



UPPSALA
UNIVERSITET

ISRN UTH-INGUTB-EX-B-2023/006-SE

Examensarbete 15 hp

Juni 2023

Insamling av dagvatten för toalettpolning i Sverige

Undersökning av befintliga system i Celsiushuset och
Sergelhusen med avseende på effektivitet, drift och
användarupplevelse

Martin Lindkvist
Simon Larsson



Abstract

Collecting rainwater for use in toilets is currently uncommon in Sweden. Technology for treating rainwater and using it for toilet flushing is only found in three buildings in Sweden today. Two of these buildings are Celsiushuset in Uppsala and Sergelhusen in Stockholm. The buildings that utilize this technology are relatively newly constructed, and there has been no investigation into how the systems have performed in terms of operation, efficiency, or user experience. The systems in Celsiushuset and Sergelhusen have only been in use for a little over two years and have not been evaluated during this time. The actual efficiency of the systems is therefore unknown, and investigations need to be conducted to analyze their efficiency, user experience, and any issues related to system management.

This thesis has been conducted in collaboration with Structor Mark Uppsala, which has designed the external part of the system in the aforementioned buildings. The thesis work has been carried out using surveys, observations, document analysis, and interviews. The study reveals that there is some discoloration of the toilet water, which has had an impact on the water and sanitation components. The investigation also shows that most users do not have a problem with moderate discoloration of the toilet water as long as they are aware of the cause of the discoloration.

The amount of rainwater used compared to drinking water in the Celsiushuset system was calculated to be 12.7 percent since the building's commissioning, but the theoretical efficiency is around 50 percent. For Sergelhusen, it has not been possible to calculate the actual efficiency, but the theoretical efficiency is approximately 40 percent. Celsiushuset has had issues with the operation of the system's control, resulting in the dry-run protection of the pump tripping when water should be pumped into the building from the reservoir. Sergelhusen has needed to modify the system due to excessively high levels of discoloration in the water and has installed additional treatment steps, which have led to reduced discoloration.

The study shows that discoloration in the toilet water does not have a negative impact on the user's experience. However, it is important to consider the choice of materials for the roof and water and sanitation components that are affected by the use of rainwater. Furthermore, the design of the roof is crucial regarding the use of green roofs, which has a significant impact on the quality of rainwater and requires additional treatment steps in the system.

Teknisk-naturvetenskapliga fakulteten

Uppsala universitet, Utgivningsort Uppsala

Handledare: Sandra Zaff Ämnesgranskare: Elaheh Jalilzadehazhari

Examinator: Petra Pertoft

Sammanfattning

Insamling av dagvatten för användning till toaletter är i dagsläget ovanligt i Sverige. Teknik för att rena dagvatten och använda till toalettspolning förekommer endast i tre byggnader i Sverige idag. Två av de här byggnaderna är Celsiushuset i Uppsala och Sergelhusen i Stockholm. Byggnaderna som använder sig av tekniken är relativt nybyggda och det har inte utretts hur systemen har fungerat med avseende på drift, effektivitet eller användarupplevelse. Systemen i Celsiushuset och Sergelhusen har enbart varit i bruk under drygt två års tid och har ej utvärderats under tiden. Den faktiska effektiviteten för systemen är därför okänd och undersökningar måste utföras för att kunna analysera effektiviteten, brukarnas upplevelse samt problem med förvaltningen av systemet.

Detta examensarbete har genomförts i samarbete med Structor Mark Uppsala som har projekterat den utvändiga delen av systemet i ovannämnda husen. Examensarbetet har utförts med enkäter, observationer, dokumentanalys samt intervjuer. Undersökningen redogör att det blir en viss missfärgning av toalettvattnet vilket har haft en påverkan på vatten och sanitetskomponenter. Undersökningen påvisar även att de flesta användarna inte har något problem med måttliga missfärgningar av toalettvattnet så länge de är medvetna om orsaken för missfärgningen.

Hur mycket dagvatten gentemot dricksvatten systemet i Celsiushuset använde räknades fram till 12,7 procent sedan byggnadens driftsättning, men den teoretiska effektiviteten är runt 50 procent. För Sergelhusen har inte den faktiska effektiviteten varit möjlig att räkna fram men den teoretiska är ungefär 40 procent. Celsiushuset har haft problem med driften av systemets styrning vilket gör att en pumps torrkorningsskydd löser ut när vatten ska pumpas in i byggnaden från magasinet. Sergelhusen har behövt bygga om systemet på grund av allt för grova missfärgningar i vattnet och installerat fler reningssteg vilket har lett till minskade missfärgningar.

Studien visar att missfärgningar i toalettvattnet inte har en negativ påverkan på användarens upplevelse. Däremot är det viktigt att ha i åtanke kring materialval av tak samt vatten och sanitetskomponenter som påverkas av dagvattenanvändningen. Därefter är takets utformning viktig gällande användningen av grönatak vilket har en stor påverkan på dagvattnets kvalitet och medför fler reningssteg i systemet.

Nyckelord: Dagvatten, Dagvatteninsamling, Vattenrening, Nederbörd, Toalettspolning, Återanvändning av regnvatten

Förord

Detta examensarbete på kandidatnivå är skrivet av Martin Lindkvist och Simon Larsson, arbetet är det avslutande momentet på Högs k oleingenjör s programmet i byggt teknik på Uppsala universitet och omfattar 15 högs k olepoäng. Arbetet har genomfö rts i samarbete med Structor Mark Uppsala där Sandra Zaff har varit handledare.

Vi riktar ett stort tack till vår handledare Sandra Zaff som har haft stort tålamod med att svara på frågor, väglett oss framåt under hela arbetet och mycket mer. Vi tackar även vår ämnes granskare Elaheh Jalilzadehazhari vid institutionen för Samhällsbyggnad för hennes kunskap inom ämnet och av akademiskt arbete som har hjälpt oss strukturera vår tid och hjälpt oss få en högre kvalité på arbete.

Vi vill även rikta ett stort tack till Omar Ayedi på Hellenius för en väldigt pedagogisk genomgång av byggnadens system samt Pär Fagerman och Samir Djedou från Vasakronan för studiebesök och intervjuer.

Uppsala, maj 2023

Martin Lindkvist och Simon Larsson

Fördelning av arbetet i rapporten.

Ansvarsfördelning (X) = Stort bidragande, (O) = Mindre bidragande, (-) = Inget bidragande		
Rubrik/kapitel	ML	SL
Introduktion	X	X
Bakgrund	X	X
Metod	O	X
Emperi	O	X
Resultat	X	O
Analys	X	O
Diskussion	X	O
Slutsatser	X	O

Innehållsförteckning

1	INTRODUKTION	1
1.1	Inledning	1
1.2	Problembeskrivning	2
1.3	Syfte	2
1.4	Frågeställningar	2
1.5	Avgränsningar	2
2	BAKGRUND	3
2.1	Dricksvatten och nederbörd i Sverige	3
2.2	Betydelsen av dagvatteninsamling	5
2.3	Bestämmelser och rekommendationer för lokala vattensystem som inte innefattar dricksvatten	7
2.4	Utformning av system för dagvatteninsamling	8
2.5	Kvalité	9
2.5.1	Kvalité på Vatten från Nederbörd	9
2.5.2	Kvalité på vatten från avrinningen	9
2.5.3	Lagring och Transports påverkan på Vattenkvalitén	10
2.5.4	Reningsmetoder för Dagvatteninsamling	11
2.6	Dagvattensystem för toaletter i Sverige	13
2.7	Celsiushuset i Uppsala science park	14
2.7.1	LEED-Certifiering	14
2.7.2	Utformning av dagvatteninsamlingssystem	14
2.7.3	Utformning av tak	16
2.8	Sergelhusen i Stockholm	18
2.8.1	LEED-Certifiering i Sergelhusen	19
2.8.2	Utformning av dagvatteninsamlingssystemet	19
2.8.3	Dagvatteninsamlingssystem innan renovering	21
2.8.4	Utformning av tak	21
3	METOD	23
3.1	Dokumentanalys	23
3.2	Observation	23
3.3	Intervju	23
3.4	Enkät	23
3.5	Fördelar och nackdelar med dessa metoder	24
3.6	Validitet och reliabilitet	24
3.7	Etiska ställningstaganden	25
4	EMPIRI	26

4.1	Inledning empiri	26
4.2	Genomförandet	26
4.3	Datainsamlingsmetod	28
4.4	Dataanalys	29
5	RESULTAT	30
5.1	Visuellt.....	30
5.1.1	Celsiushuset.....	30
5.1.2	Sergelhusen	31
5.2	Drift	31
5.2.1	Celsiushuset.....	32
5.2.2	Sergelhusen	32
5.3	Effektivitet.....	33
5.3.1	Celsiushuset.....	33
5.3.2	Sergelhusen	33
5.4	Användarnas upplevelse	34
6	ANALYS.....	36
6.1	Finns det några problem som har uppstått med dagvatteninsamling för toalettspolning? 36	
6.2	Hur mycket dagvatten gentemot dricksvatten har systemet använt?.....	36
6.3	Hur har systemet upplevts av dess användare?	36
6.4	Övrig analys.....	37
7	DISKUSSION	38
7.1	Reflektion	38
7.2	Metoddiskussion.....	39
8	SLUTSATSER.....	41
8.1	Slutsatser.....	41
8.2	Förslag på fortsatt forskning/arbete	41
9	REFERENSER.....	42

Tabellförteckning

Tabell 1: LEED:s sju prioriterade mål (Sweden Green Building Council, u.å.).....	14
Tabell 2: Sammanställning av ytan av respektive takmaterial i Celsiushuset samt sammanställning av takets avrinningskoefficient.....	17
Tabell 3: Sergelhusens takutformnings material, area och avrinningskoefficient (LEED dokument Kv Hästskon 12, se Bilaga 3)	22
Tabell 4: Metoderna som används för att besvara frågeställningarna.....	26
Tabell 5: Över när studiebesök, intervjuer och enkäter utfördes samt syfte.....	27
Tabell 6: sammanställning av volymer vatten för toalettspolning som förbrukats i Celsiushuset från driftsättning till Mars 2023	33

Figurförteckning

Figur 1: Redovisar årsnederbördens variationer mellan 2002–2022 i Uppsala i jämförelse med medelvärdet för perioden. (SMHI: Års- och månadsstatistik, 2002–2022)	4
Figur 2: Redovisar årsnederbördens variationer mellan 2002–2022 i Stockholm i jämförelse med medelvärdet för perioden. (SMHI: Års- och månadsstatistik, 2002–2022)	4
Figur 3: I procent hur mycket vatten en person använder till olika saker per dag. (Svenskt Vatten: Analys hushållens vattenkonsumtion, 2022)	6
Figur 4: Dagvattensystemet i Celsius samt Sergelhusen (Relationshandling Vasakronan, se Bilaga 1)	15
Figur 5: Takutformningen och material för Celsiushuset (Relationshandlingar Vasakronan, se Bilaga 2)	17
Figur 6: Sektion för Sergelhusen för ombyggnationen start 2017. Röd streckad linje visar bebyggelsen innan ombyggnation. (Stockholms stad: Planbeskrivning Hästskon 12, 2015)..	18
Figur 7: Översiktsbild över dagvatteninsamlingen för Sergelhusen K- och M huset (Relationshandling Vasakronan)	19
Figur 8: Översiktsbild över dagvatteninsamlingen för Sergelhusen S huset (Relationshandling Vasakronan)	20
Figur 9: Det ursprungliga tanksystemet i Sergelhusen (Relationshandling Vasakronan).....	21
Figur 10: Hur metoderna har använts för att komma fram till resultat	29
Figur 11: Toalettvattnets färg Celsius huset Uppsala (Foto från studiebesök 2023-03-29).....	30
Figur 12: Bild på informationslapp inne på toalett i Sergelhusen (Foto från Studiebesök 2023-04-14).	31
Figur 13: Vattentankarna på 10 kubik st. i Hus H av Sergelhusen (Foto från studiebesök 2023-04-14)	32
Figur 14: fördelning mellan personer som upplever en färgskillnad i toalettvattnet i Sergelhusen	34
Figur 15: Andelen personer som upplever en skillnad i lukt i toaletterna i Sergelhusen.....	34
Figur 16: Andelen personer som upplevt en skillnad i vattentryck i Sergelhusen toaletter jämför med vanliga toaletter.	35

1 INTRODUKTION

Det här kapitlet beskriver bakgrunden till varför examensarbetet har utförts, problembeskrivningen, syftet, frågeställningen och avgränsningarna som har gjorts i den här undersökningen.

