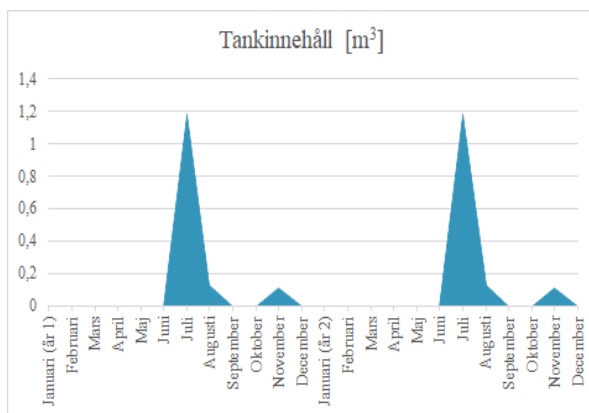
av vattenbehovet som kan ersättas med regnvatten utifrån olika värden på vattenförbrukningen per person.

Tabell 4. *Andel av vattenbehovet som kan täckas upp med hjälp av regnvatten utifrån ett "medelhushåll", mer specifikt: ett hushåll med två personer och en takstorlek på 120 m².*

| Daglig vattenanvändning [liter/person] | 30 | 45 | 60 | 120 | 140 |
|--|------|------|------|-----|-----|
| Andel som kan täckas med regnvatten | 284% | 189% | 142% | 71% | 61% |

Det som presenteras i Tabell 4. är hur stor andel av förbrukningen i ett "medelhushåll" som kan täckas med regnvatten, beräknat utifrån den genomsnittliga takytan, två personer och medelnederbörden på Storsudret. Här är inte tankstorleken inräknad, vilket gör att tankstorleken inte begränsar uträkningarna.

I Figur 9. och Figur 10. presenteras tankinnehållet för "medelhushållet", det vill säga hur vattenvolymen i lagringstanken varierar under två års tid utifrån en takyta på 120 m² och med ett hushåll på två personer. I Figur 9. presenteras hur vattenvolymen varierar då regnvatten används för all tillämpning förutom vatten till mat och dryck, det vill säga 120 liter/dag och person. I Figur 10. visas vattenvolymen i en tank med en vattenförbrukning på 60 liter/dag och person i ett "medelhushåll" på Storsudret.



Figur 9. och Figur 10. *Månadsförbrukning av tankinnehåll under två års tid med 120 m² takyta för ett hushåll med två personer med en vattenförbrukning på 120 liter/dag respektive 60 liter/dag vardera. Tankstorlek på 5 m³.*

Vid en vattenförbrukning på 120 liter/dag och person fylls lagringstanken på 5 m³ aldrig helt, utan kommer att innehålla 1,2 m³ som mest, under juli månad, vilket även är den månad som det regnar mest. Vid samma takstorlek och lagringsstorlek men med en lägre förbrukning på 60 liter/dag och per person så fylls tanken till maxkapacitet och täcker därmed hela vattenbehovet.

4.4.3 Totala storleken takytor

Om alla hus på Storsudret inkluderas, det vill säga även lador och uthus, uppgår den totala takytan till 435 897 m². Skulle all den ytan användas för att samla upp regnvatten skulle 225 930 m³ vatten kunna samlas in under ett år. Med en förbrukning på 140 liter/dag och per person, kan detta försörja runt 4 421 permanentboende enligt

(Ekv. 4)

$$\frac{225930 [m^3]}{0.140[m^3] \cdot 365} = 4421$$

Det finns därmed en kapacitet att försörja drygt fem gånger så många som bor på Storsudret idag. I dessa beräkningar är det dock inte inräknat hur stor tankvolym som krävs eller hur nederbördens årsvariationer påverkar under de olika månaderna. Syftet med den beräkningen är att få en uppfattning kring huruvida det finns tillräckligt med takytor redan idag för att försörja Storsudrets vattenbehov. Här tas det inte hänsyn till att befolkningmängden ökar under sommarmånaderna.

