

Varje droppe räknas

- En studie om regnvatteninsamling
från takytor i Visby

Daniel Lewing
Jesper Fahlström

Degree of Bachelor of Science
with a major in Geography
15 hec

Department of Economy and Society, Human Geography &
Department of Earth Sciences
University of Gothenburg
2022 B-1195



Varje droppe räknas

- En studie om regnvatteninsamling
från taktor i Visby

Daniel Lewing
Jesper Fahlström

ISSN 1400-3821

B1195
Bachelor of Science thesis
Göteborg 2022

Sammanfattning

Begränsade vattentäkter i Visby har på sina håll hämmat den regionala utvecklingen. Detta har lett till att man letat efter alternativa lösningar och utvecklat vattenbesparande tekniker. Regnvatteninsamling är en metod som används flitigt av visbyborna för att bevattna trädgårdar. Vad som däremot inte är särskilt etablerat i staden är regnvatteninsamling i en mer avancerad bemärkelse till användningsområden inom hushållsbruk för toalett-och tvätt. Tekniken för mer sofistikerade system av regnvatteninsamling är en kostsam installation, men i länder som Tyskland och Australien har det visat sig effektivt i kampen mot vattenförsörjnings-svårigheter. Syftet med studien är därför att undersöka vilken potential som finns med regnvatteninsamling i Visby för fristående villor, och undersöka hur väl invånarna i staden ställer sig till metoden genom en enkätundersökning. De år som användes i analysen representerade år med mindre än, normal, och större mängd nederbörd för att få en bredare förståelse för hur metoden lämpar sig under olika förhållanden. Resultaten visade att år 2005, som representerade ett torrt år, var 72 % av det totala vattnet som användes för toalett- och tvätt ändamål uppsamlat regnvatten. För året 2010 som representerade ett år med mycket nederbörd var effektiviteten 81 %. För året 2020 som representerade ett normalt år var effektiviteten 83 %. Resultatet synliggjorde hur uppsamlingstanken utgjorde en flaskhals i perioder av mycket nederbörd vilket resulterade i sämre effektivitet. Enkätstudien visade att invånarnas inställning till metoden var till större del positiv, då 62 % svarade att de kunde tänka sig installera ett system. I åldersgruppen 66+ svarade däremot majoriteten *nej* till en eventuell installation. Identifierade hinder med en installation var i första hand *kostnad*, följt av *begränsat utrymme*, *inget behov* samt *kunskapsbrist om metoden*. Slutsatsen är att det finns potential med regnvatteninsamling för ändamål inom hushållsbruk i Visby trots stora variationer årsvis i nederbördsmängd. Majoriteten ställde sig positiva till metoden och kostnad var det största hindret.

Nyckelord: Regnvatteninsamling, vattentillgång, vattenbesparingspotential, social inställning

Abstract

Limited water sources in Visby have hampered the regional development. This has led to the pursuit for alternative solutions and the development of water-saving techniques. Rainwater collection is a method that is widely used by Visby residents to irrigate gardens. Although harvested rainwater is mostly used for non-drinking purposes, in the case of Visby, it could be treated to be safe for household purposes such as in the use for toilets and laundry. The technology for more sophisticated systems of rainwater collection is a costly installation, but in countries such as Germany and Australia, it has proven effective to combat water scarcity issues. The purpose of this study is therefore to investigate the potential of rainwater collection in Visby for individual households, and to examine the social attitude towards the method. The selected years used in the analysis represented years with less than, normal, and greater amounts of precipitation to gain a broader understanding of how the method is suitable under annual differences. The results showed that in 2005, which represented a dry year, 72% of the total water used for toilet and laundry purposes was collected rainwater. For the year 2010, which represented a year with a heavy precipitation, the efficiency was 81%. Year 2020, which represented a normal year regarding precipitation, resulted in 83%. The result showed that the collection tank that was used to conserve the rainwater constituted a bottleneck in periods of heavy precipitation, which resulted in poorer efficiency. The survey showed that the residents' attitude regarding rainwater harvesting was largely positive, 62% of the participants answered that they could consider installing a rainwater harvesting system. However, in the age group of 66+, the majority answered *no* to a potential installation. Identified obstacles with an installation were primarily *cost*, followed by *lack of space*, *no need* and *lack of knowledge* about the method. The conclusion is that there is potential for rainwater collection for purposes in household use in Visby, despite large variations in annual rainfall. The majority were in favor of the method and cost was the biggest obstacle.

Keywords: Rainwater collection, water supply, water saving potential, social attitude

Förord

Detta kandidatarbete avslutar våra tre år på geografiprogrammet på Göteborgs universitet vid institutionen för geovetenskaper. Arbetet har genomförts under 10 veckor under vårterminen 2022.Handledare för arbete har varit Markus Giese och ansvariga för kursen har varit Sofia Thorsson och Jonas Lindberg.

Vi vill rikta ett stort tack till vår handledare Markus, som trots sex olika projektbeskrivningar stod kvar vid vår sida. Vi vill även tacka våra kursansvariga Sofia och Jonas som hjälpt till med vägledning och idéer längs arbetets gång. Ett stort tack även till geografiska föreningen som bistod med ett stipendium som gjorde vår fältresa möjlig. Dessutom vill vi även rikta ett tack till Susanne Pettersson, enhetschef på Region Gotlands VA-avdelning, som tillhandahållit väsentlig information, och som omedvetet bidrog med arbetets titel.

Innehållsförteckning

1. Introduktion	5
1.1 Syfte	6
1.2 Frågeställningar	6
2. Kunskapsöversikt	7
2.1 Regnvatteninsamling	7
2.1.1 Lagar och bestämmelser	8
2.2 Kvalitet på regnvatten	9
2.3 Behandling av regnvatten	10
2.4 Social inställning till regnvatteninsamling	12
3. Studieområde	13
3.1 Geografisk avgränsning	14
3.2 Vattentillgången i Visby	14
3.3 Vattenbristen i Visby	15
3.4 Klimat	15
3.5 Vattenförbrukning i Visby	16
4. Metod	18
4.1 Bearbetning av fastighetsdata i Geografiska Informationssystem (GIS)	19
4.2 Teoretisk potential	20
4.3 Effektivitetsanalys	20
4.4 Enkätundersökning	21
4.4.1 Enkätens utformning	23
4.4.2 Sammanställning och analys av enkätundersökningen	23
4.5 Metoddiskussion	24
5. Resultat	26
5.1 Teoretisk potential av regnvatteninsamling i Visby	26
5.2 Resultat av effektivitetsanalys	27
5.3 Sammanställning av enkäter	30
6. Diskussion	35
7. Slutsats	40
Bilaga 1 - Övriga figurer	45
Bilaga 2 - Enkätformulär	47

1. Introduktion

Vatten är vårt vanligaste livsmedel och i Sverige är tillgången på denna vitala förnödenhet i stort sett god. Rätt geologiska förutsättningar med nederbördsrikt klimat har resulterat i goda vattentäkter runt om i landet (SMHI, 2019a). Av denna anledning förknippas därför sällan ord som vattenbrist med den svenska identiteten. Det finns dock regioner i Sverige där vattnet är en bristvara (SVT, 2022). I Visby är fallet så. Staden är kanske främst känd för sina lämningar från Hansatiden och en tillflyktsort för soltörstiga semestersökare, snarare än en plats med bristande vattentillgångar (Region Gotland, 2018). Men faktum är att staden, liksom många andra platser på Gotland, har återkommande problem med vattenförsörjningen. Orsaken till varför hittar vi i de begränsade grundvatten-magasinen, historisk utdikning och intensifieringen av sommargäster (Region Gotland, 2016). Som svar på tal har man utvecklat avsaltningsverk, skannat efter fler grundvattenmagasin (SGU, 2015) och tillämpat metoder inom regnvatteninsamling.

Den sistnämnda metoden är ett vanligt inslag i trädgården hos de flesta Visbyborna, men tekniken används främst till bevattning och inte för återbruk inom hushållet. Tidigare forskning visar dock att genom insamling, filtrering och lagring är det möjligt att utnyttja regnvatten i hushållet till toalett-och tvätt och därmed använda det recirkulerade regnvattnet som ett komplement till andra vattentillgångar, och på så sätt avlasta grundvattenmagasinen (McCarton, L., O'Hogain, S., Reid, A. 2021). I länder som Tyskland och Australien är mer avancerade varianter av regnvatteninsamling en vanlig metod för att tillgodose vattentillgången, vilket har bidragit till en mer hållbar vattenförsörjning (Fewkes, 2012). I takt med att fler sommarstugeområden byggs om till permanentboenden i kombination med förväntade klimatförändringar där en temperaturökning följer tätt i ryggen (SMHI, 2015), är Visby i behov av alternativa vattenkällor. Regnvatteninsamling kan vara en av många åtgärder i kampen mot vattendilemmat, och eftersom det saknas studier om möjligheterna med regnvatteninsamling till hushållsbruk i Visby, är det av intresse att undersöka dess potential även där. Som Söderqvist (2019) nämner är dock metoden platsspecifik där utformningen och effektiviteten skiljer sig åt beroende på lokala förhållanden. I tillägg kräver tekniken utrymme för uppsamlingstankar och kostnader för installation, vilket medför potentiella sociala hinder för metoden. Hur hade då en applicering av ett mer avancerat regnvatteninsamlings-system fungerat utifrån Visbys förutsättningar, både naturmässigt och socialt?

1.1 Syfte

Syftet med uppsatsen är att utvärdera potentialen och effektiviteten med regnvatteninsamling på takytor för fristående hushåll i Visby, med stadsdelen innanför ringmuren exkluderat.

Denna studie ämnar således undersöka hur mycket vatten som kan samlas in för att därefter användas för hushållsbruk till användningsområdena toalett- och tvätt. Eftersom tekniken kräver utrymme för uppsamlingstankar och kostnader för installation ska även en enkätundersökning tas vid för att undersöka den sociala inställningen till regnvatteninsamling.

1.2 Frågeställningar

- Hur effektivt är ett regnvatteninsamling-system i Visby utifrån år 2005 med mindre, år 2020 med normal och år 2010 med större mängd nederbörd och hur mycket vatten kan ett enskilt hushåll spara?
- Vilken social inställning har personer i enskilda hushåll i Visby för RVI-system?

2. Kunskapsöversikt

2.1 Regnvatteninsamling

Regnvatteninsamling (RVI) kan definieras som uppsamling och lagring av regnvatten som faller på ogenomträngliga ytor för senare användning (McCarton, L., O'Hogain, S., Reid, A. 2021). I Sverige har metoden fått tämligen lite uppmärksamhet då grund- och ytvattentäkterna fyller vattenbehoven runt om i landet. På de håll som metoden tillämpas kan man enligt Oskarsson (2020) använda det recirkulerande vattnet till bl.a bevattning, och med rätt behandling, för hushållsbruk. Regnvatten kan utgöra en viktig källa på de platser där de primära alternativen, som grundvatten, är bristande (Oskarsson, 2020). Gemensamt för alla RVI-system är följande fyra komponenter (McCarton, L., O'Hogain, S., Reid, A. 2021):

- Avrinningsytan
- Transportsystem
- Filtrering
- Lagring

Avrinningsytan för ett RVI-system är en ogenomtränglig takyta som används för att samla upp regnvatten (Se figur 1). När det faller regnvatten på ett tak kommer all nederbörd ej kunna samlas upp. Vatten kan både absorberas av taket samt avdunsta vilket förhindrar insamling av vissa mängder av regnvattnet. För att göra beräkningar av hur mycket vatten av den totala nederbörden som kan insamlas används en s.k avrinningskoefficient (Oskarsson, 2020). Avrinningskoefficienten beror bl.a. på takmaterial, takets lutning samt lokala förhållanden. Tabell 1 visar den uppskattade avrinningskoefficienten och hur den skiljer sig beroende på takmaterial.

Tabell 1, Avrinningskoefficient beroende på vilket takmaterial. (Lorin, Johansson, Jönsson, Fastrup, Holm & Rahman, 2021).

Table 1, Drainage coefficient depending on roofing material (Lorin, Johansson, Jönsson, Fastrup, Holm & Rahman, 2021).

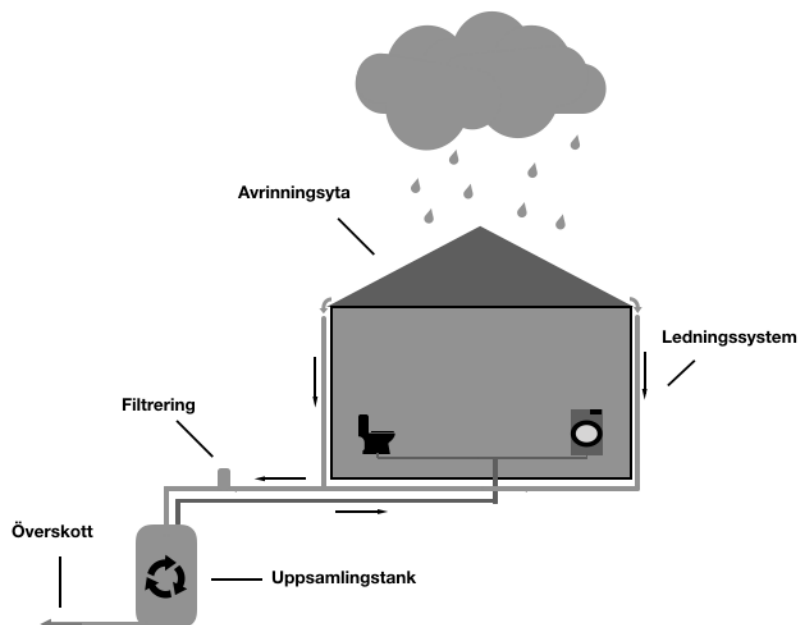
Takmaterial	Avrinningskoefficient
Plåt	>0,9
Eternit	0,8-0,85

Betong	0,6-0,9
Tegel	0,75-0,9

Från det att vattnet landat på avrinningsytan leds det till en uppsamlingstank.

Transportsystemet kan utgöras av enkla takrännor till mer avancerade alternativ. För att använda regnvattnet till användningsområden inom hushållet är det viktigt att vattnet uppnår god kvalitet. Graden av kvalitet varierar beroende på användningsområde, därför finns det en rad olika reningstekniker. Syftet med reningprocessen är att avlägsna suspenderade partiklar i regnvattnet vilket förhindrar att de strömmar in till uppsamlingstanken (McCarton, L., O'Hogain, S., Reid, A. 2021). Efter att vattnet har samlats upp och renats når det sedan uppsamlingstanken. Tanken kan variera i storlek beroende på användningsområden för regnvattnet, antal personer i hushållet och utrymme för placering av tanken.