1.1 Inledning

Dagvatteninsamlingssystem har funnits i flera tusen år för att samla det avrunna vattnet från hårdgjorda ytor och därigenom att försörja vattenbehovet för samhället och enskilda individen (Zhu et al., 2015). Under 1700-talet och framåt har dock insamling bytts ut mot centraliserade system där vatten utvinns från yt- eller grundvatten (Svenskt Vatten: P110, 2016). I och med klimatkrisen blir torka allt vanligare globalt men även i Sverige. Det resulterar i att bevattningsförbud under sommarmånader ofta förekommer.

I andra delar av världen förekommer insamling av dagvatten i större omfattning av olika anledningar. I Bangladesh är dagvatteninsamling ett lönsamt alternativ för att tillhandahålla säkert dricksvatten. Det har stor betydelse i delarna av landet där grundvattnet innehåller höga halter arsenik eller påverkas av saltvattenintrång (Zhu et al., 2015). Det insamlade dagvattnet ser lokalbefolkningen som en tillförlitlig vattenkälla för att dricka och använda till matlagning. Tester på renhet av det insamlade dagvattnet i Bangladesh visar att det kan lagras i fyra till fem månader utan att bli förorenat (Zhu et al., 2015). Olika projekt har lanserats i storstadsområden i landet för att uppmuntra användningen av dagvatteninsamling som alternativmetod för att leverera vatten till alla hushållsbehov (Zhu et al., 2015).

I Australien har historiskt majoriteten av vattnet i städerna kommit från nederbördsavrinning från inlandsområden. Det har ökat flexibiliteten för städernas vattentillgång. Variationerna av klimatet har blivit större och att förlita sig på en vattenresurs blir osäkrare. För att öka pålitligheten krävs flera vattenresurser och diverse bevarande strategier för vattnet (Novak et al., 2014). Australien implementerar system för dagvatteninsamling i stor omfattning. Systemen står för Australiens tredje största tillgång till vatten och står för cirka 274 miljarder liter per år (Rainwater harvesting Australia, u.å). Enligt *Australian Bureau of Statistics* använder cirka fjärdedel av hushållen en dagvattentank. Det levererar 177 miljarder liter eller nio procent av bostadsvattnet och estimerat värde på 540 miljoner australienska dollar (ABS, 2015).

Insamling av dagvatten i Sverige är idag relativt obeprövat och används inte i någon större utsträckning (o.Ayedi, personlig kommunikation, 2023). Det för att Sverige generellt sett har en god vattentillgång och låga priser på vatten (S.Zaff, personlig kommunikation, 2023). I snitt använder en svensk person cirka 140 liter dricksvatten per dag varav 30 liter vatten enbart till toalettspolning (Svenskt Vatten: Analys hushållens vattenkonsumtion, 2022). Ett nytt tankesätt och system har potentialen till att minska dricksvattenbehovet då dagvatten är tänkt till att ersätta en stor del av dricksvattnet till toalettspolning. Idag är enbart tre fastigheter i Sverige utrustade med den nya tekniken för att använda dagvatten till toalettspolning. Systemen installerades mellan åren 2019–2020 och hur de har fungerat i drift är idag okänt.

Två av fastigheterna är lokaliserade i Uppsala samt Stockholm och blev färdigställda under sista kvartalet 2020. Både Celsiushuset i Uppsala och Sergelhusen i Stockholm ägs och förvaltas av Vasakronan som också varit initiativtagare för upprättandet av systemen. Celsiushuset är en kontorsbyggnad i Uppsala Science Park som påbörjades år 2018 och hade höga mål om hållbarhet. Sergelhusen är tre huskroppar uppförda i början av 1960-talet, men år 2017 påbörjade en ombyggnation av det existerande byggnaderna med mål att energieffektivisera och skapa ett mer attraktivt kvarter. Tekniken är tidigare obeprövad i Sverige så kunskapen om vilka problem som kan uppkomma är liten. En av okunskap är bland annat reningen av dagvattnet för att undvika lukt och missfärgning.

1.2 Problembeskrivning

Systemen i Celsiushuset och Sergelhusen har enbart varit i bruk under drygt två års tid och har ej utvärderats under tiden. Den faktiska effektiviteten för systemen är därför okänd och undersökningar måste utföras för att kunna analysera brukarnas upplevelse samt problem med förvaltningen av systemet.

1.3 Syfte

Syftet med studien är att undersöka hur systemen för dagvatteninsamling för toaletter har fungerat i Celsiushuset, Uppsala och därtill även Sergelhusen, Stockholm. Undersökningen bygger på i) hur tekniken har fungerat i helhet i form av driftproblematik och förvaltningsbesvär, ii) hur effektivt systemet har varit vid användningen av dagvatten gentemot dricksvatten och iii) hur användarna upplever systemet och hur dem ställer sig till användningen av tekniken.

1.4 Frågeställningar

Projektet har utgått från att besvara följande frågeställningar.

- Vilka drift och förvaltningsbesvär har uppstått med dagvatteninsamling för toalettspolning?
- Hur mycket dagvatten jämfört med dricksvatten har systemet använt?
- Hur har systemet upplevts av dess användare?

1.5 Avgränsningar

Den här studien analyserar dagvatteninsamlingssystem som är installerade i Celsiushuset samt Sergelhusen ur drift och förvaltning, användningen av dagvatten samt användarnas upplevelse.

2 BAKGRUND

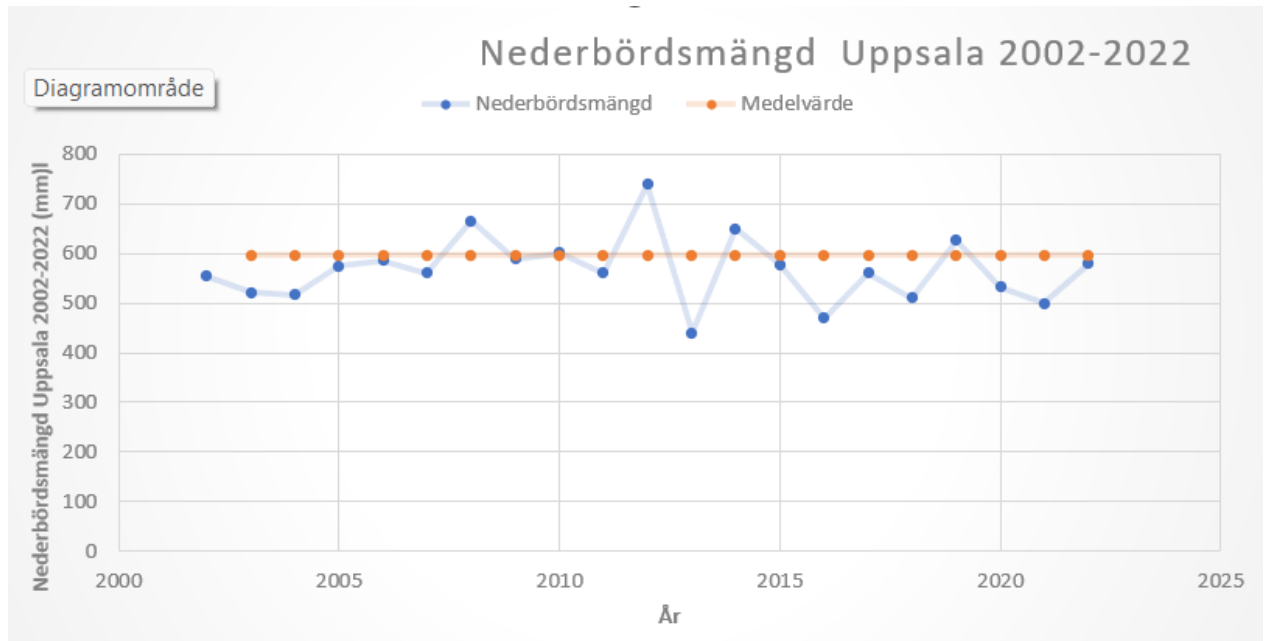
Dagvattenhantering för användning i byggnader men inte som dricksvatten kräver någon form av uppsamlingsystem, rening, distribution i byggnaden samt nederbörd. Följande kapitel redogör för teorin kring dagvatteninsamling för användning i byggnader ej för dricksvatten.

2.1 Dricksvatten och nederbörd i Sverige

Dricksvatten är vårt viktigaste livsmedel (Livsmedelsverket: Dricksvatten, 2023). I Sverige använder en person i snitt 140 liter vatten per dag där tio liter uppskattas att användas till matlagning och dryck (Livsmedelsverket: Dricksvatten, 2023). Däremot förväntas resursen att påverkas av ett förändrat klimat i Sverige. Problem som värmeböljor, torka och skyfall kan påverka vattnet på flera olika sätt och de förutspådda effekterna är förändring i temperatur, vattentillgång, flöden och nederbörd (Livsmedelsverket: Konsekvenser för ett förändrat klimat, 2023).

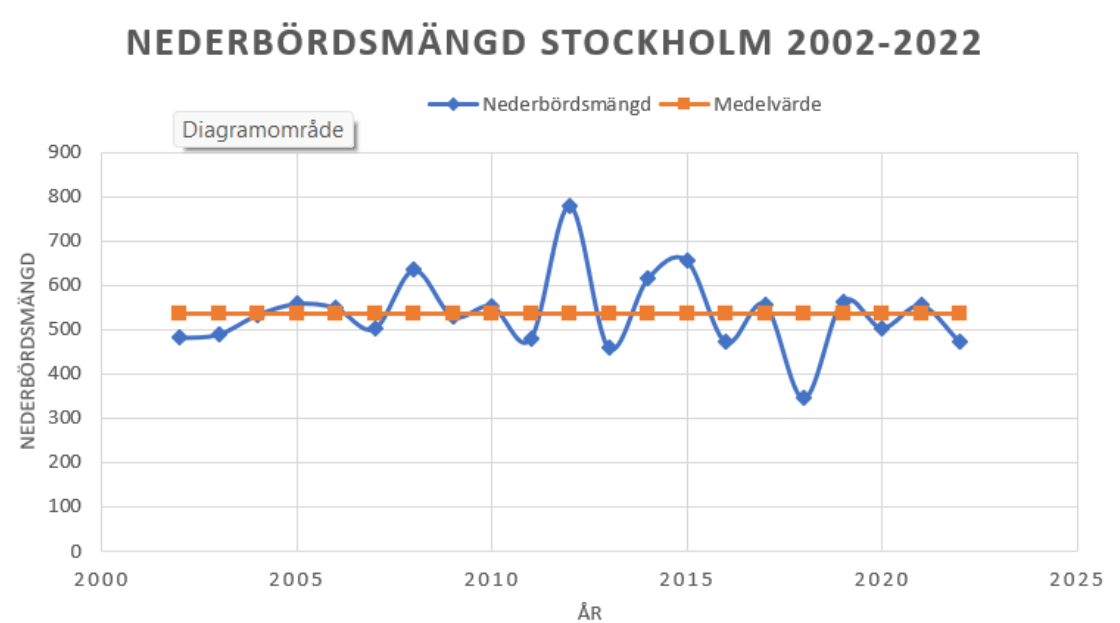
Mellan år och decennier är däremot variationen i nederbörd estimerad att vara större än temperaturskillnaden. En nederbördsökning är förväntad över hela landet och regn- och snömängden har ökat med 10 procent från år 1860. Nederbörden är som minst under vinterhalvåret parallellt med att dagar med snö har blivit färre (Naturskyddsföreningen: Klimatförändringar i Sverige, 2022). Det bidrar till en ökning av vatten i delar som redan befinner sig i nederbördsrika områden som kan leda till översvämning. I Uppsala har konsekvenserna blivit att grundvattennivåerna varit höga eller väldigt höga i vissa delar av kommunen (Uppsalavatten: Grundvattenläget, 2023). Ökade grundvattennivåer i samband med nederbörd och översvämning kan påverka vattnets kvalitet på grund av inflödet av ytvatten. Kustnära kommuners grundvatten kan också påverkas av ökade havsnivåer med risk för ökad saltvatteninträngning (Klimatanpassning: Grundvatten, 2019).