5. Diskussion

Det finns flera faktorer som påverkar noggrannheten i beräkningen. Den faktor som bedöms ha störst påverkan på resultaten är nederbörden. Ett flertal av de beräkningar som gjorts utgår från ett medelvärde för hur mycket nederbörd det har kommit under 20 års tid och hur den har varit fördelad över året. Medvetenhet bör finnas att detta medelvärde även kontrollerades genom att jämföra med de senaste tio årens medelvärde. Trots detta så kan nederbördsmängden variera kraftigt vissa år samt med klimatförändringar vet vi inte hur relevant historiska data är för att göra antaganden framåt i tiden. Dock kan denna data kring nederbörden skönja vissa trender.

Den hämtade data gällande nederbörden, tagen från SMHI:s mätstation, visar dock inte vilken typ av nederbörd som samlats upp under året. Detta kan komma att påverka beräkningsmodellen då nederbörd i form av snö har en tendens att blåsa bort. I resultatet negligeras det då antagandet görs att det inte är en betydande del av nederbörden som faller på Storsudret som är snö. Denna faktor måste dock uppmärksammas om tillämpning av rainwater harvesting ska ske på andra platser än Storsudret, där större delar av nederbörden som faller är snö.

En annan faktor som bedöms variera är hur mycket vatten som förbrukas i ett hushåll. Det finns idag många tekniska lösningar som kan hjälpa för att minska vattenförbrukningen i hushållet, som exempelvis snålspolande toaletter, blandare, duschmunstycken och vatteneffektiva disk- och tvättmaskiner. En ökad medvetenhet och information kring vattenanvändning kan dock leda till att användningen minskas.

5.1 Ytterligare faktorer som påverkar beräkningsmodellen

Det finns som tidigare nämnts flera olika faktorer som påverkar beräkningsmodellen som inte är inkluderade. En av dessa är, som tidigare nämnts, adsorption på takytorna. Beroende på takmaterial är adsorptionstalet olika, vilket påverkar hur stort vatteninflödet kan bli. Ett takmaterial med högre adsorption kommer skapa ett lägre inflöde. Detta har rapporten inte räknat med då detta antas vara av en försumbar storlek.

En större påverkande faktor är dock att många av husen på södra Gotland i huvudsak bara används under sommarmånaderna. Det här leder till att belastningen på vattenförbrukningen är högre under dessa månader. Det är dock svårt att kunna räkna på den totala belastningen som Storsudret har under sommaren, då specifika siffror över antal boende är svårtillgängliga. Även de hushåll som är permanentboende, har möjligtvis gäster som bor med dem under sommaren, vilket gör att vattenförbrukningen blir högre under sommarmånaderna även i dessa hushåll. I beräkningsmodellen är detta inte inkluderat, vilket kan vara missvisande eftersom vattenförbrukningen, liksom nederbörden, inte kommer att vara konstant under året. Detta är en av de största felkällorna till beräkningsmodellen.

Under *4.1.4 Tankstorlek* förklaras det hur tankstorleken påverkar hur stort vattenlagret kommer att vara under de olika månaderna under året. Där nämns det även att detta kommer synnerligen förändras desto fler år som går, då vattenlagret från tidigare år följer med in i nästkommande år. Detta är en viktig faktor som måste tas i beaktning. Tanken kan ha en storlek som inte är optimerad för det specifika hushållet om tidsperspektivet inte är inkluderat. Det är därför viktigt att räkna in eller åtminstone ha lagringspotentialen i åtanke under användandet av beräkningsmodellen.