Uppsamlingstanken kan grävas ned under mark vilket förhindrar innehållet att frysa om temperaturerna utomhus understiger noll grader Celsius.



Figur 1. Principiell ritning av ett RVI-system för toalett- och tvätt. Pilarna visar vattnets flöde.

Figure 1. Basic drawing of an RVI system for toilet and washing. The arrows show the flow of water.

2.1.1 Lagar och bestämmelser

I dagsläget har RVI-system inga tydliga riktlinjer eller lagstiftningar med avseende till ändamålet då vattenkvalitets-kraven är olika beroende på användningsområde (Lorin,

Johansson, Jönsson, Fastrup, Holm & Rahman, 2021). Vattenfrågor och vattenanläggningar regleras i bredare bemärkelse av regelverk, myndigheter och lagar. Vad gäller tillstånd för ett RVI-system varierar detta. Om en installation resulterar i en byggnad som syns ovan mark kan det krävas bygglov, detta gäller dock inte om installationen av anläggningen sker under mark (Ecoloop och WRS, 2021). Fortsättningsvis måste RVI-systemet vara helt separat från det kommunala dricksvattensystemet, alternativt att vattnet är brutet. Brutet vatten kan beskrivas som ett lås mellan två vattensystem. Anledningen till dessa krav är att förhindra eventuell återströmning av förorenat vatten till det kommunala dricksvattnet (S. Pettersson, personlig kommunikation, 22 april 2022). Avslutningsvis är det viktigt att den som väljer att installera ett RVI-system har en separat mätare för den andel spillvatten som utgörs av insamlat och använt regnvatten. Spillvatten är allt förbrukat- och således förorenat vatten som kommer från bl.a toalettspolning, dusch eller biltvätt. Resterande vatten, alltså allt avrinnande regn- och smältvatten som benämns som dagvatten, kräver inte samma reningsprocess vilket innebär att man skiljer spillvattnet och dagvattnet från varandra i olika ledningar (SMHI, 2019b). Anledningen till att det krävs en separat mätare för de med RVI-system är på grund av att kommunen har rätt att ta betalt för den del spillvatten som utgörs av regnvatten, då det förbrukade regnvattnet ska renas av de kommunala reningsverken (S. Pettersson, personlig kommunikation, 22 april 2022).

2.2 Kvalitet på regnvatten

Kvaliteten på regnvatten varierar. I stora städer där trafiken går tätt och industrierna står många kan regnvattnet vara kontaminerat av gaser, kolväten och tungmetaller. På landsbygden där större industrier är mer sporadiskt förekommande och luftföroreningar likaså, tenderar vattnet att ha bättre kvalitet än i större städer. Regnvattnet är således en produkt beroende på kvalitén av atmosfären (Helmreich & Horn, 2009). Det är dock inte enbart i atmosfären regnvattnet riskerar att kontamineras. Upptagningsområdet kan påverka kvaliteten till det negativa, detta då avrinningsytorna i sig kan utgöra en källa av tungmetaller och organiska ämnen. Avrinningsytor bestående av zink, koppar eller tak med metallfärg eller andra beläggningar med höga koncentrationer av metall är därför inte att föredra när det kommer till insamling av regnvatten (Helmreich & Horn, 2009). Fortsättningsvis kan damm från gator och byggarbetsplatser samlas på upptagningsområdet, och inte minst bakterier och virus som härstammar från fekalt material från bl.a. fåglar (Oskarsson, 2020). Mängden av de ovanstående föroreningarna beror delvis på meteorologiska faktorer som nederbördsintensitet

och vindförhållanden, men också graden av rengöring och underhåll av upptagningsområdet (Oskarsson, 2020). Avslutningsvis kan vattnet även kontamineras under lagring. Då vattnet magasineras kan partiklar sedimentera i tanken och skapa en odör till följd av anaerobisk nedbrytning av organiskt material (Oskarsson, 2020).

2.3 Behandling av regnvatten

Det finns ett flertal reningstekniker och behandlingsmetoder som är applicerbara vid RVI i syfte av att uppnå en adekvat vattenkvalitet. Nedan presenteras ett antal exempel ur ett brett urval av tekniker som finns för att rena regnvatten. Det finns både för- och nackdelar med de olika metoderna, och som regel är det bästa tillvägagångssättet att kombinera flera olika tekniker med varandra.

En inledande behandling som ofta rekommenderas i samband med RVI är att leda bort de första 0.5-2 millimetrarna av det avrinnande vattnet från takytan, också benämnt som *first-flush* (Helmreich & Horn, 2009). Genom att leda bort den första mängden av regnvatten undviker man att stora mängder av oönskade partiklar och bakterier som ackumulerats på takytan sedan föregående regnfall beblandas med det insamlade vatten. Metoden innebär även att tanken kräver mindre underhåll (Helmreich & Horn, 2009). Den exakta volymen av hur stor mängd *first-flush* som bör avledas beror på upptagningsområdets area samt vilket skick det befinner sig i, men det beror också på faktorer som intensiteten av regnfallet, då en högre intensitet innebär att ytan snabbare blir ren (Oskarsson, 2020).

En annan behandlingsmetod är desinfektion. Desinfektion kan beskrivas som ett samlingsbegrepp för olika metoder som ämnar för att reducera mängden mikroorganismer till en nivå som bedöms som adekvat och ändamålsenlig. Den vanligaste desinfektionsmetoden för att rena vatten är addering av klorin, vilket råder bot mot de flesta oönskade mikroorganismerna. Det finns däremot risker med desinfektionsmetoder. En reaktion mellan desinfektionsmedel och organiskt material, bromider, jodider eller antropogena föroreningar kan forma desinfektions-biprodukter som är hälsofarliga (Richardson & Postigo, 2011). Att addera klorinet efter att det insamlade regnvattnet lämnat insamlingstanken är av största vikt, detta för att undvika eventuella formationer av biprodukter, speciellt av den anledning att det kan ackumuleras organiskt material i botten av tanken (Helmreich & Horn, 2009).

Ytterligare en metod för desinfektion är pastörisering. Pastörisering innebär en uppvärmning av livsmedel med ändamålet av att ta död på bakterier och mikroorganismer som inte kan överleva höga temperaturer. Även om metoden inte steriliserar vattnet likt kokning, är det en effektiv teknik för att reducera stora mängder av patogener beroende på uppnådd temperatur, tid samt patogenens värmebeständighet och resistens (Islam & Johnston, 2006). Det finns olika pastöriseringstekniker, varav en metod är användandet av direkt solljus. Detta kan genomföras genom att förvara vattnet i en genomskinlig behållare så det kommer i kontakt med solljus (Safapour & Metcalf, 1999). Att använda solen som naturresurs innebär ett hållbart tillvägagångssätt för att värma upp vattnet till önskad temperatur - oftast minst 50° (Helmreich & Horn, 2009). Nackdelar med tillvägagångssätt som involverar solenergi är att systemet blir beroende av en någorlunda regelbunden mängd soltimmar och solljus. En annan desinfektions-metod som därför kan anses mer pålitlig är tillämpningen av UV-lampor. UV-ljus med en särskild våglängd kan döda både bakterier och virus genom att ha sönder mikroorganismers DNA (Burch & Thomas, 1998).

Filtrering är också en effektiv metod för att rena vatten. Det är främst vid vatten med hög turbiditet (grumlighet) som filtrering är extra viktigt, och ju högre turbiditeten är, desto mer filtrering krävs. Vid småskalig rening av vatten, exempelvis vid RVI för enskilda hushåll, är ett grovfilter en vanlig teknik att applicera i starten av reningsprocessen. Ett grovfilter består vanligtvis av filtermaterial i olika storleksordningar som successivt minskar i samma riktning som vattnets flöde, antingen vertikalt eller horisontellt beroende på system (Burch & Thomas, 1998). På så sätt minskar man mängden sediment och annat oönskat material, och vattnets turbiditet blir således lägre. Trots att grovfiltret är effektivt kan det vara otillräckligt för att uppnå en tillräckligt god vattenkvalitet. För att rena vattnet ytterligare kan filter med mindre partiklar användas, som exempelvis ett långsamfilter (slow sand filter) eller ett snabbfilter (rapid sand filter). Ett långsamfilter består även den av en flerstegsprocess med olika lager som vattnet ska passera igenom. Det är vanligtvis ett sandlager, till följt av en duk och en grus- eller tegelbädd som utgör hela filtrets utformning. Resultatet blir att bakterier och protozoer filtreras bort, men även att organiskt material bryts ner vilket gör att tekniken även fungerar bra i att avlägsna lukt och smak från vattnet (Burch & Thomas, 1998). Ett snabbfilter består likt långsamfilter av samma process och material, men den stora skillnaden är att vattnet passerar filtret i en betydligt högre hastighet (Helmreich & Horn, 2009). Ett ytterligare filter som lämpar sig för rening av regnvatten är membranfilter (Helmreich & Horn, 2009). Dessa filter har en liten porstorlek och är likt sandfilter effektiva i att filtrera

bort mängder av mikroorganismer. Men i dessa är porerna så små att de oftast krävs tryck för att vattnet ska kunna ta sig igenom (Lidén, 2020).

2.4 Social inställning till regnvatteninsamling

Utvecklingen och implementeringen av nya metoder för RVI beror inte enbart på tekniska lösningar eller nya lagstiftningar. För att realisera utvecklingen av RVI-tekniker på en plats är det viktigt att ha de sociala aspekterna i åtanke (Fewkes, 2012). Den sociala acceptansen av tekniken varierar på olika håll i världen. I Tyskland har tekniken tillämpats i större utsträckning sedan 70-talet då landet upplevde problem med vattenförsörjningen (Fewkes, 2012). Trenden ser ut att hålla i sig då den tyska regeringen fortsätter att erbjuda ekonomiska incitament och statliga subventioner för att främja utvecklingen av RVI (CleanaWater, 2015). Den sociala acceptansen för RVI-system i länder som Tyskland kan betraktas som väletablerad då den sedan årtionden tillbaka uppmuntrats även på politisk nivå.

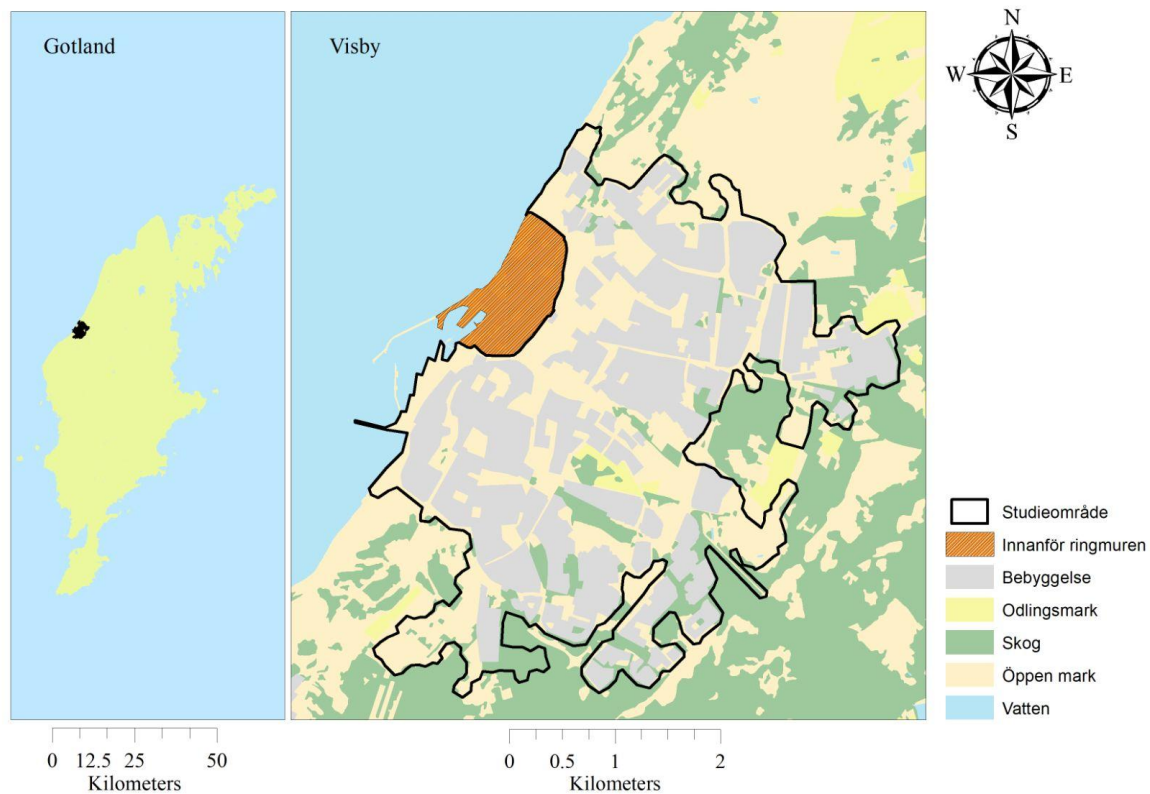
På platser där tekniken inte är särskilt utvecklad finns det däremot vissa sociala hinder att ta med i beräkningen. Ett av de största hindren mot etableringen av RVI-system är enligt Roaf (2006) bristen på kunskap hos allmänheten gällande tekniken. Det kan handla om brist på empirisk data som tillsynsmyndigheter kan använda för att formulera standarder för tekniken, men också brist på kunskap hos entreprenader eller arkitekter (Fewkes, 2012).

Kunskapsbristen om RVI kan också vara rotad i en bredare bemärkelse, till exempel att tekniken är okänd och därmed oprövad. Således kan kunskapsbrist i ämnet leda till en rad olika hinder. Kostnad är parameter som är viktig att ha i åtanke vad gäller den sociala acceptansen, detta då tekniken som regel kostar tiotusentals kronor att installera för att uppnå kvalitet för ändamål inom hushållet. Utöver att belysa hinder kopplat till den sociala inställningen till RVI är det viktigt att lyfta de fördelar och positiva effekterna på hållbarhet som metoden kan resultera i. Som Fewkes (2012) förklarar kan utvecklingen av RVI-tekniker inte bara avlasta vattentäkterna, men också minska efterfrågan på allmän vattenförsörjning. Genom att belysa de positiva effekterna av innovativa tekniker som RVI kan detta öka viljan hos invånarna att installera systemen (Fewkes, 2012).