Variationen i nederbörd påverkar systemet i Celsius huset då systemets effektivitet blir beroende av nederbördsmängden för att det ska vara möjligt att utnyttja dagvatten i systemet. I figur 1 presenteras variationen av nederbördsmängd åren 2002–2022 för Uppsala. De flesta åren följer medelvärde relativt jämnt med små variationer. Däremot förekommer det även år som är väldigt nederbördsrika eller fattiga vilket påverkar systemets effektivitet. Nederbördsfattiga år påverkar speciellt då magasinet inte kan fyllas upp med de volymerna som behövs.



Figur 1: Redovisar årsnederbördens variationer mellan 2002–2022 i Uppsala i jämförelse med medelvärdet för perioden. (SMHI: Års- och månadsstatistik, 2002–2022)

Nederbördsmängden i Stockholm har varierat under perioden 2002 till 2022 vilket kan ses i figur 2. Medelvärdet för nederbörd under perioden är 537 millimeter per år vilket är lägre än nederbörden i Uppsala för motsvarande period. Det är även stora variationer från år till år vilket påverkar systemets effektivitet i Sergelhusen på samma sätt som är beskrivet för Celsiushuset under 2.1 (SMHI Års- och Månadsstatistik 2002–2022).



Figur 2: Redovisar årsnederbördens variationer mellan 2002–2022 i Stockholm i jämförelse med medelvärdet för perioden. (SMHI: Års- och månadsstatistik, 2002–2022)

Medelvärde t för nederbörd i Uppsala mellan åren 2002–2020 är 556,1 millimeter per år och nederbörden varierar kraftigt med årstiderna. Vår och höst är relativt nederbördsrika i jämförelse med vintern. Variationerna i nederbörd under året leder till att systemet får olika förutsättningar att fungera genom året (SMHI: Års- och månadsstatistik, 2002–2022).

2.2 Betydelsen av dagvatteninsamling

Insamling av dagvatten är en av de äldsta metoderna för att tillgodose behovet av vatten. Det har varit ett behandlingssätt som flera civilisationer har använt i över 4000 år för huvudsakligen dricksvatten eller jordbruksändamål (Zhu et al., 2015). Dagvatten är den första formen av naturresursen vatten som vi känner till i det hydrologiska kretsloppet. Insamling och bevarandet av dagvatten har varit en primär vattenkälla globalt. Vår sekundära källa till vatten är floder, sjöar och grundvatten, men vid brist av dagvatteninsamling så förlitar vi oss i nutid på de här källorna. Betydelsen av den primära källan av vatten får inte gå förlorad (Novak et al., 2014).

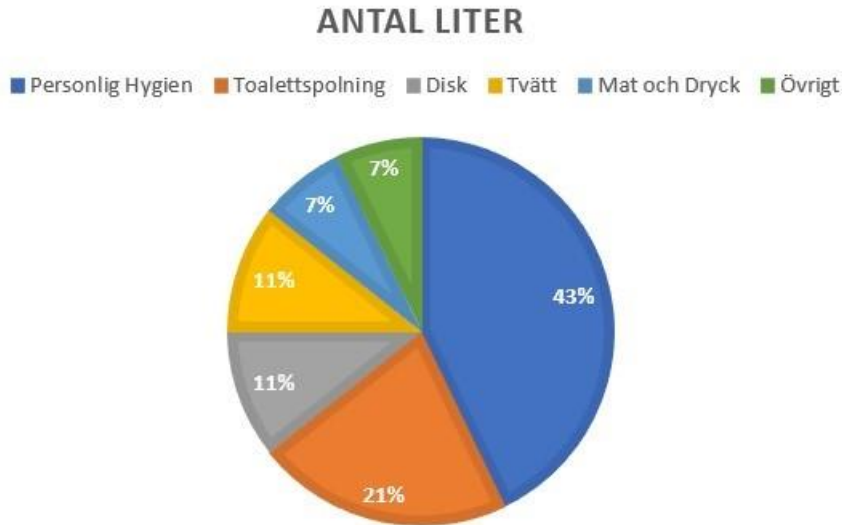
Att samla dagvatten har en stor betydelse idag på grund av två olika anledningar:

1) Samhället idag har blivit alltmer avancerat vilket har resulterat i att mer vatten förbrukas per capita (Novak et al., 2014). I dagsläget används vatten till olika produktioner och industrier, men framför allt krävs stora mängder vatten för att framställa mat (Novak et al., 2014). Till följd av människans utveckling har flera länder övergivit de traditionella metoderna för insamling av dagvatten och istället ökat trycket på användningen av grundvattnen och ytvattnen.

2) Billigare och mer lättillgängligt vatten har även medfört slöseri och slarvig hantering av resursen (Zhu et al., 2015). Människor betalar för att få in vatten i hushållen, men också för att bli av med det. För det vatten som däremot är gratis så som dagvatten anläggs dyra dagvatteninfrastrukturer för att avleda det så fort som möjligt (Novak et al., 2014). Nya tekniska möjligheter har tillkommit och fler nationer världen över motiverar positivt användningen för dagvatteninsamling. Systemen blir bättre och lösningarna är bra för att hantera kraven för ökad vattnefterfrågan till följd av klimat- och miljöförändringar (Campisano et al., 2017).

Insamling och bevarande av dagvatten har blivit effektiva och hållbara behandlingssätt inom väg- och vatten och ingenjörsvetenskap. Målet med systemet är att bidra till lägre påverkan i utvecklingen av fastigheter, men det kan även ge förmåner för fastighetsägaren. Genom att reducera avrinningen från väderhändelser med insamling av dagvatten får man större utvecklingsbart område att bygga på, lägre kommunala avgifter och det bidrar till minskning av urbaniseringens inverkan på vattenförekomster (Novak et al., 2014).

Miljöcertifieringar och andra riktlinjer för prestanda påverkar användningen för dagvatteninsamlingssystem genom att systemen ger poäng till certifieringar. Som diskuterades tidigare kan ett dagvatteninsamlingssystem minska vattenbristen i Sverige. År 2022 användes i snitt 30 liter vatten per dygn till toalettspolning vilket motsvarar 21 procent av den dagliga användningen av dricksvatten, se figur 3 (Svenskt Vatten: Analys hushållens vattenkonsumtion, 2022).



Figur 3: I procent hur mycket vatten en person använder till olika saker per dag. (Svenskt Vatten: Analys hushållens vattenkonsumtion, 2022).

Dagvatteninsamlingssystem kan även till en avlastning på det kommunala dagvattennätet. Olika metoder för avledning av dagvatten har använts i Sverige under århundranden. Från rännsten till rör till moderna lösningar med fördröjningssystem och rening. Under 1800 talet fram till 1940–1950 talet så användes i regel kombinerade avloppssystem i Sverige där dag- drän- och spillvatten kombinerades i samma ledningar. Idag bygger man inte med kombinerade ledningar men befintliga system finns kvar och ungefär 13 procent utav Sveriges avloppssystem är kombinerade i dagsläget (Svenskt Vatten: P110, 2016).

Problemet med kombinerade ledningar vid skyfall är att det blir stora flöden i ledningarna vilket kan leda till en överbelastning som kan resultera i översvämmade källare, vatten stående mot husgrunder eller att vattnet leds och trycks upp genom brunnar. Detta kan även ske med separata ledningar om inte bland annat höjdsättning är korrekt utförd (Svenskt Vatten, P110: 2016). Nya dagvattensystem anläggs så att spillvatten alltid hanteras i en egen separat ledning. Dagvatten hanteras separat i rörsystem eller öppna system där vattnet fördröjs i största möjliga mån. Dränvattnet avleds antingen i en separat tät ledning eller i dagvattenledningen på ett sådant sätt att dagvattnet inte kan trycka upp mot husgrunden vid dämning (Svenskt Vatten: P110, 2016).

2.3 Bestämmelser och rekommendationer för lokala vattensystem som inte innefattar dricksvatten

Bestämmelser för lokala vattensystem, system för användning av renat bad-, disk- och tvättvatten dock ej dricksvatten behandlas i standarden SS-EN 16941–1:2018. Standarden gäller en rad europeiska länder bland annat Sverige vilket gör att bestämmelser och rekommendationer i standarden gäller vid Celsiushuset samt Sergelhusen. Standarden behandlar följande bestämmelser och rekommendationer för dagvatteninsamling för användning i byggnader, men inte som dricksvatten.

- Rörsystemet bör vara konstruerat så att vattnet kan rinna från uppsamlingsytan till förvaringsmagasinet genom enbart gravitationen eller en hävert. Det ska även finnas möjlighet att inspektera, underhålla och rengöra systemet. Avrinningen från en takyta ska inte rinna till ett öppet stråk för transport utan transporten till förvaringen ska ske i rörssystem.
- Rening kan inkludera biologisk, kemisk eller fysisk rening och ska göras uppströms från magasinet men det är möjligt att installera ytterligare rening efter magasinet.
- Ett dagvatteninsamlingsmagasin ska förse recipienten med vatten som är lämpligt med avseende på kvalitet för spolning av toaletter, bevattning av trädgård samt tvätt.
- Systemet ska innehålla minst en förvaringsenhet för vattnet som kan vara placerad både över och under mark. Förvaringsenheten ska dock vara skyddad mot frost, extrema temperaturer och direkt solljus.
- Materialen som används i systemet ska inte ha någon negativ effekt på vattenkvalitén och inga komponenter ska vara genomskinliga så vida inte kontakt med solljus inte förekommer. Alla komponenter under jord ska även vara korrosions tåliga.
- Systemet måste ha ett överflödesskydd för att kunna bredda ifall förvaringsenheten överfylls. Breddningen ska om möjligt inte ske till spillvattensystemet, ifall inga andra alternativ är möjliga så måste anslutningen mellan systemet och spillvattnet ha en luftspärr. Om möjligt ska breddningen ske via infiltration i marken och avledas genom öppna vattenvägar.
- Systemet måste ha reservvatten inkopplat ifall att det inte finns tillräckligt med vatten i förvar. Reservvattnet ska vara konstruerat så att minimalt med dricksvatten används för att driftsäkra systemet (Svensk Standard, 2018)

2.4 Utformning av system för dagvatteninsamling

System för dagvatteninsamling bygger på ett upptagningsområde för regnvattnet som sedan transporteras genom rör till förvaring i exempelvis magasin eller tank och därefter filtreras och behandlas för att distribueras vidare för användning (Kinkade-Levario, 2007).