I de fall där regnvattenanvändningen är liten i förhållande till den yta där rainwater harvesting sker, skapas ett överskott av vatten. Detta överskott kan nyttjas genom att låta detta överskottsvatten infiltrera ner till grundvattnet på ett kontrollerat sätt. Detta gör i sin tur att grundvattendepåerna fylls på med tjänligt vatten vilket kan vara behövligt i dessa områden. Då södra Gotland, och Gotland generellt sett, har problem med inträngning av salthaltigt vatten eller problem med kvalitén på grundvattnet, är denna påfyllning av grundvattnet gynnsamt inte bara för det enskilda hushållet utan även för de stora grundvattendepåerna. Att fylla på grundvatten på detta sätt gör även att vattnet som samlats upp på taken inte har påverkats av de föroreningar och näringsämnen som finns i det översta jordlagret. Dessutom om rainwater harvesting skulle utnyttjas för att fylla på grundvattendepåerna på detta sätt så skulle en mindre mängd av vattnet hinna avdunsta innan det runnit ner till magasinen. Detta på grund av att om nederbörden faller fritt på marken och vattnet inte samlas upp kommer även en del av vattnet tas upp av växter vilket under sommarmånaderna står för en betydande del vatten som inte når ner till grundvattendepåerna vilket gör att mindre grundvattenpåfyllning sker.

5.1.1 Vattenkvalitet

Innan regnet träffat taket innehåller vattnet låga halter av föroreningar och organiska ämnen, vattenkvalitén varierar därefter på hur systemet är utformat och hur väl systemet underhålls. Beroende på vad vattnet kommer att användas till krävs olika grad av rening om rainwater harvesting används. Rening görs för att ta bort större partiklar, organiskt material och/eller potentiellt farliga bakterier och virus ur vattnet.

Mest rening av vattnet krävs om regnvattnet skall användas som dricksvatten, till matlagning eller då det kommer i kontakt med människor, såsom vatten till personlig hygien. Detta på grund av att vattnet kan innehålla bakterier och virus som kan vara farliga vid kontakt eller förtäring av vattnet. Regnvatten som skall nyttjas för mat och dryck bör även ta hänsyn till regnvattnets svagt sura pH-värde som kan leda till utfällning av koppar i vattnet. Systemet bör därför utformas på ett sådant sätt att mängden koppar i systemet minimeras, exempelvis genom användning av plast i rörledningar och lagringstankar. Hänsyn bör även tas till vilket slags tak som uppsamlingen sker på, det vill säga vilket material taket är av då det kan ha en påverkan på vattnet. För att mer exakt kunna avgöra vilken rening som krävs och huruvida det lämpar sig att använda regnvatten till dricksvatten på Storsudret, bör vattenprover utföras.

Vatten som är avsett för exempelvis tvätt eller spolning av toaletter kräver dock inte lika hög reningsgrad och därmed kan en enklare typ av filter användas. Systemet kan, på grund av de lägre kraven, utformas på ett simplare sätt men kräver dock fortfarande en viss grad av underhåll.

5.2 Användarvänlighet

En av de större försvårande omständigheterna kring rainwater harvesting är just användarvänligheten. Detta på grund av att ansvar kring underhåll och kvalitet på vattnet läggs hos användaren, vilket gör att både kunskap och tid måste läggas på systemet. I jämförelse med kommunalt vatten, som inte ställer samma krav på användaren, kan detta göra att färre är intresserade av metoden. Underhållsarbete är dock inte en ofantlig del med avseende på nyttorna som systemet ger, men för att upprätthålla god kvalitet på vattnet krävs besiktning, provtagning och rengöring. Om detta inte sker på ett tillfredsställande sätt finns det risker med att använda sig av vattnet för konsumtion, specifikt för att vattnet kan bli otjänligt. Systemet

kan även sluta fungera exempelvis för att filter kan komma att täppas igen och stuprör kan täckas igen med löv eller andra organiska ämnen, vilket då leder till att systemet för insamling eller distribution försvåras.

Om flera olika vattenförsörjningsmetoder används i en fastighet bör vattensystemet dessutom utformas på ett sådant sätt att korskontaminering av vattnet undviks till en sådan stor utsträckning som möjligt. Exempelvis om det uppsamlade vattnet samlas upp i olika behållare och använder olika filter för rengöring, är det viktigt att inte blanda vatten av olika renlighetsgrad. Om det uppsamlade vattnet inte avses för användning inom mat och dryck, och exempelvis kommunalt vatten ska täcka den delen, krävs i det fallet att dessa ledningssystem inte sammankopplas då regnvattnet kan förorena det rena kommunala dricksvattnet. Som tidigare nämnts krävs även underhåll och skötsel av systemet, oavsett vad det uppsamlade regnvattnet används till. Det innefattar rengöring av uppsamlingsytan, ledningar, lagringstank samt underhåll och byte av filter.