3. Studieområde

Visby är en tätort på västra Gotland. Staden hyser omkring 24 000 invånare, men ser man till sommarmånaderna ökar befolkningen avsevärt då staden är en populär turistort (Region Gotland, 2018). Vad som lockar besökarna är, förutom en välbevarad medeltidsanda, faktumet att Visby tillhör en av Sveriges solsäkraste områden och har en omfattande turistnäring. Intensifieringen av säsongsgästerna i kombination med begränsade vattenmagasinen har dock lett till en bristande vattenförsörjning vilket har resulterat i bevattningsförbud från tidig vår till sen sommar (Region Gotland, 2022a).

Bevattningsförbudet är en av många lokala åtgärder som årligen sätts i verk för att både motverka men också belysa de bristande vattentillgångarna.



Figur 2. Översiktskarta över studieområdet. Data © (Lantmäteriet)

Figure 2. Overview map of the study area. Data © (Lantmäteriet)

3.1 Geografisk avgränsning

Det finns en tydlig uppdelning av Visby, där Visby ringmur omfamnar och omringar den uråldriga stadsdelen och avskiljer den från resterande av Visby tätort. I den geografiska avgränsningen av detta arbete har denna stadsdel exkluderats till följd av en rad olika anledningar (se figur 2). Området innanför ringmuren, även benämnt som Hansestaden Visby, är ett världsarv då det instiftades in i Unescos världsarvslista år 1995 (Unesco, 2019). Stadsdelen är utpräglad av mängder med kulturarv och medeltida inslag som genomsyrar dess platsidentitet (Unesco, 2019). Med tanke på dess kulturmässiga och historiska betydelse i samband med stadsdelens tätbebyggda struktur lämpar sig inte denna del av Visby för RVI. En implementering av vattentankar i direkt anslutning till fastigheterna skulle inte vara funktionellt då det varken finns tillgängliga areal samt att acceptansen att modifiera och utveckla kulturviktiga fastigheter är låg, om inte obefintlig. Av den anledning exkluderades Hansestaden, för att istället fokusera på resterande delar av Visby tätort.

3.2 Vattentillgången i Visby

Visbys vattenförsörjning består av grundvatten från fyra täktområden: Langeshage, Follingbo, Furulund och Skogsholm (Region Gotland 2019). I Visby och Gotland överlag, finns grundvattnet mestadels i berggrunden som huvudsakligen utgörs av uppsprucken kalksten (Region Gotland, 2016). Mängd grundvatten som bildas i kalkberggrunden beror bl.a. på om berget är täckt med jordlager, och vilken typ (Region Gotland, 2016). Kännetecknande för det gotländska landskapet är alvarmark som utmärks av ett tunt eller icke existerande jordlager (Länsstyrelsen, u,å). Avsaknaden av jordlager kan leda till att vattnet evaporerar vilket kan förhindra grundvattenbildning. I tillägg till de tunna jordlagren är berggrunden relativt tät vilket gör att majoriteten av nederbörden inte bildar grundvatten utan rinner istället av från markytan (SGU, u,å). Vidare sker vattentransporten i kalkberggrunden endast i sprickor vilket medför en snabb transport av nederbörd, detta ökar dock risken för föroreningar och förhöjda halter av organiska material (Region Gotland, 2016). Kalkstensberggrund kan dock genom karstsystem innehålla stora mängder grundvatten (Florén, 2015), vad som dock är känt om den gotländska berggrunden är att den innehåller endast små mängder magasinerat vatten (Region Gotland, 2016). Kombinationen av den marginella magasineringsförmågan i berggrunden och de folkrika sommarmånaderna har lett

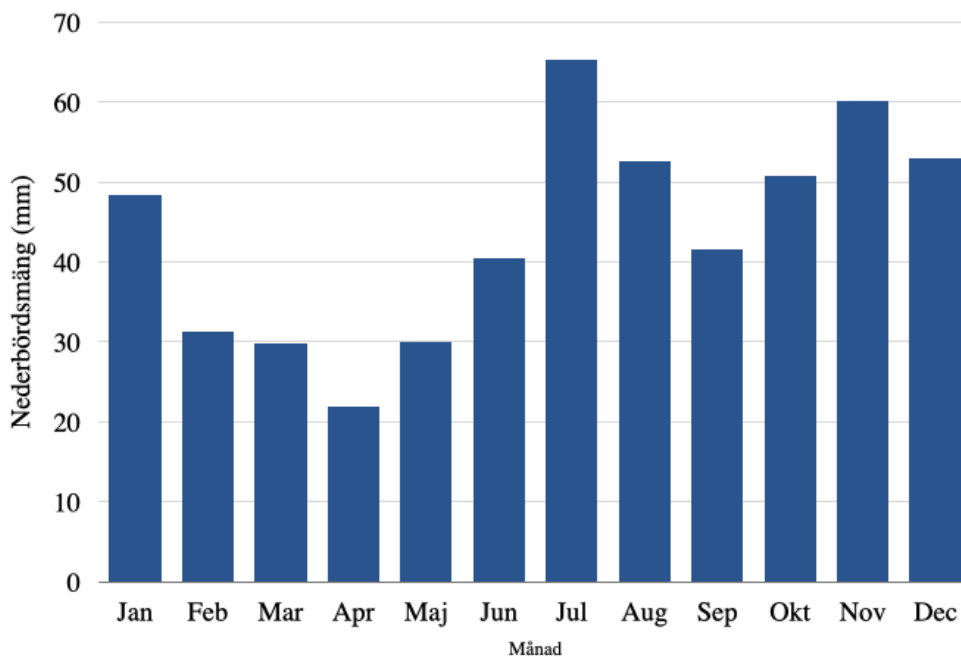
till att man sedan 2015 även använder Tingsträdeträsk som vattenresurs för Visby (Region Gotland, 2019).

3.3 Vattenbristen i Visby

Att den populära sommarorten Visby har vattenbrist beror på en rad olika faktorer. Med utgångspunkt i avsnittet om de hydrologiska/hydrogeologiska förhållanden förstår vi att den gotländska berggrunden har förhållandevis dålig magasinering förmåga, där de tunna jordlagren gör att merparten av nederbörden inte bildar grundvatten utan rinner av från markytan och vidare ut i Östersjön (SGU, u.å). Mer till orsaken hör de nederbördsfattiga månaderna under vår och tidig sommar vilket gör att grundvattenbildningen under samma period är mycket liten. Under sommaren ökar dessutom avdunstningen samt växternas transpiration vilket förhindrar vattnet att nå berggrunden (SGU, u.å). De naturliga orsakerna ansvarar dock inte ensamt vad gäller vattenbristen. Tidigare utdikning av våtmarker och kanalisering av vattendrag har lett till att många vattentäkter avtar under de torra månaderna (Länsstyrelsen, 2018). Vidare har utvecklingen av semesterboenden och intensifieringen av sommargästerna satt hård press på de redan belastade vattentäktena.

3.4 Klimat

De inre delarna av Gotland har klimatologiska drag som liknar kontinentalt klimat. Närmar man sig kusten där Visby är beläget uppvisar klimatstationerna istället något som påminner om kustklimat, detta beror på Östersjöns påverkan (SMHI, 2013). Den varmaste månaden för Visby är juli med en medeltemperaturen på 20°C, och den kallaste är februari med 0°C (Klart, u.å). Vad gäller årsnederbörd varierar den från något under 500 mm vid kusten till strax över 600 mm vid öns inre (SMHI, 2013). Figur 3 visar den genomsnittliga nederbörden varje månad från år 2001 t.o.m 2020. Som figuren visar faller det mindre nederbörd under månaderna februari, mars, april och maj än årets resterande månader. Mest nederbörd faller i genomsnitt i juli. Viktigt att nämna är dock avdunstningen, som är i särklass mest under sommarmånaderna, något som i sin tur påverkar mängden grundvattenbildning.



Figur 3. Månadsmedelvärde av nederbörd (mm) i Visby. Från SMHI:s mätstation Visby D för åren 2001-2020. Data (SMHI, u.å).

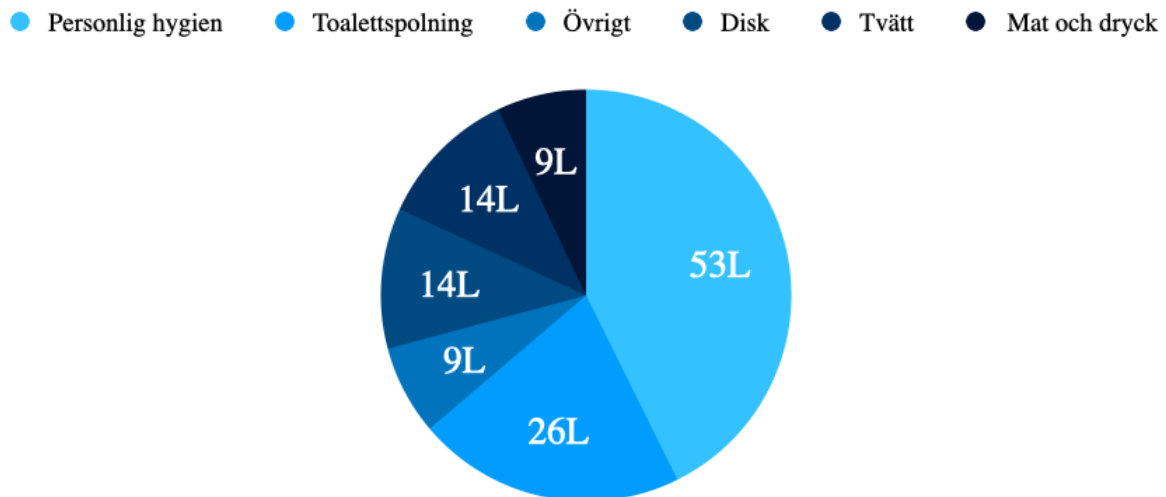
Figure 3. Monthly average value of precipitation (mm) in Visby. From SMHI's measuring station Visby D for the years 2001-2020. Data (SMHI, u.å).

3.5 Vattenförbrukning i Visby

I Visby är det Region Gotland som ansvarar för den allmänna vattenförsörjningen och tillhörande vattenledningsnät (Länsstyrelsen, 2018). Den totala vattenanvändningen för hela ön uppskattas vara ungefär 20.8 miljoner kubikmeter varje år (SCB, 2017). Även om stora delar av Gotland försörjs av enskilda brunnar, där Gotland är det län med störst procentandel som försörjs av enskilt vatten utanför kommunalt härrör i Sverige (SCB, 2017), så betjänas invånarna i Visby stad till störst del av den allmänna vattenförsörjningen (S. Pettersson, personlig kommunikation, 22 april 2022).

Den genomsnittliga dygnsförbrukningen av vatten i Sverige är cirka 140 liter per person, där personlig hygien (60L) och toalettpolning (30L) är de användningsområden som utgör störst andel av den totala vattenförbrukningen (SCB, 2017). Utvecklingen i Sverige indikerar dock på en minskande trend, där vattenanvändningen är på väg mot en reduktion till 130 liter. I jämförelse med andra europeiska länder likt Danmark, som har ett genomsnitt på 100 liter per person, finns det dock rum för ytterligare effektivisering (Region Gotland, 2022 b). Det ska

dock poängteras att det finns både nationella och lokala variationer i hur mycket vatten som förbrukas per hushåll. Enligt Statistiska centralbyrån (SCB) är Gotland det län i Sverige med lägst förbrukning i volym för hushållsändamål (SCB, 2017). Den genomsnittliga siffran för dygnsförbrukning på Gotland är 125 liter per person (S. Pettersson, personlig kommunikation, 22 april 2022). Fördelningen av denna summa visualiseras i figur 4.

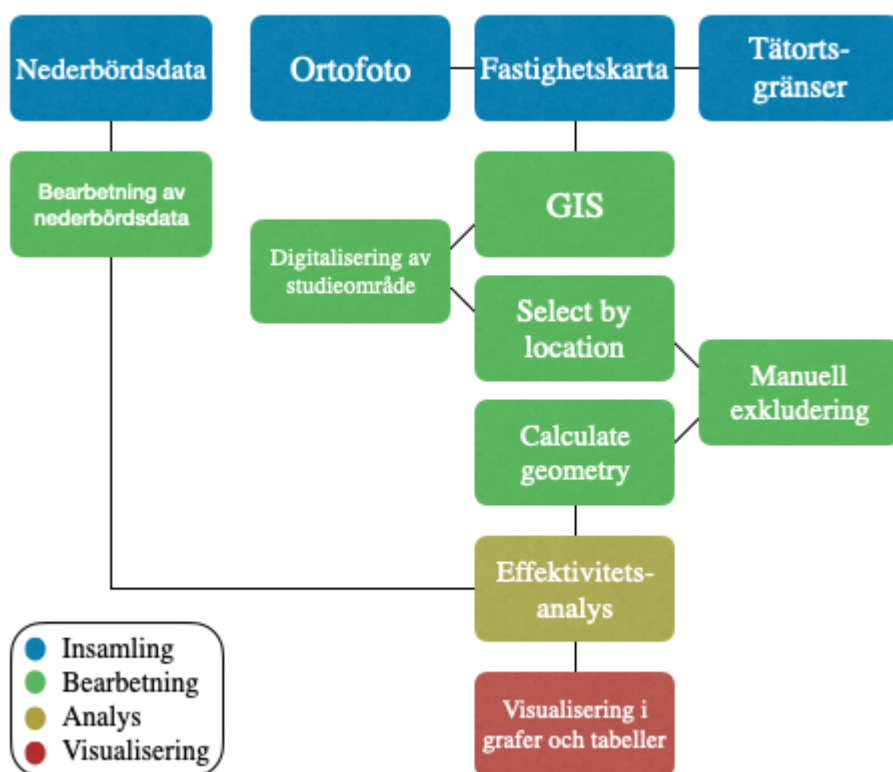


Figur 4. Fördelning av vattenförbrukning per person varje dygn i olika användningsområden i Visby. Baserad på den procentuella fördelningen av vattenförbrukning i Sverige enligt SCB. Data (SCB, 2017).

Figure 4. Distribution of water consumption per person every day in different areas of use in Visby. Based on the percentage distribution of water consumption in Sweden according to SCB. Data (SCB, 2017).

4. Metod

Uppsatsen är tvärvetenskaplig och inrymmer kvantitativa GIS- och Excel-analyser, datainsamling samt enkätundersökningar. Vad gäller kunskapsinsamling för bakgrundsinformation har rapporter från bland annat Region Gotland, Länsstyrelsen samt SGU använts. Tidigare masteruppsatser har även använts. Oskarsson (2020) har legat till grund för vissa tekniska beskrivningar gällande RVI-system och som inspiration för metodval. Fortsättningsvis har böcker från Göteborgs Universitetsbibliotek kommit till användning, här rör det sig främst om Helmreich & Horn (2009). I figur 5 visualiseras ett flödesschema över metodiken för de centrala analys-och datainsamlingsmetoderna i GIS och Excel, som förklaras i avsnitt 4.1, 4.2 och 4.3. I avsnitt 4.4 redovisas metodiken och utförandet av enkätstudien.