- *Upptagningsområde:* Är den definierade arean där regn och snö faller som sedan blir insamlat. Uppsamlingsytan brukar vara tak, men även uteplatsytor som altaner, uppfarter eller parkeringsplatser kan användas. Tak används oftast för att vatten som tas från markytor har större risk för föroreningar (Kinkade-Levario, 2007).
- *Transportsystem:* Ett vanligt transportsystem för när dagvattnet har landat på uppsamlingsytan är hängrännor och stuprör. Genom gravitation färdas vattnet sedan till ett lagringssystem (Kinkade-Levario, 2007).
- *Lagring:* Dagvattnet lagras i en cistern antingen över eller under markytan. Cisternen behöver vara vattentät, skyddad från frost, höga temperaturer och solljus som kan påverka organiskt tillväxt. Lagringssystemet har vatteninlopp, vattenutlopp, inspektionslucka och möjlighet för dränering (Kinkade-Levario, 2007).
- *Filtrering:* Dagvattnet behöver genomgå en reningsprocess för sedan användas till olika behov. Reningen brukar bestå av flera steg i form av filtrering, desinfektion och kontroll för vattnets pH-värde (Kinkade-Levario, 2007). Mer ingående i reningsprocessen i kapitel 2.9.
- *Distribution:* Lagrat och filtrerat dagvatten transporteras eller distribueras sedan för användning. Det kan göras genom gravitation om cisternen är lokaliserad på en höjd, men vanligast är användningen av pump. Pumpar används för att distribuera vatten för cisterner ovan och under mark (Kinkade-Levario, 2007).

2.5 Kvalité

I följande kapitel beskrivs hur dagvattnets kvalitet påverkas från nederbörd, till avrinning och sist lagring. Därefter förklaras de olika stegen i reningsprocessen för att dagvattnet ska nå en kvalitet godkänd efter bestämmelser.

2.5.1 Kvalité på Vatten från Nederbörd

Nederbördens vattenkvalitet beror på halterna av ämnen i luften där emissionerna beror på transport och kemiska processer (SMHI: Om luftföroreningar, 2014). Luftföroreningarna påverkar nederbördskvaliteten på två sätt, torrdeposition och våtdeposition (SMHI: Om luftföroreningar, 2014). Emissionerna kan färdas flera kilometer i luften innan de faller ner. Det resulterar i att även om byggnaden är placerad långt ifrån en industri eller kraftigt trafikerad väg så kan det ändå påverka avrinningsvattnet (SMHI: Om luftföroreningar, 2014).

Torrdeposition sker när ämnen som är bundna till partiklar eller i gasform adsorberas till ytor som tak, mark, växter eller liknande (SMHI: Om luftföroreningar, 2014). Torrdepositionen bidrar till exempelvis försurning, övergödning av vattnet och nedbrytning av byggmaterial. Ämnena fastnar på taket och löses sedan upp under nederbörd vilket leder till att föroreningar följer med vattnet in i systemet. Våtdeposition sker när en förening löser sig med en regndroppe i molnen och faller sedan ner som nederbörd, vilket bidrar på samma sätt som torrdepositionen till föroreningar i systemet (SMHI: Om luftföroreningar, 2014).

PH värde är ett värde på hur surt eller basiskt en vätska är. Dricksvatten i Sverige har generellt ett pH värde mellan 7–9. Nederbörd i Sverige har ett naturligt pH värde på 5,5–6,0 vilket är lägre än nivån för dricksvatten (Örebro Kommun, 2023). Surt regn kan även förekomma när pH värdet är lägre än det naturliga i nederbörden. Surt regn är korroderande på byggnadsmaterial vilket leder till att materialen bryts ner, det leder även till korrosion inne i systemet (NE: Sur nederbörd, uå).

2.5.2 Kvalité på vatten från avrinningen

Takmaterialet har en påverkan på vattenkvaliteten efter avrinningen av vattnet. Takmaterialet påverkar hur mycket vatten som rinner av taket (en så kallad avrinningskoefficient) samt vilka föroreningar som kan uppstå.

Takmaterialets påverkan på avrinningen

Olika material har olika påverkan på vilken volym och med vilken fördröjning som vattnet rinner av ytan. Sedumtak har en fördröjning på vattnets avrinning och tar även upp vatten. De andra materialen fördröjer inte vattnet nämnvärt mycket. Material har en avrinningskoefficient som beskriver hur mycket vattnet fördröjs innan det rinner ner i ledningarna. För de huvudsakliga takmaterialen på byggnaden; takpapp och betong så sker ingen nämnvärd fördröjning medan sedum taket bidrar till fördröjningar av dagvattnet. Ett sedumtak kan ha en fördröjningskoefficient mellan 0,6–0,1 beroende på tjocklek på växtbädden (Boverket: Fördröjning och minskning av dagvatten, 2021). Sedumtak kan även hålla vatten upp till 20 kg/m² vilket ökar tyngden på taket avsevärt men lagrar även vattnet och avdunstning sker därmed mer omfattande än på andra material vilket kan jämföras med avrinningskoefficienterna nedan. De gröna taken kan hålla betydligt mer vatten då växtbädden är djupare (Veg Tech, uå).

Takmaterialets påverkan på föroreningar

Takpapp innehåller vanligtvis bitumen då pappen är impregnerad med asfaltsmaterial (Mendez Carolina B, 2011). Bitumen innehåller organiska föreningar vilket kan leda till utsläpp av organiska material från takpappen till avrinningsvattnet. Takpappen har högre koncentration av löst organiskt kol än andra hårdgjorda tak samt högre nivåer av koppar än andra taktyper (Mendez Carolina B, 2011). Takpapp innehåller som tidigare nämnt vanligtvis bitumen, materialet kan ha utsläpp av polycykliska aromatiska kolväten PAH:er (Naturvårdsverket: Föroreningar i dagvatten, uå). PAH bildas vid ofullständig förbränning av organiska material. PAH har visat sig via studier på djur att föroreningen kan vara både cancerframkallande samt ge upphov till kromosomskador (Livsmedelsverket: Polycykliska aromatiska kolväten (PAH, uå). Betong som takbeklädnad ger i regel en avrinning av nederbörden som påverkar vattenkvalitén högst marginellt (Mendez Carolina B, 2011).

Sedum som takbeklädnad har en stor påverkan på vattenkvalitén. Gröna tak för med sig mycket organiskt- och humusämnen vilket kan missfärga vattnet från avrinningen och göra det brunfärgat. Ämnen som ammoniumkväve och nitratkväve har lägre halt i avrinningsvattnet än i den direkta nederbörden då växtligheten på sedumtaget tar upp de ämnena (Anderson, 2015). Sedumtak kräver i vissa fall gödsling med fasta intervall för att hålla sig gröna och överleva, gödslingen av växtlighet bidrar till att det förekommer förhöjda halter fosfor i avrinningsvattnet. Det finns även sedumtak som inte kräver gödsling vilket då inte bidrar till ökade halter fosfor i avrinningsvattnet (Anderson, 2015).

2.5.3 Lagring och Transports påverkan på Vattenkvalitén

Materialen som rör, tank och magasin består av kan påverka vattenkvalitén i systemet. Vanligtvis är tankar och rör i betong eller olika former av plaster. Betong bidrar till ökad alkanitet i vattnet vilket höjer vattnets pH värde och det är positivt då regn ofta har ett surt pH värde. Ett högt pH värde ger minskad bakteriell tillväxt i magasinet, mindre slitage på systemets komponenter samt mindre urlakning av metaller i vattnet (Crittenden, J. C, 2012). Plasttankar ger inte upphov till en ökning av pH värdet på det sättet som en betongtank gör, dock så bidrar inte plasttankar och magasin till missfärgning av vattnet som betongtankar kan bidra med i viss mån (Crittenden, J. C, 2012).

2.5.4 Reningsmetoder för Dagvatteninsamling

Rening av vatten kan ske på flera sätt för olika ändamål. För fallet där dagvatten ska användas för att spola i toaletter behöver inte vattenkvaliteten vara lika hög som dricksvatten. Där blir det viktigare att vattnet inte är allt för missfärgat. Vattnet kan ha högre värden generellt, men rening måste ändå ske för att bli av med partiklar som kan sätta igen rören (Söderqvist, 2019).

Mekanisk rening

Mekanisk rening är vanligtvis det första steget i reningsprocessen. Syftet med mekanisk rening är att avskilja större föremål än gallrets öppningar från att fortsätta i systemet. På marknivå är det ofta gallerbrunnar medan det är takbrunnar på tak. Är det en betydande lutning på taket används ofta lövfångare i hängrännorna eller i stuprören. Löv som samlats kan börja förmultna om det ligger kvar under längre tid, vilket kan leda till mikrobiell tillväxt och det är därför viktigt att rengöra lövfångare frekvent speciellt under hösten (Söderqvist, 2019).

Filtrering

Filtrering är en metod för att avskilja fasta partiklar från vattnet genom att det färdas genom ett poröst skikt (NE: Filtrering, uå). När det gäller insamling av dagvatten så används filtreringen för att avskilja fasta partiklar från dagvattnet. Fasta partiklar bör tas bort från vätskan för att bland annat slitaget på utrustningen ska minska. Det bidrar även till att underhållet på tankar och magasin blir mindre då inte lika mycket fasta partiklar samlas i systemet.

I fall där vatten ska renas är det vanligt med granulär filtrering, där vätskan färdas genom ett granulärt material till exempel sand. Det granulära materialet gör att partiklarna fastnar i materialet. Enligt standarden för lokala vattensystemanvändning av regnvatten så ska filter finnas innan förvaringen vilket är ett krav, men det är även vanligt att ha rening av någon typ till exempel filter även efter förvaringen av vattnet. Innan vattnet magasineras installeras ofta en rad filter i till exempel stuprör och hängrännor för att avskilja stora objekt, men ju närmare förvaringen vattnet kommer desto finare filtermaskighet på filterna för att bli av med partiklarna (Svensk Standard, 2018).

Efter magasinet är det vanligt att ha filter för att få bort till exempel lerpartiklar eller tillväxt som kan ha skett i tanken eller magasinet, detta är ett steg som förbättrar resultatet av eventuell UV rening av vattnet. Om fallet är så att vattnet ska desinfekteras är det nödvändigt att efter tanken ha åtminstone två filter i fallande porstorlekar (Novak et al., 2014).

First-flush

First-flush är en metod som används för att rena vattnet från föroreningar som ligger på ytan där regnet faller och som nederbörden för med sig när den rinner ner. Tak har ofta olika föroreningar på sig. First-flush går till på sättet att de första 2 till 5 millimetrarna av nederbörd sett till ytan leds bort och kommer inte in i systemet. Genom att det första regnet leds bort minskar föroreningarna i vattnet och bidrar till att det inte behöver renas i samma utsträckning (Vieira, 2013). I en undersökning utförd 2017 där tak undersöktes med avseende på dagvattnets föroreningsnivåer, visade undersökningen att halterna av kemikalierna hade minskat drastiskt om first-flush tekniken implementeras. Exempelvis framkom det i undersökningen att en majoritet av halterna som mättes var betydligt lägre i first-flush systemet och vattenkvaliteten blev betydligt bättre (Gikas, 2017).

Desinfektion

Desinfektion innebär att mikroorganismerna i vattnet avaktiveras samt delar av mikroorganismerna förstörs (Söderqvist, 2019). Flera olika metoder för desinfektion existerar exempelvis behandling med Ultraviolettt ljus, klorering av vattnet samt ozonering av vattnet. UV ljus räknas som en av den vanligaste fysikaliska metoden medan ozonering och klorering är bland de vanligaste kemiska metoderna (Söderqvist, 2019).