5.3 Koppling till hållbar utveckling

En viktig del ur rapportens syfte är att se huruvida rainwater harvesting har en koppling till hållbar utveckling och hur det därmed kan bidra till både de nationella miljökvalitetsmålen, men även till de globala hållbarhetsmålen. Det nationella miljökvalitetsmålet som främst gynnas av rainwater harvesting är *Grundvatten av god kvalitet*. Några av de globala målen uppsatta av UNDP som har en tydlig koppling till rainwater harvesting är bland annat 6. *Rent vatten och sanitet*, 11. *Hållbara städer och samhällen* och 9. *Hållbar industri, innovationer och infrastruktur*.

Då rainwater harvesting metoder använder sig av lokala förnyelsebara resurser, det vill säga nederbörd, nyttjar man regnvatten på ett sätt som inte påverkar framtida generationer eller kringliggande miljö. Rainwater harvesting kan även användas för att ersätta det vatten som framställs genom avsättning av Östersjövatten, eftersom avsättning är en kostsam och energikrävande metod. Att därmed använda sig av en redan befintlig metod, som inte kräver samma energiåtgång ses som mycket positivt. Att dessutom de hårdgjorda ytorna som används för regnvatteninsamling redan finns, gör att metoden enkelt kan implementeras. Eftersom ett flertal privata brunnar är otjänliga samt på grund av att det kommunala vattensystemet inte är

utbyggt så att alla hushåll har möjligheten att ansluta sig, kan rainwater harvesting vara ett sätt att få tillgång till vatten av bättre kvalitet.

Trots att rainwater harvesting lösningar är starkt kopplade till hållbar utveckling, finns även negativa aspekter med metoden. En aspekt är exempelvis den material- och energiåtgång som krävs för konstruktion och installation av systemet. Detta handlar främst om ledningssystem, pumpar och lagringstankar. Det är något som är svårt att undgå helt, men miljöpåverkan går att minska genom användning av återvunna material, produkter av hög kvalitet och lång hållbarhet.

5.3.1 Ekonomiska aspekter

Det är svårt att beräkna de ekonomiska kostnaderna för rainwater harvesting. Det är främst rör, ledningar och lagringstank som kommer att kosta, då takytan för uppsamling redan finns. För enskilda hushåll kommer tanken och tankstorleken förmodligen vara den begränsande faktorn i huruvida det är ekonomiskt lönsamt eller inte att använda sig av rainwater harvesting. Då kostnader för systemet varierar beroende på förutsättningarna för hushållen samt skiljer sig priset för systemet mycket beroende på företag, materialval och tankvolym.

En annan viktig faktor i en ekonomisk kalkyl, kommer vara hur vattenförsörjningen för hushållet ser ut i dagsläget. För vissa hushåll kan rainwater harvesting vara den enda lösningen, då det inte finns tillgång till varken kommunalt vattennät eller tjänligt grundvatten. Om regnvatten är den enda gångbara källan till vatten så påverkar detta lönsamheten för implementering av regnvattenanvändning för hushållet. Andra vattenförsörjningslösningar, såsom avsaltning eller anslutning till kommunala vattennätet, medför även kostnader. Den lösning som är mest kostnadseffektiv för det enskilda hushållet bör dock undersökas individuellt då de olika förutsättningarna hushållet har, är det som avgör om rainwater harvesting anses som ekonomiskt lönsamt.

5.4 Rainwater harvesting på andra ytor

Denna rapport har avgränsats till att främst undersöka möjligheter för användning av regnvatten som faller på tak och lagras i tank. Domestic rainwater harvesting är den metoden som bedömts vara mest intressant utifrån de förutsättningar som finns på Storsudret. Det finns,

som nämnts under 3.1 *Olika metoder av rainwater harvesting*, andra metoder för att hantera regnvatten som skulle kunna nyttjas för att minska vattenbristen på Storsudret. Från större ytor som exempelvis maskinhallar, gårdsplaner, ladugårdar och parkeringsytor kan vatten ledas till dammar eller till slutna akviferer för att låta vattnet infiltrera ner till grundvatten.