Figur 5. Flödesschema över metod för teoretisk potential och effektivitetsanalys.

Figure 5. Flowchart of methodology for theoretical potential and efficiency analysis.

4.1 Bearbetning av fastighetsdata i Geografiska Informationssystem (GIS)

Potentialen av insamlat regnvatten utgörs dels av arean av insamlingsområdet, vilket i detta fall var takytor i Visby. En proxy-metod för att få fram den ungefärliga takarealen var att undersöka polygon-storleken för varje fastighet, med data tillhandahållen från Lantmäteriet. Metoden förutsätter att storleken på polygonerna är densamma som takarealen. Som visualiseras i figur 5 var nödvändiga data för analysen *Fastighetsdata* (SHP), *Ortofoto* (TIF) samt *Tätortsgränser* (SHP). Vad gäller den geografiska avgränsningar var den mest framträdande avgränsningen området innanför ringmuren i Visby. För att exkludera detta område i analysen skapades en shapefil där området digitaliserades. Därefter skapades ytterligare en shapefil och en ny digitalisering togs vid, denna gång utifrån Statistiska centralbyråns tätortsdata. När väl studieområdet var digitaliserat användes verktyget *Select By Location*. Verktyget låter en välja objekt, som i detta fall var fastigheter, baserat på plats i förhållande till ett annat lager, vilket i studiens fall var fastigheter utanför studieområdet. Genom att använda verktyget togs alla fastigheter bort utanför studieområdet.

Nästa steg var att inspektera attribut-tabellen för fastighetendatan. Då tabellen innehöll information gällande antal fastigheter innanför avgränsningen samt typkoder för samtliga fastigheter, kunde irrelevanta byggnader tas bort. De byggnader som bedöms irrelevanta var i första hand industrier, verksamhets- och samhällsfunktioner-byggnader. Detta då dessa byggnader varken inhyser permanentboende eller deltidsboende. Vidare exkluderades alla byggnadspolygoner som inkluderade fler än en bostad av den anledning att de påverkade den genomsnittliga takarealen felaktigt. Exempel på sådana byggnadspolygoner var lägenhetshus, flerfamiljshus och radhus. Särskilda radhus exkluderas inte då somliga var uppdelade i separata polygoner. Kvarstående polygoner innanför studieområdet var efter bearbetning fristående villor och ett urval av radhus. För att framställa arean på dessa polygoner skapades en kolumn i attribut-tabellen, därefter beräknades arean genom *Calculate Geometry* (se figur 19 i bilagor). Föregående steg resulterade i statistik som beskrev värdena i numeriska kolumner. Summan, minimum, medelvärde, maximum och standardavvikelse presenterades, och med hjälp av ett histogram gick det att granska hur kolumnens värden var fördelade. Utifrån dessa värden kunde avvikelser identifieras som över- och understeg rimlig takarea för fristående villor. Här rörde det sig om brister i den nedladdade datan i form av fel-kategoriserade polygoner. För att undvika att dessa påverkade analysen till det negativa,

togs dessa bort. Kvar var således relevant data om aktuella fastigheter inom vårt studieområde.

4.2 Teoretisk potential

Den teoretiska potentialen av RVI är baserad på den totala uppsamlingsytan som togs fram genom metoden som beskrivs i 4.1. Utöver uppsamlingsytan är den också baserad på mängd nederbörd. Nederbördsdata hämtades från SMHI:s meteorologiska dataportal för station *Visby D*, som bestod av nederbördsmängd månadsvis. För att undvika eventuella abnormiteter i form av max-och minimum extremer beräknades genomsnittsnederbörden för varje månad sedan 20 år tillbaka. Detta genomfördes genom att importera den nedladdade nederbördsdatan från SMHI till Excel. För att få fram genomsnittsnederbörden i Excel användes verktyget *Average*. Efter att ha beräknat både summan av den totala uppsamlingsytan av alla fastigheter samt den genomsnittliga nederbörden för varje månad och år användes följande formel:

$$p = P_y * tA * RC \quad (1)$$

Där p = Potential, P_y = Genomsnittligt årsnederbörd, tA = Total fastighetsarea vilket är 275 637m², RC = Vår valda avrinningskoefficient på 0.85 (Farrency, 2011).

4.3 Effektivitetsanalys

För att beräkna och visualisera potentialen av RVI i Visby har en effektivitetsanalys genomförts. Effektivitetsanalysen syftar till att uppskatta hur stor del av vattenbehovet som kan ersättas av insamlat regnvatten. Den syftar även till att undersöka verkan av ett RVI-system över ett helt år, där det går att ta reda på perioder som är mer eller mindre effektiva, samt hur många dagar som tanken kan stå tom. Den sammanlagda kompotten av dessa parametrar utgör den totala effektiviteten. Analysen innehåller variabler som: Genomsnitts-arealen för takytor i Visby, tankstorlek, antal boende i hushållet och hushållets uppskattade vattenförbrukning, samt mängd nederbörd dygnsvis. I genomförandet av analysen tillämpades ett scenario med antaganden om ovanstående variabler. En tankstorlek med kapacitet av 3000 liter valdes då denna storlek tillhör den vanligaste varianten. Antal boende bestämdes till tre personer, vilket baseras på resultatet från enkätundersökningen och mängden boende i de hushåll som deltog - där medelvärdet var 2.8 personer per bostad.

Takytan som scenariot inkluderade var beräknad till 99m², vilket är framtaget efter att räknat ut det areala medelvärdet på studiens utvalda fastigheter (se figur 19 i bilagor).

Avrinningskoefficienten är satt till 0.85 då stora delar av fastigheternas takmaterial bestod av tegelpannor och plåt, vilket faller innanför ramarna för de avrinningskoefficienter som presenteras i tabell 1. En eventuell *first-flush* är inte medräknad i scenariot. Efter att antagandena var fastställda genomfördes analysen i Excel. Det inledande steget i analysen var att beräkna potentialen av RVI på takytor, detta beräknades genom följande formel;

$$p = Pd * mA * RC \quad (2)$$

Där p = Potential, Pd = Dygnsnederbörd, mA = Fastigheternas medelareal vilket är 99m², RC = Avrinningskoefficient 0.85 (Farrency, 2011).

Ovanstående formel gav oss mängd nederbörd på en takyta i liter. Följande begränsningar tillkommer: Vid scenarier där nederbörds mängden är större än vattenuttaget över en längre tid kommer tanken att bli full, därmed kan inte all nederbörd som faller på insamlingsytan komma till användning. Det finns även scenarier med perioder av marginell nederbörd där vattenförbrukningen är större än insamlad nederbörd, då kommer tankens innehåll att bli lika med noll. För att visualisera fluktuationerna av mängden vatten som befinner sig i tanken i relation till den genomsnittliga dygnsförbrukningen skapades en modell i Excel. Ett flertal år undersöktes, där formel 2 användes tillsammans med följande formel;

$$\begin{aligned} Tv &= Tvf - F + N \\ OM((Tvf - F + N)) &> T; T \\ OM((Tvf - F + N)) &< 0; 0 \end{aligned} \quad (3)$$

Där Tv = Tankens volym (L), Tvf = Tankens innehåll från föregående dag (L), F = Genomsnittlig toalett-och tvättvattenförbrukning för tre personer vilket är 120 L (3*40L), N = Nederbörd i L och T= Tankens storlek i L (3000).

4.4 Undersökning av social inställning

För att besvara den andra frågeställningen har en enkätundersökning genomförts.

Enkätundersökningar bygger på skriftlig information, där svarspersonerna själva fyller i

frågeformulären (Esaiasson, s.262. 2009). Enkätundersökning är en variant av respondentundersökning där det är svarspersonerna själva och deras tankar som är studieobjekten (Esaiasson, s.258. 2009). Vid en enkätundersökning handlar det i allmänhet om att beskriva hur vanligt förekommande olika svar är i en särskild population. I vårt fall handlade det om att undersöka den sociala acceptansen med RVI. För att utröna detta var det nyttigt för studien att dels samla information gällande demografi, men också hur de olika svarspersonerna ställde sig till RVI. Varför en enkätstudie valdes framför samtalsintervjuer var av den orsak att det är att föredra då man ska generalisera svaren över en hel population, och detta gjordes bäst genom att samla in data från flera svarspersoner. Nedanför beskrivs tillvägagångssättet.

Då analysenheterna i undersökningen utgjordes av personer med fristående villor, var det för studiens bästa att besöka studieområdet och genomföra enkätundersökningen på plats. Dessutom resulterade fältresan i en god överblick över studieområdet. Tiden för insamlandet av data skedde vid två tillfällen. Den första insamlingen var en torsdag mellan klockan 16.00 till 20.00 och det andra tillfället var en lördag mellan klockan 12:00 och 16:00. Att samla in data en vardags-eftermiddag ökade chanserna till att fler studieobjekt var närvarande, till skillnad från om insamlingen hade tagits vid en förmiddag. Att samla in data en lördag var också strategiskt, detta då vi hoppades nå de personer som av diverse anledningar inte var kontaktbara under vardagarna. Data insamlades genom att knacka dörr på så många villor som tiden tillät, och på så vis kunde det säkerställas att objekten i undersökningen var aktuella för studien. Urvalet var geografiskt stratifierat, menat att det valde ut en viss strata av populationen baserat på geografiska attribut av hushållet såsom rumsliga skillnader mellan läge, plats och storlek. Detta för att nå alla delar av populationen.

Genomförandet av enkätundersökningen inleddes med en kort presentation av studien och dess syfte. Eftersom målet var att övertyga personerna att delta i undersökningen var det viktigt, precis som vid all kontaktskapande mellan människor, att presentera sig hövligt och att skapa förtroende (Esaiasson, s.268. 2009). Vid presentationen lades det en särskild betoning på *Göteborgs Universitet*, detta för att snabbt utesluta förhastade idéer om att besöket var av säljande ändamål. När väl syftet var redovisat tillfrågades studieobjekten om denne ville hjälpa till i en undersökning om vattenteknik. Två spjutspetsar i den inledande frågan var betoning på *hjälpa* och *vattenteknik*. Genom att formulera frågan på detta sätt, snarare än att *delta* i en undersökning, var vi av meningen att svarspersonerna i större

utsträckning var positiva till att medverka. Betoningen av ordet vattenteknik var också strategiskt. Detta då nästkommande söndag var införandet av årets bevattningsförbud vilket hade annonserats i lokala nyheter. Vi var väl medvetna om att den färskna nyheten hade cirkulerat och försökte därför dra nytta av detta genom att presentera en lösning på ett aktuellt problem. Presentationen avslutades med ett förtydligande att enkäten endast innehöll sju med fasta svarsalternativ och att deltagande var anonymt. Om svarspersonen ville delta utdelades pappersenkäten och data samlades in. Då den insamlade datan ansågs tillräcklig började bearbetningen av materialet.

4.4.1 Enkätens utformning

Frågeformuläret var luftigt designat, estetiskt tilltalande, och med Göteborgs Universitets logga gav den ett professionellt intryck (se bilaga 2). Eftersom önskemålet var att få så hög svarsfrekvens som möjligt handlade de tre inledande frågorna på formuläret om ålder, om personen i fråga bodde i bostaden året om samt hur många som bodde i hushållet. Genom att inleda enkäten med tre generiska frågor förväntades detta locka skeptikerna som först ville överblicka formuläret innan denne deltog, och på så vis få fler att delta. Språket i formuläret var alldagligt och enkelt, med frågor som var separata och korta ställda. Enkäten innehöll fasta svarsalternativ där svarspersonen ringade in korrekt svar.

Svarsalternativen på fråga fyra och fem var framställda så att svarspersonen kunde ringa in en, två, tre, fyra eller fem beroende hur denne ställde sig till påståendet. Som Esaiasson (s.277, 2009) förklarar visar forskning på att skalfrågor med värden från noll och uppåt fungerar bäst med fem alternativ som svarsalternativ. Vad gäller *vet inte svar* inkluderades dessa inte i formuläret, detta då fråga fyra respektive fem innehöll ett s.k. mittenalternativ, och genom att tillhandahålla ett mittenalternativ uteslöts till viss del ogrundade substantiella svar (Esaiasson, s.278, 2009). Fråga fem följdes av ett kortare stycke med information gällande RVI, dess potential samt installationskostnader. Därefter kom fråga sex och sju. De avslutande frågorna gällde personens inställning till att installera ett RVI-system, och vilka eventuella hinder svarspersonen ansåg med en sådan installation. Eftersom fråga sju handlade om tänkbara problem gällande RVI-system fanns möjligheten att ringa in flera alternativ samt att kommentera hinder som ej var presenterade.

4.4.2 Sammanställning och analys av enkätundersökningen

Sammanställningen och analysen av enkäterna genomfördes i Excel. All insamlade data sammanställdes manuellt där samtliga frågor förutom den sista redovisades och kodades om i siffror, detta av anledning för att enklare kunna bearbeta datan och vidare kunna göra analyser på smidigare sätt. Frågor som inte besvarades i siffror, förslagsvis ja/nej frågor, kodades om till 0/1. Nästa steg var att hitta samband mellan svarspersonerna och hur de svarade på frågorna. I Excel genomfördes därför en hypotesprövning genom en linjär regression över de variabler som var av intresse, där ett p-värde togs fram. Inom statistik anger ett p-värde sannolikheten att ett resultat är slumpmässigt eller ej. Ett så lågt värde som möjligt är eftersträvat, där desto lägre p-värde, desto mindre risk för slumpmässighet. Ett värde på under 0.05 (5%) brukar benämnas som statistiskt signifikant (SBU, 2012). Avslutningsvis visualiserades det framtagna resultatet genom stapel- och cirkeldiagram som skapades i Keynote.

4.5 Metoddiskussion

Vad som är viktigt att poängtera är att resultatet av effektivitetsanalysen inte är representativt för alla enskilda hushåll i Visby. Resultatet av analyserna uppvisar uppskattade värden baserat på antaganden, vilket innebär att resultatet inte stämmer överens för de hushåll som skiljer sig från det "genomsnittliga hushållet", utan endast är korrekt för studiens valda scenario (som förvisso är till viss del representativt då det är baserat på genomsnittliga värden). Andra antaganden och förändringar i variablerna hade därav inneburit skildrande resultat. Till detta bör det även nämnas att det finns fler eventuella fel, samt fler aspekter att lyfta som kan ha en inverkan på analyserna, men som inte inkluderades. Nedanför redovisas de viktigaste punkterna som är värda att nämna.