Att behandla vattnet med UV-ljus är en fysikalisk metod som desinfekterar vattnet genom att inaktivera parasiter, bakterier och en majoritet av alla virus. UV-behandling fungerar på det sättet att UV-ljus skickas in i det förbipasserande vattnet och då tränger ljuset in i organismerna och tränger sig in i deras proteiner vilket förändrar DNA-molekylerna på organismen så att den inte kan reproducera, det stopper tillväxten på till exempel bakterier. UV-ljuset tränger även in och inaktiverar organismen till viss del men primärt stoppar UV- ljus reproduktionen av organismer (Svenskt Vatten: Råd och riktlinjer för UV-ljus vid vattenverk, 2009).

UV-ljus mäts ofta i termen UV-dos vilket mäter hur mycket ljus en bakterie i vattnet utsätts för när den passerar genom UV-aggregatet. UV-dos är ett mått på hur intensivt ljus organismen utsätts för och under hur lång tid den utsätts för ljuset vilket mäts i regel med enheten mJ/kvm (Svenskt Vatten: Råd och riktlinjer för UV-ljus vid vattenverk, 2009).

Klorering av vatten betyder att man tillsätter klor eller aktiva klorföreningar för att desinfektera vattnet. Klorer reagerar med ämnen i vattnet vilket leder till att ämnena oxiderar och blir lätta att avskilja (NE: Klorering, Uå). När klorering av vatten görs i Sverige så handlar det om små tillsatser som inte är skadliga för människan, men som kan ge en bismak av klor. Tillsatsen tar bort mycket av smittoämnen i vattnet och verkar till skillnad från UV ljuset i ledningarna och håller vattnet rent en längre period (Svenskt Vatten: Råd och riktlinjer för UV-ljus vid vattenverk, 2009).

Rening med hjälp av Ozon betyder att ozon tillsätts till vattnet vilket bryter ner mycket av det organiska materialet i vattnet, det leder till att oönskad lukt samt missfärgningar i vattnet försvinner. Ozonrening behöver alltid efterföljas av ett filter för att filtrera bort det överflödiga nedbrutna materialet som bildats i och med processen (Wallsten, 2023).

Koagulering och flockning

Koagulering innebär att det tillsätts olika salter i vattnet som reagerar med partiklar i vattnet och får partiklarna att fällas ut. Salterna som tillsätts kan till exempel vara järn- eller aluminiumbaserade, målet med tillsatsen av salter är att de ska destabilisera lösta ämnen. Koaguleringen innebär att partiklarna fälls ut och samlas i grupper. Flockning görs efter koaguleringen och fungerar genom att flockerings ämnen tillsätts till vattnet som tidigare blivit behandlat genom koagulering. Ämnena gör att partiklarna buntas ihop och sedan kan avskiljas genom sedimentering, avskiljning eller flotation. (Wieslander, 2019).

Sedimentering

Sedimentering baseras på att ämnen med högre densitet än vatten och sjunker till botten av behållaren. Detta kallas diskret sedimentering och partiklarna sjunker till botten oberoende av varandra. När partiklarna har flockats och ökat i storlek och därefter sedimenterats sker flockulent sedimentering. Det finns även hindrad sedimentering där partikelhalten i vattnet är så pass hög att partiklarna påverkar varandra under sedimenteringen (Söderqvist, 2019).

Flotation

Flotation är en reningsmetod som behandlar samma partiklar som sedimentering, koagulering och flockning. Flotation bygger på att partiklar med lägre densitet än vatten flyter upp till ytan. Det går även att separera partiklarna med högre densitet än vatten. Det genom att luft pumpas in i vatten och då bildas luftbubblor som partiklar med lägre densitet än vatten fastnar på och stiger till ytan. På ytan bildas det ett skum av partiklarna som ska skiljas och separeras från vattnet (S.Zaff, personlig kommunikation, 2023).

2.6 Dagvattensystem för toaletter i Sverige

De projekterade dagvattensystemen för toaletter i Sverige har liknande utformning med få avvikelser som magasinstorlek. Byggnaderna samlar in dagvatten från brunnar på taken med lövsilar. Därefter transporteras vattnet till ett magasin för att sedan renas genom olika filter. Det reade dagvattnet transporteras i en tank för att sedan pumpas in i byggnaderna för toalettspolning. Vid behov fylls tanken på med det kommunala dricksvattnet när vattnet i tanken underskrider en gräns. (VA-Guiden: Citypassagen, 2021; VA-Guiden: Celsiushuset, 2021; Vasakronan: Sergelhusen, u.å.)

Systemutformningen är liknande för byggnaderna däremot är taken olika utformade. Sergelhusen i Stockholm använder övervägande del sedumtak vilket Celsiushuset i Uppsala har valt att undvika i stor utsträckning. I Sergelhusen efter det driftsattes upptäcktes missfärgning av vattnet vilket medförde att det installerade ytterligare ett reningssteg. Utökningen av reningsprocessen var ett mikrofilter och vattnets färg blev bättre men varierande beroende på säsong. Sedumtak förorenar även dagvattnet med organiskt material (VA-Guiden: Citypassagen, 2021). För Celsiushuset planerades sedumtak att användas, men undveks på grund av föroreningar och missfärgningar av vattnet (O.Ayedi, personlig kommunikation, 2023-03-29).

2.7 Celsiushuset i Uppsala science park

Celsiushuset är en kontorsbyggnad uppförd på fastigheten Kronåsen 1:1 i Uppsala Science Park. Projektets påbörjades år 2018 och blev färdigställt sista kvartalet 2020 med lokalytor på cirka 10 000 kvm. Visionen för projektet var att bygga en fastighet med höga mål för hållbarhet och projektet uppnådde högsta betyg efter miljöklassificeringssystemet LEED, vilket är LEED Platinum. (Vasakronan: Celsius, u.å.)

2.7.1 LEED-Certifiering

Sverige miljöcertifierar byggnader med olika kommersiella system och certifieringen är inte ett myndighetskrav utan en privaträttslig certifiering (Boverket: Miljöcertifieringssystem, 2019). *Leadership in Energy and Environmental Design*, LEED är ursprungligen en amerikansk certifiering vilken även används i Sverige. Certifieringar används för att säkerställa och belysa hållbarhetsfrågor under hela arbetsprocessen. Det ger även fördelar som möjlighet till gröna lån och finansiering samt en tydlig kvalitetssäkring av projekt (Sweden Green Building Council, u.å.).

Celsiushuset är certifierat efter det amerikanska certifieringssystemet LEED utvecklat av U.S. Green Building Council (Sweden Green Building Council, u.å.). Systemet identifierar, genomför och utför mätningar på byggnader på konstruktion, drift, underhåll och miljövänlig design. LEED agerar som ett ramverk för hälsosammare, effektivare, miljövänligare och kostnadsbesparande gröna byggnader (U.S. Green Building Council, u.å.). Syftet med systemet är att omvandla byggindustrins påverkan på miljön genom att främja LEED:s sju prioriterade mål vid certifieringen, se tabell 1.

Tabell 1: LEED:s sju prioriterade mål (Sweden Green Building Council, u.å.)

1.	Att minska globala klimatförändringar
2.	Att förbättra individens hälsa och välbefinnande
3.	Att skydda och återställa vattenresurser
4.	Att skydda, förbättra och återställa biologisk mångfald och ekosystemtjänster
5.	Att främja hållbara och regenerativa materialresurser
6.	Att etablera en hållbar ekonomi
7.	Att öka gemensam livskvalitet

Celsiushuset uppnådde LEED certifieringen Platinum med god marginal och har vunnit årets LEED-byggnad på Sweden Green Building Awards 2022. Inom hållbart byggande är priset ett av Sveriges största och mest prestigefyllda utmärkelse inom samhällsbyggnadssektorn. Byggnaden har hyllats för deras innovativa lösningar för bland annat återvinningen av regnvatten och digitalisering av byggprocessen (White, 2022).

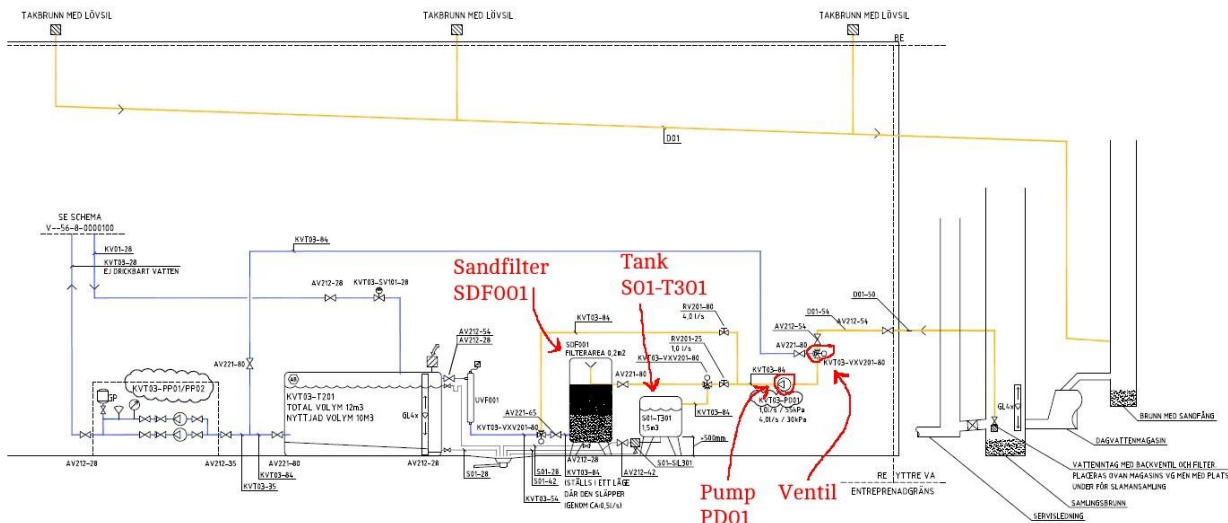
2.7.2 Utformning av dagvatteninsamlingsystem

Systemet samlar in avrinningsvattnet från taket via takbrunnar vilka är täckta med lövsilar. Taket är utformat så att allt vatten faller mot brunnarna och tar sig vidare i systemet med självfall. Därefter rinner vattnet till en brunn med sandfång för sedimentering av partiklar. Efter det rinner vattnet till ett dagvattenmagasin med en volym på 60 kubikmeter för magasinering (O.Ayedi, personlig kommunikation, 2023-03-29). Magasinet har ett rör för breddning som rinner till

dagvattensystemet för resterande delar av fastigheten till exempel gata och andra hårdgjorda ytor i markplan. Vattnet pumpas sedan upp från magasinet in i byggnaden, röret för pumpning sitter en bit upp i magasinet för att slamavskiljning ska ske under intaget. Pumpröret är även försett med filter och backventil för att avskilja partiklar innan vattnet når byggnaden samt att förhindra vattnet från att rinna tillbaka till magasinet (O.Ayedi, personlig kommunikation, 2023-03-29).

Vattnet pumpas in i byggnaden och på insidan av källarväggen sitter en avstängningsventil för vattnet som sedan går till ett sandfilter för att därefter renas genom ett UV filter innan vattnet når tanken i byggnaden. Tanken har en faktisk volym på 12 kubikmeter, men utnyttjar enbart 10 kubikmeter (O.Ayedi, personlig kommunikation, 2023-03-29). Tanken har även luftning samt påfyllning med kallvatten från det vanliga kommunala dricksvattnet ifall dagvattennivåerna är för låga, så att toalettva tten alltid ska finnas i byggnaden. Efter tanken flödar vattnet genom en manometer och två givare för mätning av tryck samt flöde innan vattnet går ut i huset, se figur 4. Byggnaden har fyra olika rörsystem: kallvatten, varmvatten, varmvattencirkulärt samt kallvatten ej drickbart till skillnad från en vanlig byggnaden som har kallvatten, varmvatten samt varmvattencirkulärt eller enbart kall- och varmvatten (O.Ayedi, personlig kommunikation, 2023-03-29).