5.4.1 Tillämpning på andra platser

Rainwater harvesting är en metod som kan vara intressant på många platser med bristande grundvattentillgång eller med bristfällig kvalitet. I Sverige finns idag flera områden med dålig grundvattentillgång, där metoden kan vara aktuell. På många håll i Sverige är årsnederbörden större än på Gotland, vilket leder till att det går att samla in mer vatten än vad som är beräknat i denna rapport. En ökad användning av rainwater harvesting inom tätorter och platser där det finns mycket tak och andra hårdgjorda ytor skulle minska belastningen på dagvattennätet och reningsverken, samt minska risken för översvämningar vid kraftiga skyfall. Implementering av rainwater harvesting i Sverige skulle därmed hjälpa miljökvalitetsmålet *Grundvatten av god kvalitet* och användning på andra platser i världen kunna bidra till de globala hållbarhetsmålen uppsatta av UNDP.

Det som påverkar huruvida rainwater harvesting skulle kunna användas i resterande delar av Sverige och världen är dock huruvida de meteorologiska förutsättningarna är gynnsamma. Gotland har en tillräcklig mängd nederbörd som faller och oftast i form av regn. Implementering på platser med kallare klimat gör att en större del av nederbörden är i form av snö. Det kan vara problematiskt då den nederbörden ofta blåser bort eller gör vattenuppsamlingen svårare.

5.5 Felkällor

Saker som kan påverka resultaten i varierande utsträckning är dels faktorer som redan har nämnts under diskussionsdelen av rapporten samt andra potentiella felkällor. En av dessa är takytan som hämtats som data från Lantmäteriet via ArcMap, då det inte är känt om ytan är beräknad utifrån husens grund eller för takytorna, vilka ofta är större till följd av att många tak har ett takutsprång. Kartorna tar heller inte hänsyn till om bostadshusen är bebodda eller inte, vilket då kan bli en potentiell felkälla. Eftersom kartorna inte innehåller information om vilken

typ av material taket är konstruerat av finns det tak som inte lämpar sig för uppsamling av regnvatten som är avsett att användas för mat och dryck.

Som tidigare nämnts är en konstant vattenkonsumtion inte en realistisk beräkningsgrund då dagsförbrukningen förmodligen kommer att variera från dag till dag men även mellan olika årstider. Även den faktor att befolkningen varierar över året med en kraftig ökning på sommaren är inte inräknat i beräkningarna under *4.4 Fallstudie på Storsudret utifrån GIS* vilket kan skapa en felaktig bild över hur vattenkonsumtionen ser ut på sommaren. Även nederbörden kan vara en felkälla i beräkningsmodellen, då den mätstation som använts i rapporten är belägen långt söderut på Storsudret. Detta på grund av att det inte är sannolikt att det regnar är lika mycket över hela området.

6. Slutsats

Projektet visar att trots den relativt låga årsnederbörden som uppmätts i området, så finns potential för boende på Storsudret att ersätta hela eller delar av sin vattenförsörjning med hjälp av rainwater harvesting. Detta på grund av flera olika faktorer som exempelvis att nederbördens fördelning över året är relativt jämnt samt att den nederbörd som faller är i form av regn vilket är gynnsamt för uppsamling. Främst kan utnyttjande av metoden användas då takytan i området är stor relativt till befolkningmängden. I hur stor utsträckning metoden kan hjälpa enskilda hushåll med sin vattenbrist är varierande och baserat på hushållens individuella förutsättningar. Dessa förutsättningar är främst takstorlek, vattenförbrukning och lagringspotential, samt de ekonomiska förutsättningarna för det enskilda hushållet.