I bearbetningen och selekteringen av fastigheter upptäcktes brister med kategoriseringen av fastighetsdata från lantmäteriet. Till en början följdes lantmäteriets kategorisering blint då alla kategorier som inte föll under "enskilda hushåll" exkluderades. Detta förändrades då det identifierades fastigheter som passade in på de valda kriterier, men som inte var placerade inom rätt kategorisering, och vice versa. Därför exkluderades samt inkluderades särskilda fastigheter som var fel-kategoriserade, och med tanke på omfattningen av fastigheter inom studieområdet, finns det en risk för en felmarginal på ett antal fastigheter åt vardera håll.

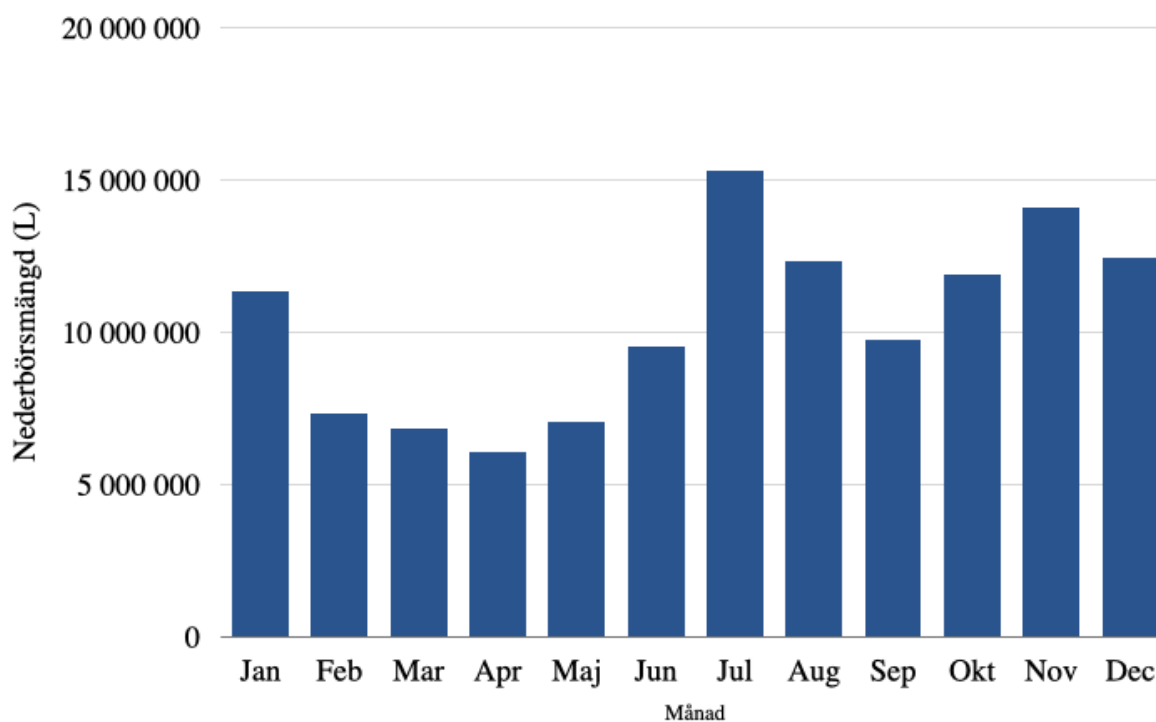
I metoden av effektivitetsanalyserna finns några aspekter att lyfta. En *first-flush* inkluderades inte, trots att det är väldigt förekommande vid RVI-system. Detta innebär att viss mängd vatten vid varje ny nederbörd borde ha subtraheras. Ett problem att räkna med *first-flush*, och orsaken till att den inte inkluderades i uträkningarna, är att det inte finns någon data på när nederbörden sker under dygnet, och följaktligen i hur många omgångar nederbörden sker i under en period. Om nederbörden hade varit konstant under flera dygn hade endast en dos *first-flush* behövts appliceras för den perioden. Hade nederbörden istället fallit i tre olika omgångar under ett dygn hade tre doser behövts inkluderas i beräkningen. Det finns därmed inget sätt att veta hur ofta en *first-flush* bör appliceras, och därmed inget naturligt tillvägagångssätt att inkludera en sådan i formeln. En något lägre avrinningskoefficient på 0.85 valdes istället som en viss kompensation. En annan aspekt att lyfta är att tanken alltid antogs till att vara tom vid starten av året i simuleringarna av de årliga fluktuationerna. Som resultatet påvisar är tanken som regel välfylld i slutet av året efter nederbördsrika perioder under höst- och vinter. Om en viss volym av tanken hade inkluderats vid starten av simulationen hade resultatet sett annorlunda ut, och med största sannolikhet påvisat en större effektivitet av systemet med exempelvis färre dagar med tom tank.

Avslutningsvis ska det vara sagt att nederbördens form har för enkelhetens skull antagits att vara vatten, och inte snö eller hagel. Effektiviteten mellan nederbörd som faller som snö eller regn skiljer sig inte avsevärt åt. Snö som faller på takytan lagras, och största delen av det som lagras når slutligen tanken, precis som regn. Däremot innebär det en viss fördröjning i magasineringen av vattnet, vilket potentiellt kan förändra resultatet av fluktuationerna något. Vid stora mängder nederbörd kan dock delar av snön som lagrats på takytan falla ner, känt som snöoras. I vilket omfattning snöoras sker är dock svårt att uppskatta, därav ännu svårare att på ett korrekt sätt inkludera i beräkningarna.

5. Resultat

5.1 Teoretisk potential av regnvatteninsamling i Visby

Baserat på medelvärdet av nederbörd över åren 2001-2020 har den teoretiska potentialen av med RVI-system räknats ut. Den teoretiska potentialen innefattar den sammanlagda volym vatten som kan insamlas, beräknat på samtliga 2773 fastigheter varpå den totala takarealen var 275 637m². Potentialen av hur mycket regn som går att samla in på den totala upptagningsytan, med en avrinningskoefficient på 0.85 inräknad, är uppskattad till 123 953 000 L över ett helt år. Den totala vattenförbrukningen för samtliga hushåll, räknat med tre personer per hushåll, är på ett år 379 554 000 L. Med det sagt finns det potential att samla in 33 % av den totala vattenförbrukningen med RVI-system. Figur 6 visar månads-fördelningen av denna summa baserat på nederbördsdata mellan 2001-2020 hämtat från SMHI:s mätstation *Visby D*. Sett till nederbörden över de senaste 20 åren har juli varit den månad med högst potential, medans april varit den med lägst.

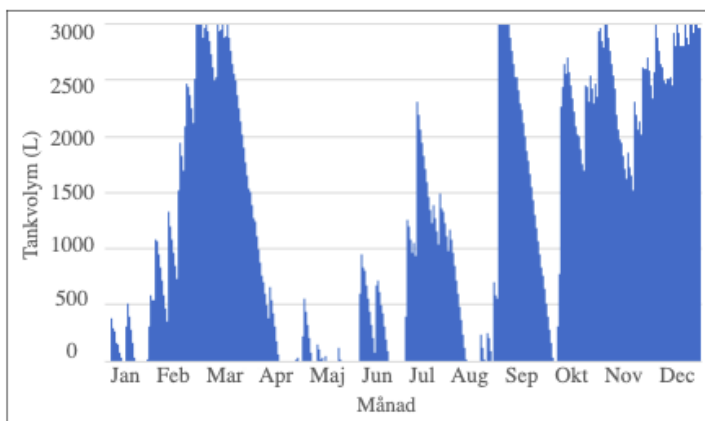


Figur 6. Teoretiska potentialen av mängd vatten (L) det går att samla in med RVI-system över ett år, baserat på månadsmedelvärde av nederbörd i Visby för åren 2001-2020. Från SMHI:s mätstation *Visby D*. Data (SMHI, u.å)

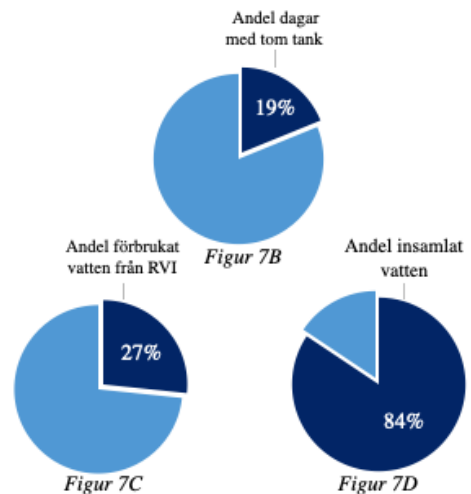
Figure 6. *Theoretical potential of the amount of water (L) that can be collected with RVI-systems over a year, based on the monthly average value of precipitation in Visby for the years 2001-2020. From SMHI's measuring station Visby D. Data (SMHI, u.å)*

5.2 Resultat av effektivitetsanalys

Figur 7, 8, 9 visar tank-fluktuationer över tre år där figur 7 representerar år 2020 med normal mängd nederbörd. Figur 8 representerar år 2010 med betydande nederbörd och figur 9 representerar 2005 med en relativt liten mängd nederbörd, sett till årsmedel. Fluktuationerna av vattenvolymer som visualiseras i Figur 7, 8 och 9 visar på lägre nivåer under sen vår och tidig sommar, samt ökade nivåer under sensommaren följt av betydande nivåer under hösten. Gemensamt för samtliga figurer är begränsningarna att tanken varken kan överstiga 3000 liter samt understiga 0 liter. Detta betyder att all nederbörd som landar på upptagningsområdet vid ett mättat tillstånd inte kommer till insamling, utan rinner istället vidare till ett dagvattensystem. Detta betyder i sin tur att ett år med mycket nederbörd inte nödvändigtvis resulterar i högre effektivitet när det kommer till andel insamlat vatten. Detta blir märkbart i figur 7 satt i relation till figur 8. År 2020 var den sammanlagda potentialen 46 754 liter för hur mycket regnvatten som teoretiskt hade varit möjligt att samla in på en takyta av 99m². År 2010 var potentialen 55 522 liter. Trots att mängden nederbörd på takytan var 16 % mer år 2010, var mängden insamlat regnvatten 1 027 liter mindre. Detta betyder att året 2020 resulterade i en effektivitet på 83 % (Andel av den totala toalett- och tvätt förbrukningen som användes av insamlat regnvatten). Effektiviteten för det nederbördsrika året var emellertid endast 81 %. Detta kan delvis förklaras genom att den betydande mängd nederbörd som föll från juli till och med december år 2010, inte kunde samlas upp eftersom tanken då var full. En annan förklaring till att effektiviteten år 2010 var sämre än år 2020 var på grund av längre perioder med marginell- eller ingen nederbörd som resulterade i fler dagar med tom tank under samma period.

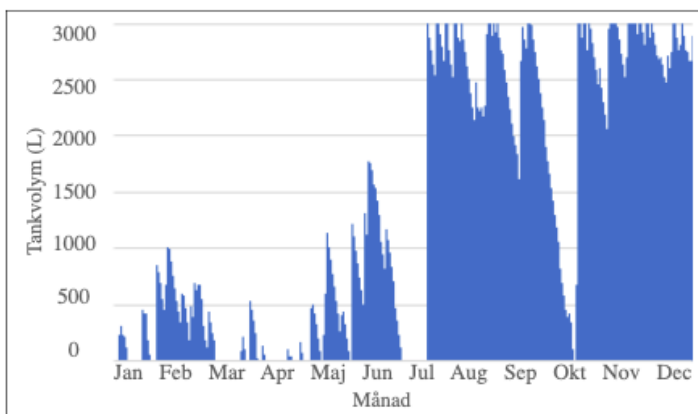


Figur 7A.

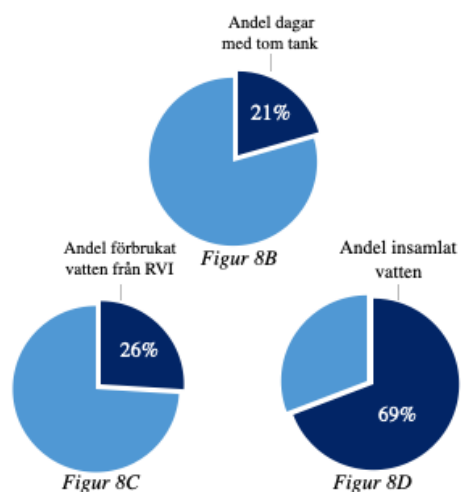


Figur 7. **Figur 7A** - Tankens fluktuation av vattenvolym över 2020. **Figur 7B** - Visar andel dagar med tom tank för år 2020. **Figur 7C** - Visar andel förbrukning av regnvatten relativt till total vattenförbrukning i hushållet år 2020. **Figur 7D** - Visar andel mängd insamlad vatten relativt till den totala nederbördspotentialen år 2020.

Figure 7. **Figure 7A** - Analysis showing tank fluctuation for the year 2020. **Figure 7B** - Showing number of days with an empty tank for the year 2020. **Figure 7C** - Showing the proportion of rainwater consumption relative to total water consumption in the household in 2020. **Figure 7D** - Showing the proportion of water quantity collected relative to the total precipitation potential in 2020.



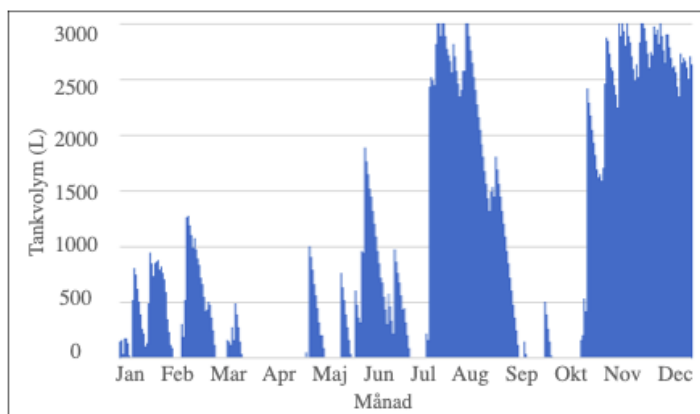
Figur 8A



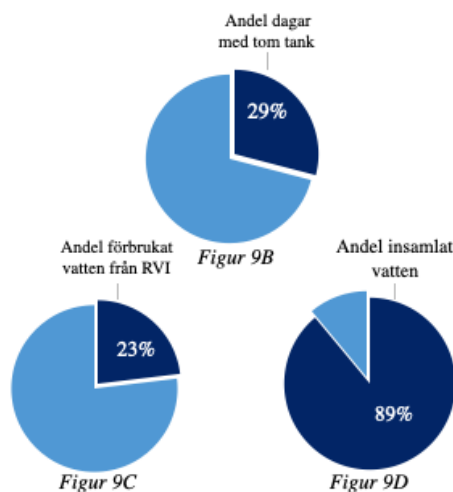
Figur 8. **Figur 8A** - Tankens fluktuation av vattenvolym över år 2010. **Figur 8B** - Visar andel dagar med tom tank för år 2010. **Figur 8C** - Visar andel förbrukning av regnvatten relativt till total vattenförbrukning i hushållet år 2010. **Figur 8D** - Visar andel mängd insamlad vatten relativt till den totala nederbördspotentialen år 2010.