Systemet inomhus har en inbyggd rening av sandfiltret genom backspolning som fungerar på följande sätt. När rening ska ske så mäts nivån av vatten i tanken och ifall nivån är för låg för att utföra reningsprocessen så fylls tanken upp med dricksvatten, sedan byter de tre ventilerna KVT03-VXV201-80 läge för att köra backspolningen. Pumpen PD01 pumpar sedan runt vattnet i fem minuter innan det avleds ner till tanken S01-T301 som har en volym på 1,5 kubikmeter (O.Ayedi, personlig kommunikation, 2023-03-29). Tanken S01-T301 fungerar som ett fördröjningsmagasin innan vattnet leds ut i spillvattensystemet, se figur 4 för komponenternas placering i relation till varandra. Backspolningen sker varje natt i och med att byggnaden i regel inte används nattetid och tar ungefär fem minuter att genomföra, hela processen är automatiserad (O.Ayedi, personlig kommunikation, 2023-03-29).

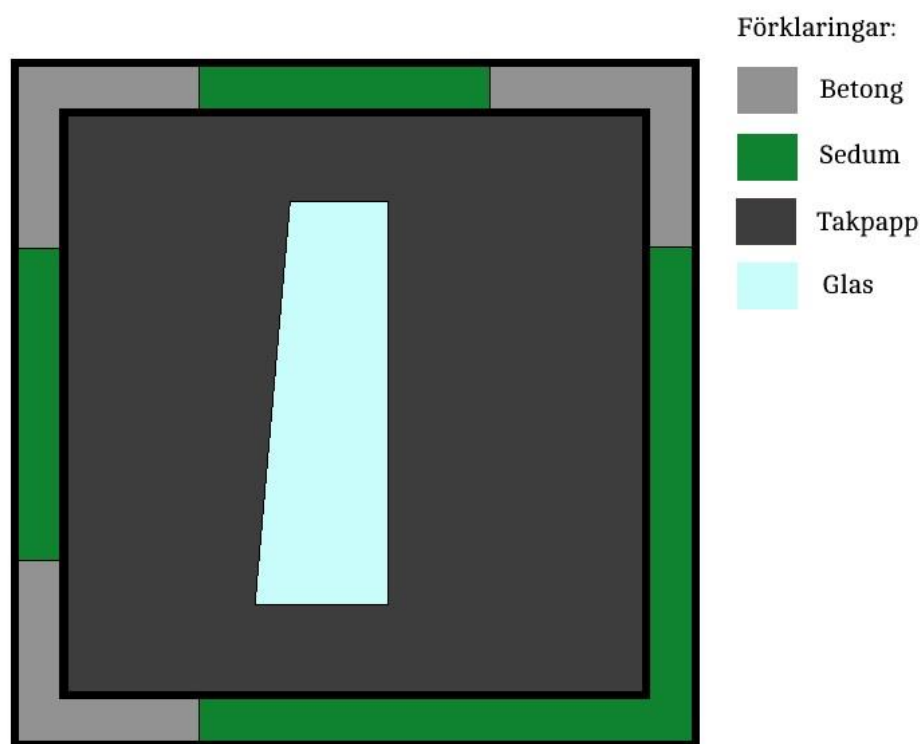


Figur 4: Dagvattensystemet i Celsius samt Sergelhusen (Relationshandling Vasakronan, se Bilaga 1)

Påfyllning av tanken påbörjas när nivån uppnår 500 millimeter i tanken. Det mäts av en givare i tanken och när givaren indikerar att det är för låg nivå startar pumpen. Pumpens jobb är att föra över vatten från magasinet in i tanken tills en vattennivå på 1500 millimeter uppnås (O.Ayedi, personlig kommunikation, 2023-03-29). Ifall det finns för lite vatten i magasinet stannar pumpen. Pumpen får information från givaren i magasinet. När vattennivån i magasinet är för låg ersätts det insamlade vattnet med kommunalt dricksvatten. Med hjälp av dricksvatten fyller upp tanken (Relationshandling Vasakronan, Bilaga 1).

2.7.3 Utformning av tak

Celsiushusets tak består av ett antal olika material, betong, sedum, glas, solpaneler och takpapp. Taket har även brunnar installerade för avvattning av taket. Taket på byggnaden är ett platt tak vilket innebär väldigt låg lutning. Taket är uppbyggt i två avsatser, se figur 5. Den första avsatsen är på plan sex med terrass i betong, sedum samt solceller. Solcellerna är monterade på sedumdelarna av taket. På plan sex är även takbrunnarna för avvattningen installerade (O.Ayedi, personlig kommunikation, 2023-03-29). Vattnet från takbrunnarna är det vattnet som sedan avleds in i systemet. På plan sju är mitten på byggnaden upphöjd med ett större glasparti medan resterande takyta är täckt av takpapp och solceller. Plan sju har låg lutning mot takbrunnar som avleder vattnet. Celsiushuset har inte installerat sedumtak i någon större utsträckning på grund av att reningsprocessen blir mer omfattande på grund av föroreningar och organiska ämnen. Det faktorerna kan leda till lukt och missfärgning av toalettvattnet. (O.Ayedi, personlig kommunikation, 2023-03-29)



Plan 6: Betong och Sedum
Plan 7: Takpapp och Glas

Figur 5: Takutformningen och material för Celsiushuset (Relationshandlingar Vasakronan, se Bilaga 2)

Areorna av taket är sammanställda enligt tabell 2, där framkommer areor för de olika materialen på Celsiushusets tak, andel material av takets area samt en sammanställning av takets totala avrinningskoefficient.

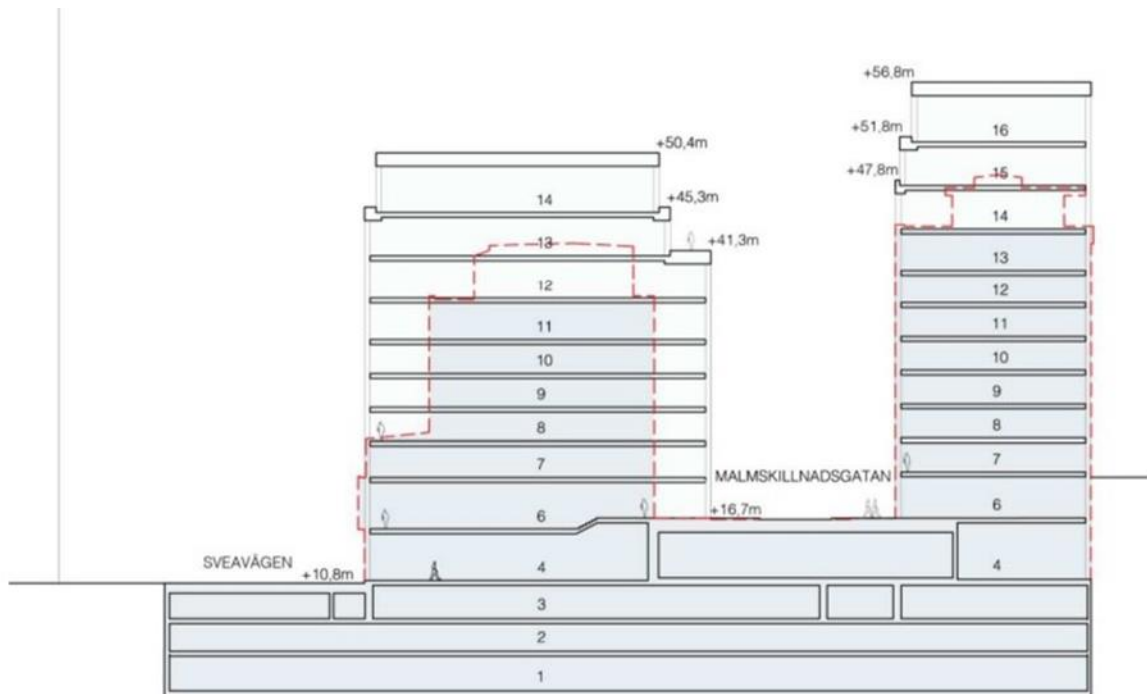
Tabell 2: Sammanställning av ytan av respektive takmaterial i Celsiushuset samt sammanställning av takets avrinningskoefficient

Material	Area [kvm]	Relativ Area [%]	Avrinningskoefficient
Takpapp	1442	65	0,9
Sedum	330	15	0,5
Betong	208	9	0,8
Glas	236	11	0,9
Total avrinningskoefficient	2216		0,83

2.8 Sergelhusen i Stockholm

Sergelhusen är tre byggnader uppförda i början av 1960-talet i Stockholm. År 2017 startade en ombyggnation av de existerande bebyggelserna som färdigställdes i slutet av 2020 (S.Djedou, personlig kommunikation, 2023-04-14). Målet med det projektet var att renovera och uppgradera de befintliga lokalerna och byggnaderna för att öka attraktionskraften samt skapa ett mer levande och aktivt city i ett av Stockholms mest centrala läge. Fastigheterna energieffektiviserades och försågs med nya tekniska installationer för att möta framtidens krav för hållbarhet.

Sergelhusen består av tre byggnader vilka är S-huset, M-huset och H-huset samt en mindre del kallad paviljongen. Alla byggnader är sammanslutna via nedersta planet och sitter ihop. Byggnaderna delar installationssystem och liknande till exempel dagvatteninsamlingsystemet och reningen av dagvattnet. Ombyggnationen medförde tillägg på tre våningar per hus från föregående utförande, se figur 6 (Stockholms stad: Planbeskrivning Hästskon 12, 2015). Tillsammans utgör dem ca 57 000 kvm moderna kontor, butikslokaler, bostäder, eventytor och mötesplatser.



Figur 6: Sektion för Sergelhusen för ombyggnationen start 2017. Röd streckad linje visar bebyggelsen innan ombyggnation. (Stockholms stad: Planbeskrivning Hästskon 12, 2015)

2.8.1 LEED-Certifiering i Sergelhusen

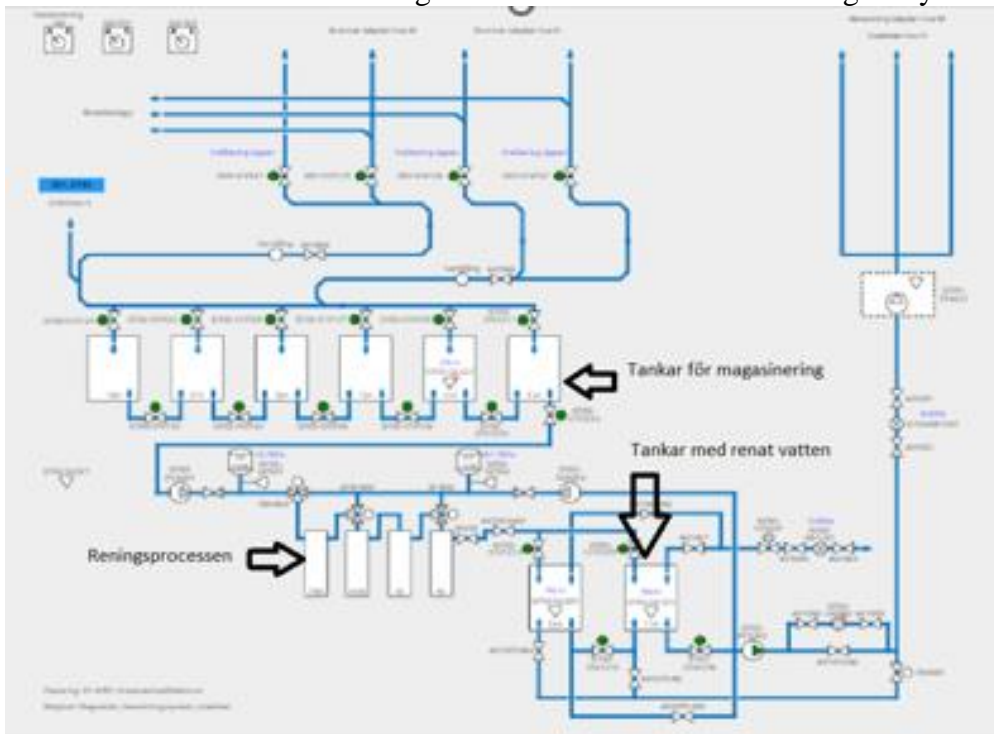
Sergelhusen åstadkom en hög poängplacering efter LEED:s certifiering. Resultaten har uppnåtts på grund av flera innovativa lösningar för energibesparingar och hållbarhetskrav. Ett system för dagvattenbesparing har byggts in för att användas till spolning för toaletter samt nyttjandet av värmen från grundvattnet i en akvifer under byggnaderna. Byggnaderna har även stor andel gröntak som fördröjer och minskar dagvattenavrinningen vilket också reducerar belastningen på stadens ledningssystem (Vasakronan: Sergelhusen, u.å.; Karavan: Sergelhusen, u.å.).