Det rapporten även belyser är de främsta möjliga försvårande omständigheterna kring rainwater harvesting, är ekonomiska hinder samt det ansvar som ställs på användaren för att upprätthålla en god vattenkvalitet. Det inkluderar exempelvis underhåll av systemet och rening av vattnet till den grad som krävs för det menade användningsområdet. Om systemet är utformat på ett optimalt sätt samt att underhåll och rening är tillfredsställande, då kan rainwater harvesting inte bara gynna det individuella hushållet utan även lokalt stärka grundvattenbildningen. Detta genom att dels leda ner den nederbörd som inte ryms i tanken till grundvattendepåerna, men även på grund av minskat upptag av grundvatten. Rapporten visar därmed att potential finns för användande av rainwater harvesting metoder för att säkra vattentillgången i området och därmed bidra till en hållbar utveckling. Det skulle dessutom gynna det grundvattenrelaterade miljö kvalitetsmål uppsatt av Naturvårdsverket samt de globala hållbarhetsmålen skapade av UNDP.

Referenser

100-undersökningen Dricksvattenkvaliteten i enskilda vattentäkter. (2015). 2nd ed. Miljö- och hälsoskyddsnämnden Region Gotland

Ammenberg, J. *Miljömanagement*, 2 uppl, Studentlitteratur, 70-72.

Bengtsson, A., Bergknut, K., Eksvärd, J., Malm, T., Andersson, J., Thomke, S., Nyman, S., Engström, B., Engvall, A., Mattsson, R. and Mejerland, T. (1999). *Vatten till husdjur*. Falkenberg, Uppsala, Stockholm och Jönköping: Jordbruksverket, 8-9.

Boers, T. M., & Ben-Asher, J. (1982). *A review of rainwater harvesting. Agricultural water management*, 5(2), 145-158.

Demografen (2018). *Demografen*. [online] Tillgänglig via: <http://demografen.gotland.se/> [Hämtad 29 Apr. 2019].

Djurberg, H. (2019). *Gotlands grundvatten och dricksvatten - Förutsättningar och utmaningar inför framtiden*. 1a uppl. Akvanova [PDF] Visby: Region Gotland, 2-6. Tillgänglig via: <https://www.gotland.se/94272> [Hämtad 23 Feb. 2019].

Espwaterproducts.com. (2019). *Learn about UV Water Purification* | ESP Water Products. [online] Tillgänglig via: <https://www.espwaterproducts.com/understanding-uv/> [Hämtad 24 Maj 2019].

Globala målen. (n.d.). *GLOBALA MÅLEN - Globala målen*. [online] Tillgänglig via: <https://www.globalamalen.se/om-globala-malen/> [Hämtad 22 Feb. 2019].

Gotland i siffror. (2017). [PDF] *Visby: Region Gotland*, 33. Tillgänglig via: <https://www.gotland.se/64224> [Hämtad 1 Maj 2019].

Goyal, M. R. & Sivanappan R. K. 2017. *Engineering Practices for Agricultural Production and Water Conservation: An Interdisciplinary Approach*. 61-64. Oakville Canada: Apple Academic Press Inc.

Gröndahl, F., Svanström M. 2010. *Hållbar utveckling - en introduktion för ingenjörer och andra problemlösare*. Stockholm: Liber.

Helmreich, B., & Horn, H. (2009). *Opportunities in rainwater harvesting*. *Desalination*, 248(1-3), 118-124.

Hermansson, L. och Söderberg, R. (2018). *Vattenförbrukningen på Storsudret - en modellering av ett begränsat områdes vattenförbrukning och dess årsvariationer*. Stockholm: KTH, 14-15.

National Storage Tank. (2019). *Above Ground vs. Underground Water Storage Tanks: The Pros and Cons*. [online] Tillgänglig via: <https://www.nationalstoragetank.com/blog/above-ground-vs-underground-water-storage-tanks-the-pros-and-cons/> [Hämtad 23 Feb. 2019].

Nationalencyklopedin, *antropocen*.

<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/antropocen> [Hämtad 23 Feb. 2019]

Pandey, D. N., Gupta, A. K., & Anderson, D. M. (2003). Rainwater harvesting as an adaptation to climate change. *Current science*, 85(1), 46-59.