Figure 8. Figure 8A - Analysis showing tank fluctuation for the year 2010. **Figure 8B** - Showing number of days with an empty tank for the year 2010. **Figure 8C** - Showing the proportion of rainwater consumption relative to total water consumption in the household in 2010. **Figure 8D** - Shows the proportion of water quantity collected relative to the total precipitation potential in 2010.

Ser vi till figur 9 som representerar år 2005 är antal dagar med tom tank betydligt fler än år 2010 och 2020. Av totalt 106 dagar med tom tank inträffade åtminstone 30 av dessa i april månad, ett resultat av den marginella nederbörds mängden som då föll. Vad gäller mängd insamlat regnvatten skiljer sig däremot inte siffrorna lika mycket åt. Trots att det föll 30 % mindre mängd nederbörd på takytan år 2005 var mängden insamlat regnvatten endast 10 % mindre än år 2010. Andel av den totala toalett- och tvätt förbrukningen som bestod av insamlat regnvatten var 72 %. Den till synes uppseendeväckande statistiken kan återigen förklaras genom tankvolymens begränsningar. Utifrån detta förstår vi att tankens storlek kan utgöra en flaskhals vad gäller systemets effektivitet när man jämför mängd insamlat vatten med total mängd nederbörd som faller på takytan. Fortsättningsvis förstår vi också att antal dagar med tom tank inte nödvändigtvis är representativt för systemets effektivitet eftersom uttaget från tanken inte behöver vara konstant, utan kan variera mellan 0 och 120 liter. Då tankens innehåll är lika med- eller mindre än 120 liter kommer uttaget under en sådan situation vara resterande volym, och därmed kan en dag då tankens volym når noll likaväl uppvisa viss effektivitet. Tabell 2 visar en statistisk sammanställning över samtliga år presenterade i resultatet.



Figur 9A



Figur 9. Figur 9A - Tankens fluktuation av vattenvolym över år 2005. **Figur 9B** - Andel dagar med tom tank för år 2005. **Figur 9C** - Andel förbrukning av regnvatten relativt till total vattenförbrukning i hushållet år 2005. **Figur 9D** - Andel mängd insamlat vatten relativt till den totala nederbördspotentialen år 2005.

Figure 9. Figure 9A - Analysis showing tank fluctuation for the year 2005. **Figure 9B** - Number of days with an empty tank for the year 2005. **Figure 9C** - Proportion of rainwater consumption relative to total water consumption in the household in 2005. **Figure 9D** - Proportion of water quantity collected relative to the total precipitation potential in 2005.

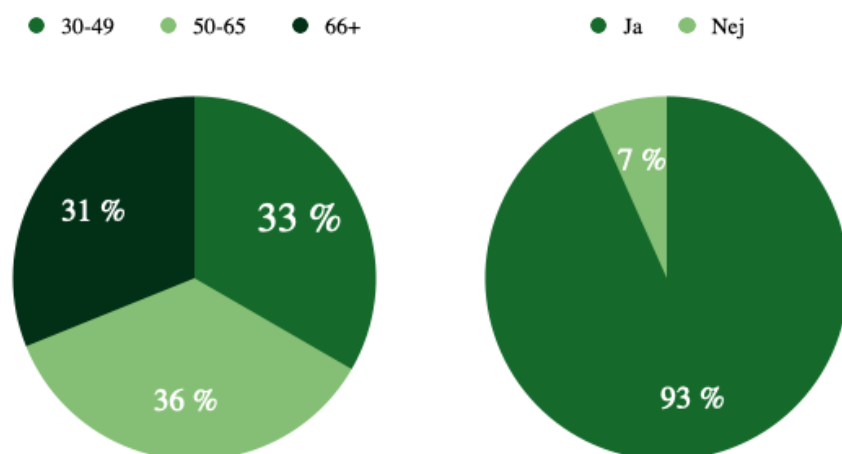
Tabell 2. Jämförelse av statistik från effektivitetsanalysen för åren 2020, 2010 och 2005.

Table 2. A comparison of statistics from the efficiency analysis for the years 2020, 2010 and 2005.

År	2020	2010	2005
Antal dagar	366	365	365
Antal dagar med tom tank	69	75	106
Total nederbördspotential på takyta (L)	46 754	55 522	38 751
Insamlat vatten (L)	39 445	38 418	34 465
Total vattenförbrukning i hushållet (L)	137 250	136 875	136 875
Total vattenförbrukning av toalett- och tvätt (L)	43 920	43 800	43 800
Förbrukat vatten från RVI (L)	36 475	35 526	31 621

5.3 Sammanställning av enkäter

I enkäten deltog 45 hushåll. Enkäten besvarades i första hand av enskilda respondenter, men i vissa fall besvarades enkäten av två personer som i samråd diskuterade och därefter skrev sina svar. Nedan i figur 10 och 11 visualiseras två olika variabler som besvarades i frågeformuläret. Figur 10 visar åldern på deltagarna. Figur 11 visar om deltagarna bodde i hushållet året om. Fördelningen bestod av 15 personer med en ålder mellan 30-49, 16 personer var mellan 50-65 år, samt 14 svarspersoner som var över 65 år gamla. Ingen deltagare var mellan 18 år till 29 år gammal. Endast tre hushåll svarade att de inte bor där året runt, medan 42 respondenter hade det som deras permanenta bostad.



Figur 10. *Fördelning av ålder mellan respondenterna.*

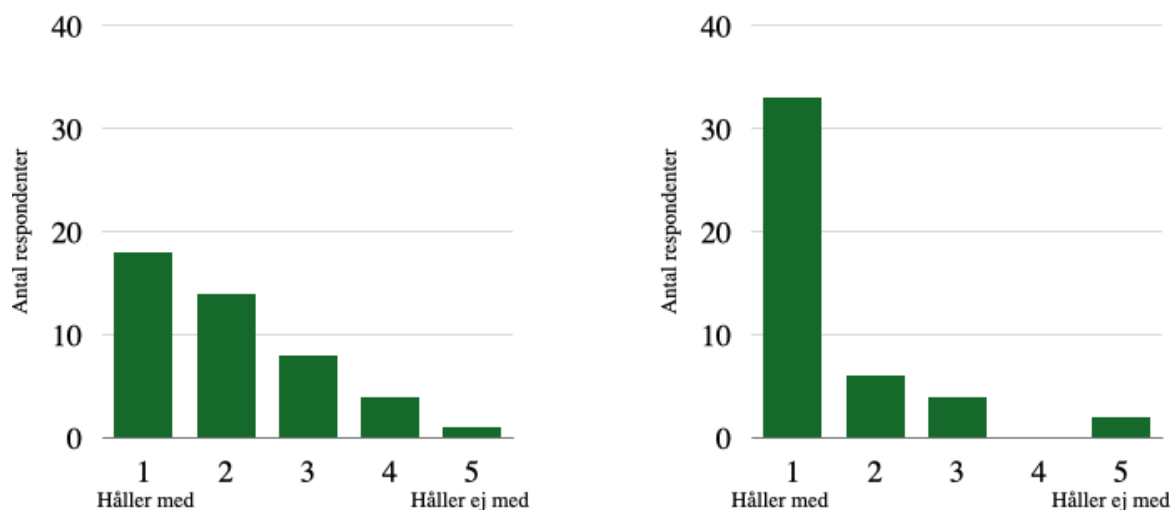
Figure 10. *Distribution of age between respondents.*

Figur 11. *Svarsfördelning över ifall respondenterna bor i hushållet året om eller ej.*

Figure 11. *Distribution showing if the respondents live in the household all year round or not.*

Figur 12 visar deltagarnas svar gällande påståendet *Vattenbristen under sommarhalvåret påverkar min vattenförbrukning*. 18 utav deltagarna angav svaret 1 och höll alltså med fullständigt. 14 personer angav svarsalternativ 2 vilket betyder att även de höll med i påståendet. Åtta personer placerade sig i mitten och sammanlagt fem personer placerade sig på skalan där man stod emot påståendet. Detta betyder att av totalt 45 deltagande var 32 personer av meningen att vattenbristen under sommarhalvåret påverkade deras vattenförbrukning.

Figur 13 visar deltagarnas svar gällande påståendet *Jag anser att det är viktigt att privatpersoner tar eget ansvar i att bidra till en robust vattenförsörjning*. Som figuren visar svarade majoriteten av deltagarna att privatpersoner bör ta eget ansvar vad gäller arbetet mot en robust vattenförsörjning. 33 personer höll med fullständigt och sex personer höll med delvis. Fortsättningsvis placerade sig fyra personer i mitten och två personer svarade att man stod emot påståendet.



Figur 12. (Vänster) Respondenternas svarsfördelning på frågan “Vattenbristen under sommarhalvåret påverkar min vattenförbrukning under sommarhalvåret”.

Figure 12. (Left) Distribution of respondents' answers to the question “The lack of water during the summer affects my water consumption during the summer”.

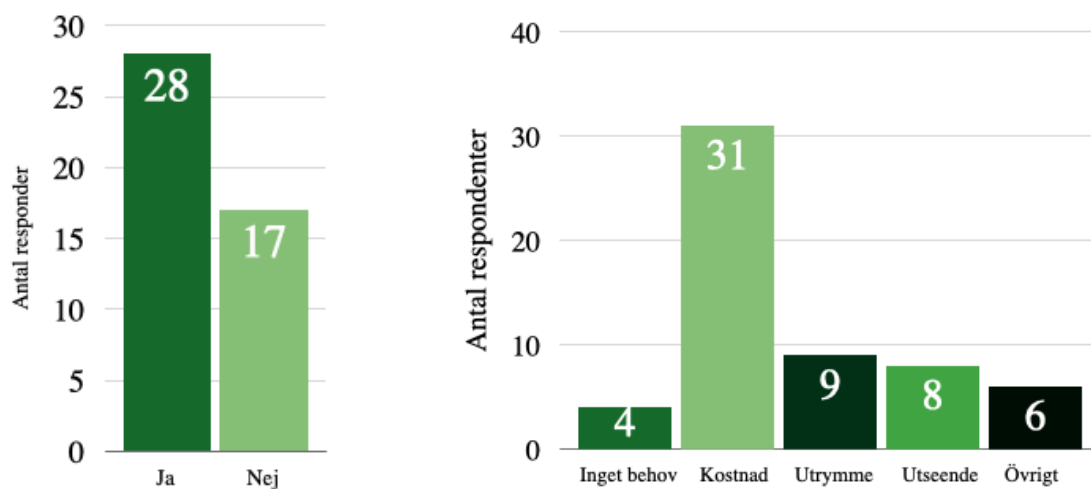
Figur 13. (Höger) Respondenternas svarsfördelning på frågan “Jag anser att det är viktigt att privatpersoner tar eget ansvar i att bidra till en robust vattenförsörjning?”.

Figure 13. (Right) Distribution of respondents' answers to the question “I think it is important that private individuals take their own responsibility in contributing to a robust water supply?”.

Figur 14 visar deltagarnas inställning till att installera ett RVI-system. Detta efter att ha tagit del av information gällande funktion, kostnader samt utseende. 28 personer svarade *Ja* i frågan om de kunde tänka sig installera ett RVI-system och 17 personer svarade *Nej*. Många av de som svarade *Nej* var likväl positiva till idén men att en installation i dagsläget var otänkbart. Detta på grund av exempelvis planerad flytt eller att bostaden hyrdes och inte ägdes, därför var en investering i vattenbesparande teknik utesluten.

Enkätens avslutande fråga handlade om eventuella hinder med en installation. Presenterade hinder var: (i) inget behov, (ii) kostnad, (iii) begränsat utrymme, (iv) utseendet av systemet/tanken, (v) eller övrigt. En redovisning av svarsfördelning visas nedan i figur 15. Det mest inringade svarsalternativet var kostnaden av systemet, där 31 respondenter betraktade detta som en stor hindrande faktor. Nio svarspersoner såg tillgängligheten av utrymme som ett eventuellt hinder, samtidigt som åtta var bekymrade över hur systemet

skulle se ut. Dessa två hinder grundade sig delvis i att svarspersonerna var osäkra på om de hade möjlighet/vilja av att gräva ner tanken och således behöva ha den stående bredvid huset eller på tomten. Vad gäller kommentarer tillhörande svarsalternativet *Övrigt* gavs en mängd olika svar. Exempel på svarspersonernas kommentarer var osäkerhet på hur länge de skulle bo kvar, att det är tids- och energikrävande gällande planering och installationsprocessen, eller att de var av meningen att enklare vattenbesparingstekniker räckte som deras bidrag till dilemmat med vattenbristen.



Figur 14. (Vänster) Mängden respondenter som kunde tänka sig att installera ett RVI-system till deras hushåll.

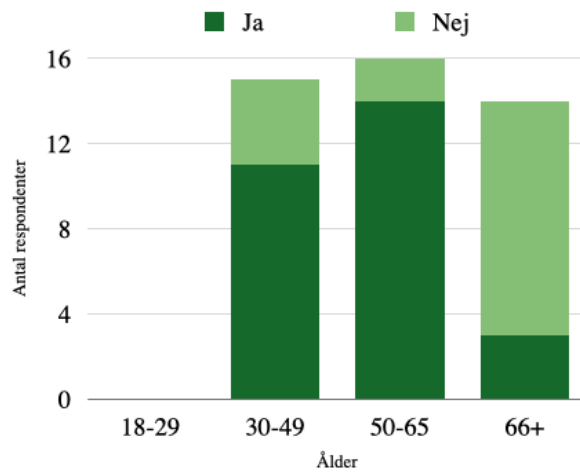
Figure 14. (Left) Number of respondents who might consider installing an RVI system for their household.

Figur 15. (Höger) De hinder som visbyborna ansåg som störst gentemot installering av ett RVI-system vid deras hushåll.

Figure 15. (Right) The obstacles the Visby residents considered to be greatest in relation to the installation of an RVI system in their households.