2.8.2 Utformning av dagvatteninsamlingssystemet

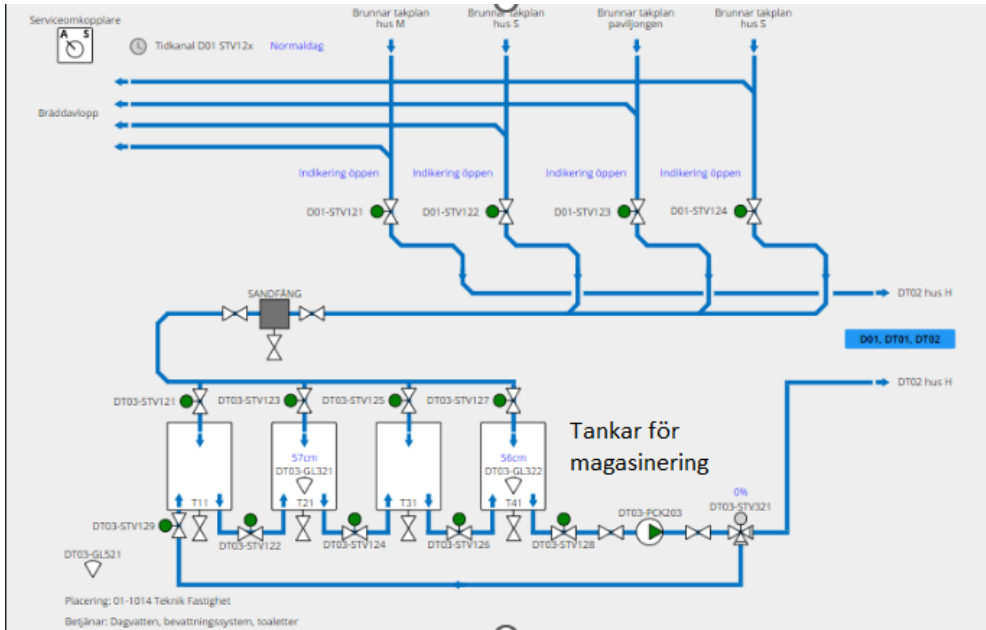
Insamlingen av vatten i Sergelhusen sker via taken i de tre huskropparna, avrinningen från taket samlas upp i brunnar på taket och rinner sedan vidare till ett sandfång för sedimentering innan vattnet hamnar i tankar för magasinering, se figur 7. Totalt är det tolv tankar i Sergelhusen där åtta är placerade i källaren till K- och M-huset medan fyra tankar är placerade i S-huset och två av tankarna i K- och M-huset fungerar som förvaring av renat dagvatten. Alla tankar är av samma material PE dubbelmantlad plast och har en volym på 10 kubikmeter.

Magasinen i S-huset pumpar över vatten till K- och M-huset där resterande tankar är placerade för att rena vattnet se figur 8. Reningen sker i fyra steg sandfilter, glasfiberfilter, avjonisering samt kolfilter vilket kan ses nere till vänster i figur 7. Filtren har backspolning med jämna intervall nattetid med rent vatten förutom avjoniseringen vilket är en saltlösning som backspolas med dagvatten.

Efter reningen pumpas vattnet till två ihopkopplade förvaringstankar där det är cirkulation på vattnet till skillnad från magasineringstankarna där det är stillastående vatten i tankarna. Efter förvaringstankarna pumpas vattnet ut till byggnaden för spolning i toaletter i K- och M-huset och till vattenutkastare för bevattning av sedumtak samt för tvättning av cyklar.



Figur 7: Översiktsbild över dagvatteninsamlingen för Sergelhusen K- och M huset (Relationshandling Vasakronan)



Figur 8: Översiktsbild över dagvatteninsamlingen för Sergelhusen S huset (Relationshandling Vasakronan)

Systemet har breddning mot det kommunala dagvattensystemet men har också en extra säkerhet ifall de kommunala ledningarna är vid maxkapacitet trycks vattnet från taket ut genom luckor i fasaden och ut på gatan istället för att bli stillastående i systemet och tryckas uppåt. Detta görs för att det inte ska vara möjligt för vattnet att bli stillastående på taket. Avloppsnätet som Sergelhusen är påkopplat till är ett kombinerat system vilket inte klarar stora flöden därmed är breddning ut genom fasaden nödvändig (S.Djedou, personlig kommunikation, 2023-04-14). Påfyllning av dricksvatten sker vid behov till tankarna med renat vatten för distribution vidare i systemet.

Tabell 3: Sergelhusens takutförnings material, area och avrinningskoefficient (LEED dokument Kv Hästskon 12, se Bilaga 3)

Yta	Area [kvm]	Avrinningskoefficient [ϕ]
Hus S		
Sedum, 30 mm	364	0,7
Örtsedum, 150 mm	301	0,3
Artrik grönska, 400 mm	631	0
Granit och Trädäck	910	0,8
Övrigt	369	0,9
Hus M+H		
Sedum, 30 mm	755	0,7
Örtsedum, 150 mm	312	0,3
Artrik grönska, 400 mm	544	0
Granit och Trädäck	1160	0,8
Övrigt	441	0,9
Paviljongen		
Örtsedum, 30 mm	99	0,3
Artrik grönska, 400 mm	35	0
Övrigt	8	0,9
Total	5929	0,57

Det gröna ytorna på Sergelhusens tak främjar den biologiska mångfalden samtidigt som det minskar och fördröjer dagvattenavrinningen. Taken har även ledningar som leder dagvatten ner till ett dagvattenmagasin i byggnadens källare. Där återanvänds vattnet till bevattning för takets grönytor under torrperioder, till rengöring av cyklar och till ett system som använder dagvattnet till toalettspolning (Karavan: Sergelhusen, u.å.; Vasakronan: Sergelhusen, u.å.). Sergelhusen använder mer sedum till skillnad från Celsiushuset.

3 METOD

I följande kapitel beskrivs de metoder som används för utförandet av undersökningen. Kapitlet går även in på validiteten, reliabiliteten och hur generaliserbar undersökningen är baserat på metodvalen. Det utgör även en del med avseende på etiska ställningstaganden för undersökningen.

3.1 Dokumentanalys

Dokumentanalys används för att granska relevanta tryckta och elektroniska dokument. Det är en kvalitativ metod som grundar i undersökning och tolkning av data och information för att avslöja mening, öka förståelse och komma till slutsatser. Dokumentanalys är användbart för att påvisa potentiella intervjufrågor, för studera specifika fallstudier och ge tillgång till specifika data (Lumivero: The basics of document analysis, 2020).

3.2 Observation

Observationer under studiebesök är väsentligt för att öka den praktiska förståelsen över systemets funktion och uppbyggnad och inte enbart teoretiskt. Anteckningar och bilder används för att ha möjligheten att observera systemet efter studiebesöken och jämföra systemets konstruktion med befintliga ritningar. Att se systemet tredimensionellt gentemot tvådimensionellt på en ritning ökar uppfattningen kring hur stort systemet är och skalan på viktiga komponenter. Den här metoden är användbar för att förstå en pågående process eller för att se fysiska bevis och resultat (Cottage Health Evaluation Toolkit, u.å.).

3.3 Intervju

Intervjuer är relevanta för undersökningen för att förstå upplevelsen, effektiviteten och problemen som uppstått avseende på drift och underhåll av systemet. Informationen som erhålls i intervjuerna är relativt subjektiv och erfarenheterna från delaktiga personer inom förvaltning av systemet blir värdefull för att öka förståelsen av driften. Därefter utförs intervjuer med personer involverade i projekteringen av systemet, vilket betraktas som nödvändigt för att skapa en uppfattning om hur systemet är utformat och varför, men också för hur innovationen fungerar rent tekniskt.

3.4 Enkät

Enkäter används för att skapa en förståelse över hur användare upplever systemet. Enkäterna var Online med en QR-kod i pappersformat till svarsformuläret. QR-koderna placerades ut på flera toaletter som är anslutna till systemet. Frågeformulären bidrar till data för toalettvattnets färg och lukt och hur det påverkar. Urvalsgruppen är personal och besökare på Vasakronans kontor i Stockholm och med hjälp av enkäter är all data såväl som information subjektiv och anonym. Upplevelser som är visuella eller innefattar andra sinnen är varierande från person till person om det anses störande eller inte. Metoden är vanlig för att utforska beteende, definiera egenskaper eller mäta trender hos personer (Ponto, 2015).

3.5 Fördelar och nackdelar med dessa metoder

Fördelar med kvalitativ datainsamlingsmetod är att det beskriver ämnet och ger information snabbt. Kvalitativa metoder ger en ökad förståelse av något som kräver djupare förståelse. Intervjuer med relevanta personer för frågeställningen ger bra insyn i systemet och projektet om hur det är projekterat och fungerar i drift. Det är enkelt att få svar gällande problem som uppstått och hur systemet upplevs. Enkäter visar fakta om användarnas åsikter och intryck av systemet vilket ger en bred uppfattning av vad allmänheten anser.

Nackdelar med kvalitativ datainsamlingsmetod är att man kan fatta ett konkret beslut baserat på personers uppfattning och åsikt angående systemets effektivitet. I intervjuer förekommer åsikter och personernas ställningstagande är inte helt objektivt. Nackdel med enkäter är att man inte kan ställa följdfrågor till dem medverkande. Se figur 10 för hur metoderna har använts för att nå ett resultat.

3.6 Validitet och reliabilitet

Validiteten av metoder för arbetet är relevanta för frågeställningen och undersökningen. Observationer och data från systemet har använts för att komma fram till resultat gällande hur mycket dagvatten som används i förhållande till dricksvatten för toalettspolningen. Intervjuer med delaktiga personer inom både förvaltning och projektering för systemet var aktuellt gällande om problem har uppstått efter driftsättning likväl innovationens påverkan på dagvattennätet. Enkäter har sedan använts för att samla data och information gällande systemets användares upplevelse.

Reliabiliteten är olika pålitliga beroende på metod. Observationer har säkerställts med hjälp av bilder för att enkelt ha möjligheten till att titta tillbaka på studiebesöken. Data, ritningar och handlingar har överlämnats direkt från involverande företag delaktiga i framtagandet eller förvaltningen av systemet. Data har granskats för att betrakta dess rimlighet baserat på teori.

Intervjuer är mindre tillförlitliga då inspelning ej var ett alternativ, men detaljerade anteckningar har utförts under tiden för att sammanställa relevant fakta att tillbakablicka på. Intervjuobjekt kan vara tendensiösa och vinkla fakta till dess fördel. Däremot användning av intervjuer i kombination med data kan man granska ställningstaganden baserat på fakta från data för att öka trovärdigheten.