Rahman, Ataur & Dbais, Joseph & Mazharul Islam, Sk & Eroksuz, Erhan & Haddad, Khaled. (2012). *Rainwater Harvesting in Large Residential Buildings in Australia*. 10.5772/35274.

Rainharvest (2013). *Underground water tanks: Uses, Advantages & Disadvantages* | Rainharvest.co.za. [online] Tillgänglig via: <http://www.rainharvest.co.za/2013/04/underground-water-tanks-uses-advantages-disadvantages/> [Hämtad 23 Feb. 2019].

Rainwater Harvesting. (n.d.). [PDF] WHO. Tillgänglig via:
https://www.who.int/water_sanitation_health/gdwqrevision/rainwater.pdf [Hämtad 20 Mar. 2019].

Rainharvesting Systems. (2018). *Rainsava-Gravity - Rainharvesting Systems*. [online] Tillgänglig via: <https://rainharvesting.co.uk/domestic-rainwater-harvesting/domestic-gravity-indirect/rainsava-gravity-2/> [Hämtad 24 Maj 2019].

Region Gotland. (n.d.). *Spara vatten - Region Gotland*. [online] Tillgänglig via: <https://www.gotland.se/sparavatten> [Hämtad 23 Feb. 2019].

Sato, A., Wang, R., Ma, H., Hsiao, B. and Chu, B. (2011). Novel nanofibrous scaffolds for water filtration with bacteria and virus removal capability. *Journal of Electron Microscopy*, 60(3)

Sedlak, David. 2014. *Water 4.0 - the past, present and future of the world's most vital resource*. 14-15. New Haven and London: Yale university press.

SLU. (2019). *Sök digitala kartor och geodata | slu.se*. [online] Tillgänglig via: <https://www.slu.se/site/bibliotek/anvanda-biblioteket/soka/digitala-kartor/> [Hämtad 2 Maj 2019].

SMHI. (2019). *Ladda ner meteorologiska observationer | SMHI*. [online] Tillgänglig via: http://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer/?fbclid=IwAR33n-L_nGFFtKcW1AfrlpTzMSoPdG9H75wRwfscrJWjknSS2fcsBfK3gE#param=precipitation24HourSum,stations=all,stationid=68550 [Hämtad 24 Maj 2019].

Statistiska Centralbyrån. (2014). *Två personer i snitthushållet*. [online] Tillgänglig via: <https://www.scb.se/sv/hitta-statistik/artiklar/tva-personer-i-snitthushallet/> [Hämtad 2 Maj 2019].

Svenskt Vatten. (2019). *Dricksvattenfakta - Svenskt Vatten*. [online] Tillgängig via:
<http://www.svensktvatten.se/fakta-om-vatten/dricksvattenfakta/> [Hämtad 1 Maj 2019].

Sveriges Miljömål. (n.d.). *Grundvatten av god kvalitet - Sveriges miljömål*. [online]
Tillgänglig via: <http://sverigesmiljomal.se/miljomalen/grundvatten-av-god-kvalitet/> [Hämtad
22 Feb. 2019].

Wateraid. (n.d.). *Vatten / WaterAid*. [online] Tillgänglig via:
<https://www.wateraid.org/se/vatten> [Hämtad 23 Feb. 2019].

Bilagor

Bilaga 1. Beräkning av årsmedel- samt månadsmedelnederbörd [Data från SMHI, 2019]