Vid analys av enkätundersökningens sammanställning var syftet att identifiera statistiska samband och kausaliteter av respondenterna och hur de svarade. Ett tydligt samband mellan åldern och deras inställning till att installera ett RVI-system eller ej upptäcktes redan under utförandet av enkäten. Äldre deltagande svarade i större utsträckning en ovilja att investera i ett RVI-system. Detta samband bekräftades senare vid analyseringen av resultatet. Efter en

undersökning av en eventuell kausalitet mellan de två upptäcktes ett p-värde på 0,0039, vilket innebär att det är av statistisk signifikans. Svarsfördelningen bland de olika åldrarna och om de svarade ja eller nej visualiseras nedan i Figur 16.



Figur 16. Antal deltagande respondenter uppdelat i ålder och huruvida de kunnat tänka sig installera ett regnvatteninsamlings-system eller inte.

Figure 16. Number of participating respondents divided by age and whether they could have considered installing a rainwater collection system or not.

6. Diskussion

Som resultatet visar är det möjligt för enskilda hushåll i Visby att spara väsentliga mängder vatten med hjälp av RVI-system. År 2005 var användnings-potentialen 31 621 liter regnvatten för toalett-och tvätt. År 2010 var siffran 35 526 och året 2020 var siffran 36 475. Då vi antog att den totala vattenförbrukningen kopplat till användningsområdena toalett- och tvätt för tre personer var konstant över samtliga år (43 800 L), var effektiviteten för år 2005 är 72%, 81 % för år 2010 samt 83 % för år 2020. Trots att de åren vi undersökte i analysen representerade år med stora skillnader i mängd nederbörd uppvisade analysen för samtliga år en hög effektivitet. Det ska dock tilläggas att samtliga årsberäkningar inleddes med en tom tank vilket kan ha påverkat analysen till det sämre, detta då alla år uppvisade en full tank vid årsslutet. Hade analysen istället inletts med en viss volym i tanken, hade effektiviteten varit aningen högre och antal dagar med tom tank färre.

I likhet med denna studie beräknade Oskarsson (2020) potentialen med RVI. Likt vår studie undersökte Oskarsson potentialen i ett scenario med tre personer i hushållet och där användningsområdena för det insamlade regnvattnet var toalett- och tvätt. Vad som skiljer våra undersökningar åt, förutom studieområdet, är tankstorleken och avrinningsytan. I Oskarssons analys var tankstorleken 2000 respektive 4000 liter med en avrinningsyta på 120 m². Vad resultatet från dennes studie visade var att effektiviteten hos en tankstorlek på 2000 liter var 83,6 %, och hos en tank med 4000 liter var siffran 91,4 %. Detta är beräkningar gjorda för hela perioden mellan år 2000 och 2018. Vad våra resultat visar är 72% effektivitet för år 2005, 81 % för år 2010 samt 83 % för år 2020. Likt Oskarsson (2020), visar vår studie att effektiviteten för RVI med användningsområden toalett- och tvätt tangerar den övre kvartilen i nästan samtliga scenarier. Systemets effektivitet fluktuerar visserligen årsvis, men sett till år 2005 som representerade ett förhållandevis torrt år, visar resultatet till trots 23 % andel använt regnvatten av den totala vattenförbrukningen. Sätter vi detta i relation till det nederbördsrika året 2010 skiljer sig det endast 3 procentenheter. Utifrån detta förstår vi att det finns potential med RVI även utifrån år med marginell nederbörd.

Vad gäller analysens variabler är det viktigt att poängtera att avrinningsyta, avrinningskoefficient och tankstorlek är alla konstanta i resultatets beräkningar. Resultatet är således en grov uppskattning om potentialen av RVI i Visby. Hade fler scenarier med andra antaganden och skildrande variabler använts, hade resultatet sett annorlunda ut. Jämför vi

resultatet från denna studie med Oskarsson (2020) ser vi att effektiviteten är högre i det scenariot där Oskarsson använde sig utav en större tankstorlek. Detta är kanske föga förvånande då en större lagringstank medför en ökad insamlings-potential, och därmed bättre effektivitet. Det skall dock tilläggas att varje enskilt hushåll har skildrande förutsättningar, både i antal boende, storlek på takyta och inte minst, utrymme för en lagringstank. En större tank är i många fall att föredra då lagringskapaciteten ökar, men, en större tank kräver också mer plats vilket kan skjuta på installationskostnader. Med det sagt förstår vi att en större lagringstank ökar effektivitet, men vid en implementering av metoden i verkligheten finns det ekonomiska såväl som naturgivna förutsättningar som kan förhindra valet av större tankar.

Vidare finns det särskilda aspekter med RVI som är viktiga att lyfta. Systemet är beroende av kontinuerlig nederbörd för att uppnå effektivitet, med det sagt kan perioder av nederbörds-uppehåll innebära att systemet är otillräckligt när man verkligen är i behov av det. År 2018 karaktäriserades av en längre period med marginell nederbörd vilket resulterade i låga grundvattennivåer och bevattningsförbud. Som figur 17A (se bilagor) visar var tanken tom 80 dagar i följd. Ett RVI-system under sådana förhållanden är alltså inte särskilt effektivt. Men om vi bortser från år med extrem nederbörd och istället studerar figur 3 som visar månadsmedelvärde av nederbörd i Visby, ser vi att det regnar som regel mest under juli månad. Ser vi då till effektiviteten ur ett nederbörds-genomsnitt, bör denna vara som högst under juli månad, samma månad då det är som högst tryck på vattentäkterna och då nivåerna i grundvattenmagasinen är som lägst.

Med RVI-system finns det som sagt potential, särskilt i ett samhälle som Visby där nyheter om dåliga grundvattennivåer mer än sällan fyller tablåerna. Tekniken och installation kostar dock uppemot 50 000-80 000 kronor beroende på tankstorlek och naturgivna förutsättningar. En häftig investering för att lösa ett kommunalt problem. Visserligen råder det bevattningsförbud från tidig vår till sensommar och invånarna uppmanas att göra medvetna val som reducerar var och ens vattenförbrukning. Vad fältresan dock visade var att majoriteten av hushållen redan använde sig utav RVI-tekniker. Förvisso mer rudimentära varianter avsedda för bevattning och inte användningsområden inom hushållet. Men om bevattnings-restriktionerna kringgåts genom enkla lösningar, hur sannolikt är det att den presenterade tekniken faktiskt implementeras i studieområdet? Vad enkätundersökningen visade var att 62 % av deltagarna kunde tänka sig att installera ett RVI-system, detta efter att ha tagit del om information gällande kostnader. Enkätens fråga som rörde just personens

inställning till att installera RVI-system tåls dock att diskuteras. *Att kunna tänka sig installera* ett komplement till det kommunala dricksvattensystemet för priset av en ny altan, är en annan sak än att faktiskt göra verklighet av sitt ställningstagande. Vad vi dock fann intressant med enkätundersökningen var att majoriteten av deltagarna var av uppfattningen att privatpersoner bör ta eget ansvar vad gäller arbetet mot en robust vattenförsörjning. Till vilken grad det *egna ansvaret* sträcker sig är däremot svårt att spekulera i. För vissa är kanske en investering rimlig och inom ramarna för personligt ansvar i skapandet av en hållbar vattenförsörjning, och för andra sträcker sig det personliga ansvaret till att begränsa duschtiden till 10 minuter dagligen. Men om vi lämnar spekulationer åt sidan och granskar enkätundersökningens resultat visar den att majoriteten var positivt inställda till metoden och kostnaden var det enskilt största hindret. Svartsfördelningen mellan *ja* och *nej* såg dock annorlunda ut specifikt för åldersgruppen 66+. I denna grupp svarade majoriteten *nej* till frågan om denne skulle kunna tänka sig att installera ett RVI-system. Att man i livets höst skulle investera tiotusentals kronor i ett system som på sikt gynnar den lokala vattenförsörjningen kan tänkas osannolikt, och som enkätundersökningen visar, var detta även fallet i resultatet.

Detta leder oss slutligen in på frågan, i fall det är rimligt att visbyborna ska göra så pass omfattande privata investeringar i ett försök att lösa ett regionalt dilemma? För att besvara denna fråga bör man lyfta diskussionen till ett större perspektiv, och en ännu större frågeställning; vem/vilka är egentligen ansvariga i att skapa en långsiktig vattenförsörjning i Visby? Det enda rimliga svaret på den frågan är förmodligen att alla parter, mer eller mindre, är ansvariga. Privatpersoner behöver anstränga sig för att minska sin vardagliga förbrukning av vatten, och göra medvetna val i att använda sig av vattenbesparande tekniker. Detsamma gäller även för lokala industrier, företag och andra näringsidkare på ön, som står för en väsentlig andel av Gotlands totala vattenförbrukning. Region Gotland har i naturligt mån ett stort ansvar på sina axlar. Deras uppgift är att planera och styra mot en hållbar vattenförsörjning, detta genom implementering av vattenbesparande tekniker och innovationer, regulationer av vattenanvändningen, men även genom att guida privatpersoner och näringsidkare i rätt riktning genom att sprida medvetenhet och kunskap. Det statliga ansvaret ska heller inte förbises, då en stor bidragande faktor till vattenförsörjnings-dilemmat är mängden turister, från landets alla håll och kanter, som besöker ön under sommarhalvåret. För att återigen smala ner diskussionen till ett RVI-perspektiv, tåls det därför att lyfta frågan om hur Region Gotland, och den svenska staten, kan hjälpa visbyborna i en eventuell installation av ett RVI-system? Vid personlig kommunikation med enhetschefen på Region

Gotlands VA-avdelning, Susanne Pettersson, ställdes en fråga kring möjligheten av en eventuell subventionering av RVI-system i Visby. Svaret på frågan var att det inte är en omöjlighet, förutsatt att det är en statlig subvention och inte kommunal. Det finns ett stort ansvar från Sveriges sida i att förbereda landet inför klimatförändringarna. Gotland är i många mån ett av de områden i Sverige som är mest utsatt, inte minst på grund av de redan befintliga dilemma med bristande vattentillgångar. En statlig subvention av åtgärder likt RVI kan vara en väg framåt för att lindra effekterna av klimatförändringar. Dessutom är statliga subventioner för RVI inte alltför långsökt då det har realiserats tidigare i länder som i Tyskland och Japan (Söderqvist, 2019). Även om Region Gotland inte kan bidra finansiellt genom subventioner, finns det likväl andra tillvägagångssätt för att hjälpa visbyborna i en eventuell installation. Att uppmuntra metoden, formulera standarder för tekniken, samt bidra med allmän kunskap om hur systemet bör installeras och fungera kan simplificera valet av att investera i ett RVI-system för visbyborna.

Denna studie har uppvisat positiva resultat för RVI för enskilda hushåll i Visby, både i metodens effektivitet och den sociala inställningen för den. Studien har som benämnt endast behandlat enskilda hushåll, men det finns fler appliceringsområden för tekniken där en installation kan vara av samma relevans. Industrifastigheter, företagslokaler eller kommunala fastigheter är några exempel på fler potentiella appliceringsområden för RVI. Vid dessa fastigheter kan användningsområdena för regnvattnet komma att skiljas i jämförelse med enskilda hushåll. Många industrier har en stor förbrukning av vatten med fler och skildrande användningsområden, där rening av maskiner är ett exempel på ett nytt användningsområde för regnvattnet i en industriell kontext. Samhällsansvaret inom RVI behövs följaktligen inte placeras enbart på privatpersoners axlar, utan fler samhällsaktörer kan ta ansvar och göra ett bidragande i det kollektiva dilemman. Kommunala satsningar av RVI kan dessutom visa föredöme och vägen framåt för resterande av samhället, samt sprida medvetenhet och inspiration. Antingen genom implementering i skolor och sjukhus, eller att man implementerar det i alla kommunala nybyggnationer.

Slutligen går det att konstatera att RVI kan hjälpa till i att bidra till en mer robust vattenförsörjning. Stora mängder vatten kan sparas, vilket resulterar i ett minskat tryck på de sinande och begränsade grundvattentäkterna. Däremot kommer verkan av en omfattande implementation av RVI-system kanske inte vara den fullbordade lösningen, utan ett bidrag till

lösningen av det rådande vattenförsörjnings-dilemmat. Men som enhetschefen på Region Gotlands VA-avdelning, Susanne sade; *Varje droppe räknas.*

7. Slutsats

Syftet med uppsatsen var att undersöka potentialen och effektiviteten med regnvatteninsamling i Visby, och den sociala inställningen till tekniken. Som resultatet visar var den teoretiska potentialen för insamlat regnvatten 123 953 000 L för samtliga 2773 hushåll över ett år, vilket motsvarar 33 % av hushållens totala vattenförbrukning. En effektivitetsanalys av ett RVI-system genomfördes utefter tre olika år med varierande mängd nederbörd. De tre åren som undersöktes uppvisade potential att spara från 31 621 till 36 475 L vatten med hjälp av ett RVI-system, vilket motsvarar ca en fjärdedel av den totala vattenförbrukningen för ett hushåll. Resultatet visar att vid nederbördsrika perioder kan tankvolymen utgöra en flaskhals vilket kan påverka effektiviteten. Detta blir märkbart vid jämförelse av året 2010 med 2020, där effektiviteten var högre år 2020 trots mindre årsnederbörd. Vidare framgår det i resultatet att ett RVI-system fungerar som bäst vid kontinuerlig nederbörd. Mängden årsnederbörd är således inte den variabeln som är avgörande för effektiviteten, vilket snarare är nederbördens kontinuitet tillsammans med distributionen av den årliga nederbörden. Den sociala inställningen till RVI som metod är mestadels positiv i Visby. 62% av enkätundersökningens deltagare svarade *ja* vid frågan om de kunde tänka sig att installera det föreslagna systemet. I åldersgruppen 66+ svarade däremot majoriteten *nej* till en eventuell installation. Det största identifierade hindret var kostnad.