| | Januari | Februari | Mars | April | Maj | Juni | Juli | Augusti | September | Oktober | November | December | Totalt |
|------------|----------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|----------|-----------|---------|----------|----------|---------|
| 1998 | 45,1 | 48,9 | 41 | 41 | 26,9 | 56,6 | 34,5 | 50,7 | 33 | 49,6 | 38,4 | 54,4 | 520,1 |
| 1999 | 53,5 | 45,4 | 15,5 | 46,8 | 33,2 | 82,3 | 2,9 | 50,3 | 47,7 | 32,4 | 39,7 | 65,1 | 514,8 |
| 2000 | 15,9 | 25,5 | 45,2 | 25 | 23,9 | 38,5 | 126,6 | 40,2 | 4 | 46,1 | 109 | 70,5 | 570,4 |
| 2001 | 41,2 | 36,2 | 26,9 | 20,9 | 31,1 | 46,6 | 30,5 | 72,6 | 118 | 36 | 47 | 71,6 | 578,6 |
| 2002 | 65,6 | 52,3 | 20,8 | 6,8 | 35,5 | 32,4 | 57,7 | 0 | 20,2 | 149,2 | 63,8 | 32,4 | 536,7 |
| 2003 | 33,8 | 11,2 | 4,4 | 39,7 | 19,8 | 41 | 121,2 | 92,1 | 21 | 38,1 | 50,5 | 63,9 | 536,7 |
| 2004 | 37,8 | 19,8 | 28,5 | 18,8 | 53,3 | 36,6 | 73,9 | 35,6 | 17,9 | 44,1 | 60,2 | 18,5 | 445 |
| 2005 | 40,3 | 29,4 | 27,5 | 2,7 | 20,2 | 69,6 | 90,4 | 68,8 | 24,2 | 31,8 | 58 | 71,9 | 534,8 |
| 2006 | 11,1 | 33,7 | 44,8 | 33,6 | 24,2 | 13,5 | 11,1 | 87,6 | 10,4 | 79,1 | 82,6 | 22,4 | 454,1 |
| 2007 | 77 | 31,7 | 39,8 | 8,4 | 19,5 | 25,5 | 109,9 | 56,9 | 37,6 | 12,2 | 86,6 | 47,5 | 552,6 |
| 2008 | 46,7 | 11,2 | 39 | 35,2 | 4,2 | 17,6 | 55,2 | 75,9 | 37,8 | 82,8 | 38,8 | 40,4 | 484,8 |
| 2009 | 12,3 | 34,2 | 43 | 9,3 | 30,3 | 47,8 | 73,3 | 25 | 63 | 64,3 | 47,7 | 40,8 | 491 |
| 2010 | 43,8 | 52,6 | 23,9 | 13,7 | 43 | 25,1 | 88,8 | 96,9 | 24,5 | 21,7 | 144,9 | 79,2 | 658,1 |
| 2011 | 50,6 | 31 | 10,7 | 36,2 | 9,6 | 24,8 | 99,5 | 47,9 | 23,5 | 33,9 | 7,5 | 66,1 | 441,3 |
| 2012 | 71,4 | 49,9 | 12,6 | 34,9 | 16 | 71 | 116,6 | 48,2 | 26 | 76,5 | 49 | 69,1 | 641,2 |
| 2013 | 37,3 | 29,5 | 9,8 | 21 | 28,5 | 37 | 83,9 | 12,5 | 40,6 | 29,2 | 58,8 | 34,6 | 422,7 |
| 2014 | 57,9 | 16,3 | 30,5 | 9,9 | 17,8 | 53,7 | 94,3 | 69 | 22,8 | 56,4 | 22 | 44 | 494,6 |
| 2015 | 52,2 | 10,4 | 40,1 | 18,8 | 45,2 | 35,6 | 51,8 | 24,7 | 62,9 | 3,8 | 39,6 | 22,8 | 407,9 |
| 2016 | 20,7 | 17,3 | 16,9 | 11,7 | 50,1 | 70,8 | 52,9 | 45,3 | 20,5 | 73,4 | 100 | 21,8 | 501,4 |
| 2017 | 18,5 | 13,9 | 48,9 | 21,4 | 19,1 | 47,7 | 62 | 64,9 | 63,5 | 82,4 | 74 | 63,1 | 579,4 |
| Medel [mm] | 41,635 | 30,02 | 28,49 | 22,79 | 27,57 | 43,685 | 71,85 | 53,255 | 35,955 | 52,15 | 60,905 | 50,005 | 518,31 |
| Medel [m] | 0,041635 | 0,03002 | 0,02849 | 0,02279 | 0,02757 | 0,043685 | 0,07185 | 0,053255 | 0,035955 | 0,05215 | 0,060905 | 0,050005 | 0,51831 |

TRITA TRITA-ABE-MBT-19498