Litteraturförteckning

Burch, J. D., & Thomas, K. E., (1998). Water disinfection for developing countries and potential for solar thermal pasteurization. *Solar Energy*, 64(1-3), 87-97. Hämtad 2022-04-10 från: [Water disinfection for developing countries and potential for solar thermal pasteurization](#)

CleanaWater, (2015-12-04). *Rainwater Harvesting Solutions: Which Countries Lead the Way?*
<https://cleanawater.com.au/information-centre/rainwater-harvesting-solutions-which-countries-lead-the-way>

Ecoloop och WRS (2021). *Vattenbesparande åtgärder Exempelsamling för kommuner och hushåll*. Tekn. rapport.
<https://vaguiden.se/wp-content/uploads/2020/09/Rapport-Vattenbesparande-tgrder-Exempelsamling210122.pdf#page=16>

Fastrup, E. Holm, A. Johansson, E. Jönsson, J. Lorin, M. Rahman, S. (2021) *Potential för regnvatteninsamling från tak för jordbruk i sydöstra Sverige*. [Kandidatuppsats, Uppsala universitet]. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1560218/FULLTEXT01.pdf>

Fewkes, A. (2012). *A review of rainwater harvesting in the UK*. Structural Survey, vol. 30 (2), ss. 174–194.
<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/02630801211228761/full/pdf>

Florén, S. (2015). *Grundvattenbildning till berg*. [Masteruppsats, Lunds universitet]
https://www.researchgate.net/publication/281272005_Grundvattenbildning_till_berg_-_En_litteraturstudie_samt_fallstudie_av_jarnvagstunneln_delen_Varberg-Hamra#pf14

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

Islam, M. F., & Johnston, R. B., (2006). Household pasteurization of drinking-water: the chulli water-treatment system. *Journal of health, population, and nutrition*, 24(3), 356–362. Hämtad 2022-04-08 från: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3013256/>

Klart (u.å) *Klimatstation Visby*. Hämtad 2022-17-05 från:

<https://www.klart.se/se/gotlands-1%C3%A4n/v%C3%A4der-visby/klimat/>

Lidén, A. (2020). Membranfiltrering för dricksvattenberedning – En kunskapssammanställning. *Svenskt Vatten*. Hämtad 2022-04-15 från:

<http://vav.griffel.net/filer/svu-rapport-2020-04.pdf>

Länsstyrelsen, (2018). *Regional vattenförsörjningsplan för Gotlands län*. Länsstyrelsen i Gotlands län. [Regional vattenförsörjningsplan för Gotlands län](#)

Länsstyrelsen, (u.å). *Alvarmark*

<https://www.lansstyrelsen.se/gotland/djur/hotade-arter/hotade-djur-och-vaxter/alvarmark.html>

McCarton, L., O’Hogain, S., Reid, A. (2021). Rainwater harvesting systems. In: *The Worth of Water*. Springer, Cham. https://doi-org.ezproxy.ub.gu.se/10.1007/978-3-030-50605-6_5

Oskarsson, L., (2020). *Regnvatteninsamling: Vattenbesparingspotential i svenska förhållanden med fallstudie i Järlåsa*. [Masteruppsats, Uppsala universitet]. Digitala Vetenskapliga Arkivet. Hämtad 2022-04-24 från:

<https://uu.diva-portal.org/smash/get/diva2:1461353/FULLTEXT01.pdf>

Region Gotland. (2016). *Gotland grundvatten och dricksvatten*.

Samhällsbyggnadsförvaltningen. <https://www.gotland.se/94272>

Region Gotland, (2018-10-22). *Hansestaden Visby*. Region Gotland. Hämtad 2022-04-05 från: <https://www.gotland.se/4049>

Region Gotland, (2019-01-18). *Visbys vattenförsörjning*. Region Gotland. Hämtad 2022-04-06 från: <https://www.gotland.se/100395>

Region Gotland, (2022a-04-04). *Bevattningsförbud*. Region Gotland. Hämtad 2022-04-06 från: <https://www.gotland.se/bevattningsforbud>

Region Gotland, (2022b-03-21). *Din vattenanvändning spelar roll*. Region Gotland. Hämtad 2022-04-06 från: <https://www.gotland.se/114066>

Richardson, S. D., & Postigo, C. (2011). Drinking water disinfection by-products. In *Emerging organic contaminants and human health*. Springer, Berlin, Heidelberg. Hämtad 2022-04-08 från: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978_2011_125

Safapour, N., & Metcalf, R. H. (1999). Enhancement of solar water pasteurization with reflectors. *Applied and Environmental Microbiology*, 65(2), 859-861. Hämtad 2022-04-08 från: <https://journals.asm.org/doi/epub/10.1128/AEM.65.2.859-861.1999>

SBU, (2012) *P-värde och signifikans*. Hämtad 2022-05-05 från: <https://www.sbu.se/sv/publikationer/vetenskap-och-praxis/hur-liten-far-en-effekt-vara/>

SCB, (2017). *Vattenanvändningen i Sverige 2015*. Hämtad 2022-04-05 från: https://www.scb.se/contentassets/bcb304eb5e154bdf9aad3fbc063a0d3/mi0902_2015a01_br_miftbr1701.pdf

SGU, (u.å). *Uppdrag-Hitta vatten på Gotland*. Hämtad 2022-04-05 från: <https://www.sgu.se/om-sgu/nyttosexempel/uppdrag-hitta-vatten-pa-gotland/>

SGU, (2015). *SkyTEM-undersökningar på Gotland*. Elanders Sverige AB. <http://resource.sgu.se/produkter/rm/rm136-rapport.pdf>

SMHI, (2013). *Gotlands Klimat*. Hämtad: 2022-04-05 från: <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimatet-i-sveriges-landskap/gotlandsklimat-1.4887>

SMHI, (2015). *Framtidsklimat i Gotlands län – enligt RCP-scenarier*. KLIMATOLOGI Nr 31, 2015. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:948118/FULLTEXT01.pdf>

SMHI, (2019a). *Sveriges vattentillgång utifrån perspektivet vattenbrist och torka*. HYDROLOGI Nr. 120, 2019. SMHI. https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.152541!/Hydrologi_120.pdf

SMHI, (2019b). *Dagvatten och spillvatten*. Klimatanpassning. Hämtad 2022-05-11 från:
<https://www.klimatanpassning.se/hur-samhället-paverkas/vatten-och-avlopp/dagvatten-och-spillvatten-1.107468>

SMHI, u.å. Ladda ned meteorologiska data. Hämtad 2022-04-05 från:
<https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer/#param=precipitation24HourSum,stations=all,stationid=78390>

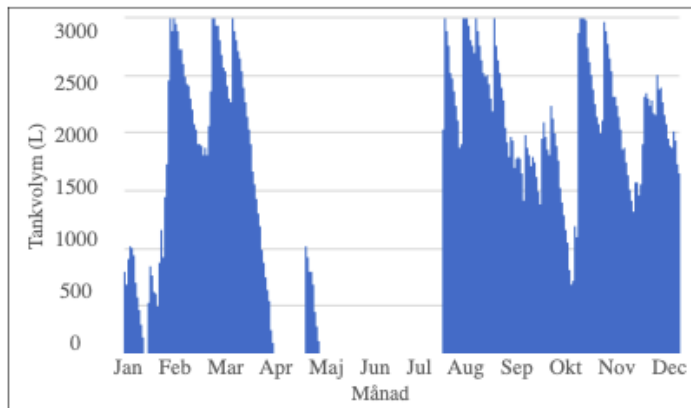
S. Pettersson (personlig kommunikation, 2022, 22, 04)

SVT. (2020-02-21). *Vattenbrist hotar Visby sommaren 2022*.
<https://www.svt.se/nyheter/lokalt/ost/kan-bli-tufft-vattenlage-i-visby-2022-ny-utredning>

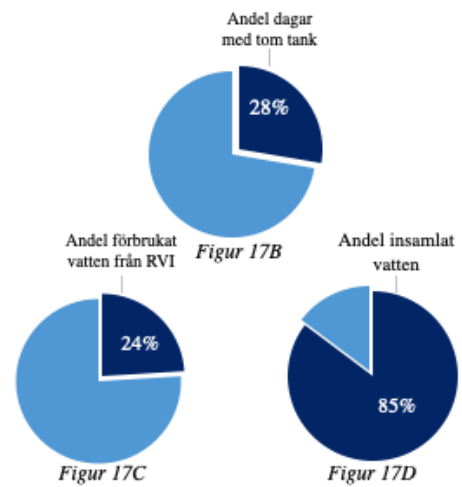
Söderqvist, Å., (2019) *Regnvatteninsamling för toalettspolning - effektivitet, lämplig magasinstorlek och rekommenderade vattenreningsmetoder i Celsius-husets system* [Masteruppsats, Uppsala universitet] Hämtad 2022-05-11 från:
<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1288306/FULLTEXT01.pdf>

Unesco. (2019). *Hansestaden Visby*. Unesco. Hämtad 2022-04-05 från:
<https://unesco.se/hansestaden-visby/>

Bilaga 1 - Övriga figurer

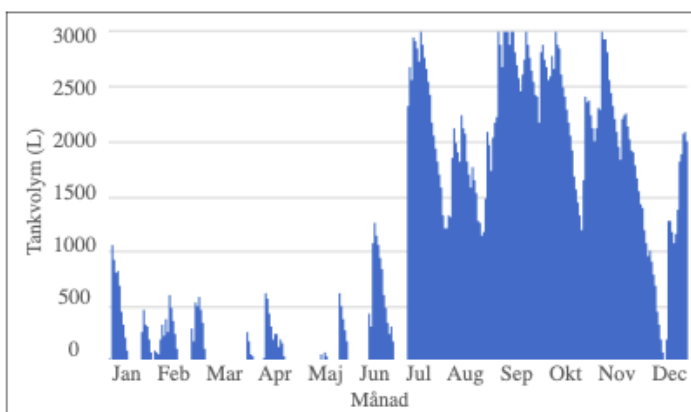


Figur 17A

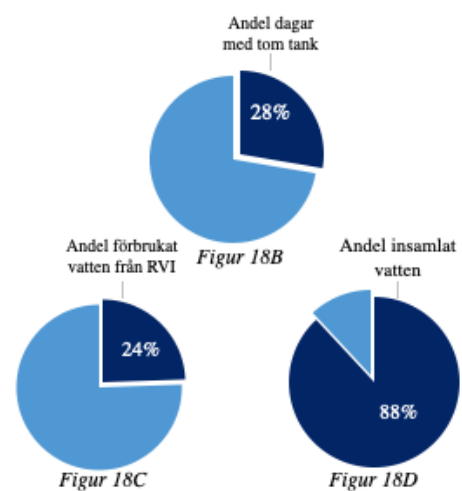


Figur 17. **Figur 17A** - Tankens fluktuation av vattenvolym över 2018. **Figur 17B** - Visar andel dagar med tom tank för år 2018. **Figur 17C** - Visar andel förbrukning av regnvatten relativt till total vattenförbrukning i hushållet år 2018. **Figur 17D** - Visar andel mängd insamlat vatten relativt till den totala nederbördspotentialen år 2018.

Figure 17. **Figure 17A** - Analysis showing tank fluctuation for the year 2018. **Figure 17B** - Number of days with an empty tank for 2018. **Figure 17C** - Proportion of rainwater consumption relative to total water consumption in the household in 2018. **Figure 17D** - Proportion of quantity collected water relative to the total precipitation potential in in 2018.



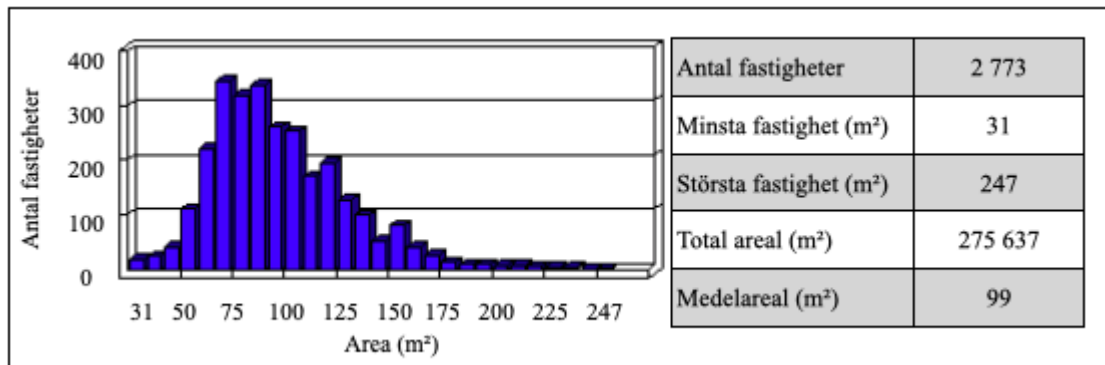
Figur 18A



Figur 18. **Figur 18A** - Tankens fluktuation av vattenvolym över 2001. **Figur 18B** - Andel dagar med tom tank för år 2001. **Figur 18C** - Andel förbrukning av regnvatten relativt till total vattenförbrukning

i hushållet år 2001. **Figur 18D** - Andel mängd insamlat vatten relativt till den totala nederbördspotentialen år 2001.

Figure 18. **Figure 18A** - Analysis showing tank fluctuation for the year 2001. **Figure 18B** - Number of days with an empty tank for the year 2001. **Figure 18C** - Proportion of rainwater consumption relative to total water consumption in the household in 2001. **Figure 18D** - Proportion of quantity collected water relative to the total precipitation potential in 2001.



Figur 19. Statistik över de identifierade fastigheterna från verktyget Calculate geometry i ArcGIS.

Figure 19. Statistics on identified properties from the Calculate geometry tool in ArcGIS.

Bilaga 2 - Enkätformulär

Vi skriver ett arbete om potentialen för regnvatteninsamling på taktytor i Visby. Utöver potentialen för hur mycket vatten som kan sparas i hushåll, vill vi även undersöka viljan hos privatpersoner med fristående hus. Vill du delta anonymt i en kort undersökning? **Ringa in svaren**

1. Hur gammal är du?

18-29 30-49 50-65 66+

2. Bor ni/du här året runt?

Ja Nej

3. Hur många bor i hushållet?

1 2 3 4 5+

4. Vattenbristen under sommarhalvåret påverkar min vattenförbrukning

Håller med					Håller inte alls med
1	2	3	4	5	

5. Jag anser att det är viktigt att privatpersoner tar eget ansvar i att bidra till en robust vattenförsörjning?

Håller med					Håller inte alls med
1	2	3	4	5	

Genom installation av ett regnvatteninsamlings-system med filtrering går det att samla in och använda det recirkulerade regnvattnet till toalett- och tvätt. Genom denna metod kan ett hushåll spara upp till 45 liter/person varje dygn och därmed bidra till en hållbar vattenförsörjning på Gotland. Det finns olika alternativ av system där uppsamlingstanken varierar i storlek, samt att placeringen kan vara både över och under marken beroende på markförhållandena och utformning av tomten. Installationskostnader för ett regnvatteninsamlingsystem varierar mellan 50 000-80 000 kr.

7. Med bakgrunden i åtanke, hade du kunnat tänka dig att installera ett regnvattensystem likt de presenterat ovan?

Ja Nej

8. Vilka hinder ser ni/du som störst för att ni ska installera ett regnvattensystem? Tillåtet att ringa in flera alternativ.

Inget behov Kostnad Utrymme Övrigt

Specificera övrigt/kommentar