Enkäter är bra för att få en överblick över användarnas upplevelse för systemet. Metoderna som används är majoriteten kvalitativa och kan därför vara mindre tillförlitliga och repeterbara. Utförs liknande intervjuer och enkätundersökningar kan svaren variera, men inom ämnesområdet bör resultatet vara konsekvent.

Arbetets är generaliserbart till viss del. Resultaten kan förklaras och förekomma i liknande projekt som använder dagvatteninsamlingssystem motsvarande de i Celsiushuset och Sergelhusen. Eftersom två fallstudier är utförde ses ett tydligt generaliserat resultat för båda systemen.

3.7 Etiska ställningstaganden

Metoderna intervju och enkät används för att analysera användarnas upplevelse. Deltagare i intervjuerna informeras om studiens syfte. Vidare deltar de i intervjuerna frivilligt. Intervjufrågorna tar inte hänsyn till användarnas demografiska egenskaper såsom kön, ålder, etnicitet eller civiltillstånd.

Enkätundersökningen utförs med hjälp av ett digitalt verktyg dock på ett anonymt sätt. Den beaktar inte de demografiska egenskaperna vidare är det helt gratis samt frivilligt att delta i enkätundersökningen.

4 EMPIRI

I följande kapitel beskrivs genomförandet av undersökningen med hjälp av metoderna. Kapitlet bygger på hur strategin av datainsamlingen har fungerat samt för och nackdelar med metodvalen. Därefter beskrivs även analysmetoden som används för behandling av data och en del som visar syftet till varför data är insamlad.

4.1 Inledning empiri

I den här studien analyserades frågeställning 1 med hjälp av intervjuer med projekterare och driftpersonal om dem upplevt problem. Därefter gjordes egna observationer angående hur toaletterna fungerade på plats för att sedan med hjälp av enkäter undersöka hur brukarna har upplevt systemet. Frågeställning 2 analyserades med hjälp av data från dokument utgivna från ägaren av systemet. Frågeställning 3 analyserades på liknande sätt som frågeställning 1 där tre metoder användes för att validera resultatet från tre olika synvinklar, se tabell 4.

Tabell 4: Metoderna som används för att besvara frågeställningarna.

Frågeställning	Metod
1. Finns det några problem som uppstått med dagvatteninsamling för toalettspolning?	Intervjuer, Observationer och Enkät
2. Hur mycket dagvatten jämfört med dricksvatten har systemet använt?	Dokumentanalys
3. Hur har systemet upplevts av dess användare?	Intervjuer, Observationer och Enkät

4.2 Genomförandet

Tre intervjuer har utförts under arbetets gång och därefter även två studiebesök på fallstudierna. Två av intervjuerna var i kombination med studiebesök för att spara tid. Första studiebesöket var på Celsiushuset i Uppsala som ägs och förvaltas av Vasakronan. Besöket utfördes den 29 mars 2023, se tabell 5 med teknikansvarig på Vasakronan i Uppsala. Hen visade upp och förklarade hur systemet fungerade i fastighetens källare. Efter besöket svarade hen på frågor angående drift, problem och effektivitet i en intervju. I samband med det här togs även data emot för systemets användning av dagvatten sedan det driftsattes.

Därefter utfördes en intervju med en enhetschef på Hellenius ingenjörbyrå AB. Hellenius var med och projekterade den invändiga delen av systemet i Celsiushuset. Enhetschefen svarade på frågor angående hur systemet var uppbyggt, kostnader för projektet och problem med mera. Det andra studiebesöket var på Sergelhusen i Stockholm på Vasakronans kontor. Fastigheten ägs och förvaltas av Vasakronan som också har sitt huvudkontor i byggnaden. Besöket utfördes den 14 april 2023, se tabell 5 med områdesledare för teknik på företaget. Områdesledaren hade en genomgång om systemets uppbyggnad och problem som uppstått sen det driftsattes. Hen svarade även på frågor angående förvaltningen av systemet och hur toaletterna har påverkats av tekniken.

Därefter visade hen upp systemet och dess vattentankar i fastighetens källare. Under genomgången av systemet var även personer som arbetat med ombyggnationen med och berättade om det nya reningsstegen. Efter besöket sattes lappar upp med en QR-kod till enkäten på ett tiotal toaletter kopplade till systemet. Enkäterna planeras att tas ned i slutet av undersökningen senare i maj.

Tabell 5: Över när studiebesök, intervjuer och enkäter utfördes samt syfte.

Form:	Syfte:	Datum:
Intervju och Studiebesök	Besök till Celsiushuset i Uppsala. Rundvandring och intervju med Pär Fagerman teknikansvarig Vasakronan Uppsala.	2023-03-29
Intervju	Intervju med Omar Ayedi enhetschef på Hellenius.	2023-03-29
Intervju och Studiebesök	Besök till Sergelhusen i Stockholm. Rundvandring och intervju med Samir Djedou områdesledare för teknik på Vasakronan Stockholm.	2023-04-14
Enkät	Satt upp enkäter på Vasakronans kontors toaletter i Sergelhusen. För att ta reda på användarnas upplevelse av systemet.	2023-04-14

Egna observationer har utförts genom studiebesök på Celsiushuset och Sergelhusen. Det har givit en uppfattning över hur systemet för dagvatteninsamling till toalettspolning är utformat och vilka reningssteg vattnet genomgår innan användning.

Studiebesöken i kombination av intervjuer med driftpersonal och entreprenörer har givit kunskap över vilka problem som uppstått samt hur driften av systemet fungerar. Intervjuer har ökat förståelsen gällande takets utformning och påverkan på dagvattnets kvalitet och varför somliga reningssteg är relevanta i reningsprocessen. Det har likaså givit underrättelse på hur kostnadseffektivt systemet är, hur det kan stödja trycket på dagvattennätet och varför det är en hållbar innovation inom byggverksamheten.

Tillgång till relevanta handlingar över systemet och därtill data över hur mycket dagvatten som används har erhållits i samband med studiebesöken. Dokumentanalys har utförts på handlingar och ritningar vilket har breddat kunskapen om fallstudiernas systemuppbyggnad. Det involverar takens utformning, hur dagvatten samlas in, systemens reningsprocess och varför det är cirkulation på vattnet. Informationen har ökat förståelsen för vad som är viktigt i processens för att uppnå bäst effektivitet och minska problem som att föroreningar händelsevis kommer i vattnet. Insamlingen av data visar systemets effektivitet och ger klarhet över hur mycket dagvatten gentemot dricksvatten som används till toalettspolningen för fallstudierna.

Enkäter har använts för att förstå hur användare av toaletterna med dagvatten till spolning upplever systemet. Lappar med QR-kod har satts upp på Vasakronans toaletter i Sergelhusen. Informationen och analysen av enkäterna ger kunskap om den sociala hållbarheten gällande innovationen och hur utomstående personer reagerar på användningen av systemet och syfte samt erbjudits möjlighet att lämna egna kommentarer angående systemet. Tyvärr har enkäter ej använts i Celsiushuset då Livsmedelsverket disponerar lokalerna från Vasakronan. Det fanns ingen möjlighet att sätta upp enkäter i byggnaden så enkätundersökningen bygger enbart på resultat från Sergelhusen.

4.3 Datainsamlingsmetod

Insamlingen av data och information till undersökningen genom intervjuer med personer delaktiga i framtagande av systemet och därtill även personer som arbetar med drift och underhåll av systemet. Observationer i form av studiebesök används som metod för att samla information med hjälp av anteckningar och bilder för att studera systemen i fallstudierna. Därefter har enkäter använts för att undersöka brukarnas upplevelse och uppfattning av systemet.

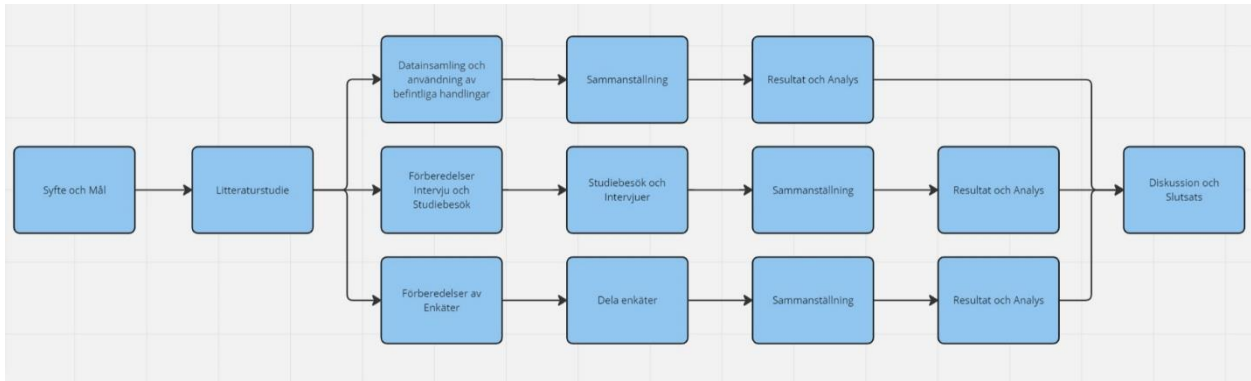
Intervjuer är relevanta för undersökning för att förstå upplevelsen, effektiviteten och problemen som uppstått med avseende på drift och underhåll av systemet. Informationen som erhålls i intervjuerna är relativt subjektiv och erfarenheterna från delaktiga personer inom förvaltning av systemet blir värdefull för att öka förståelsen av driften. Därefter betraktas intervjuer med personer involverade i projekteringen av systemet nödvändigt för att skapa en uppfattning om hur systemet är utformat och varför, men också för hur innovationen fungerar rent tekniskt.

Observationer under studiebesök är väsentligt för att öka den praktiska förståelsen över systemets funktion och uppbyggnad och inte enbart teoretiskt. Anteckningar och bilder används för att ha möjligheten att observera systemet efter studiebesöken och jämföra systemets konstruktion med befintliga ritningar. Att se systemet tredimensionellt gentemot tvådimensionellt på en ritning ökar uppfattningen hur stort systemet är och skalan på viktiga komponenter.

Enkäter används för att skapa en förståelse över hur användare upplever systemet. Enkäterna var Online med en QR-kod i pappersformat till svarsformuläret. QR-koderna placerades ut på flera toaletter som är anslutna till systemet. Frågeformulären bidrar till data för toalettvattnets färg och lukt och hur det påverkar. Urvalsgruppen är personal och besökare på Vasakronans kontor i Stockholm och med hjälp av enkäter är all data såväl som information subjektiv och anonym. Upplevelser som är visuella eller innefattar andra sinnen är varierande från person till person om det anses störande eller inte.

Fördelar med kvalitativ datainsamlingsmetod är att det beskriver ämnet och ger information snabbt. Kvalitativa metoder ger en ökad förståelse av något som kräver djupare förståelse. Intervjuer med relevanta personer för frågeställningen ger bra insyn i systemet och projektet om hur det är projekterat och fungerar i drift. Det är enkelt att få svar gällande problem som uppstått och hur systemet upplevs. Enkäter visar fakta om användarnas åsikter och intryck av systemet vilket ger en bred uppfattning av vad allmänheten anser.

Nackdelar med kvalitativ datainsamlingsmetod är att man kan fatta ett konkret beslut baserat på personers uppfattning och åsikt angående systemets effektivitet. I intervjuer förekommer åsikter och personernas ställningstagande är inte helt objektivt. Nackdel med enkäter är att man inte kan ställa följdfrågor till dem medverkande. Se figur 10 för hur metoderna har använts för att nå ett resultat.



Figur 10: Hur metoderna har använts för att komma fram till resultat

4.4 Dataanalys

Triangulering har använts för att analysera samlade data och därigenom att dra resultat. Triangulering avser användningen av fler kvalitativa metoder för att förklara en heltäckande förståelse över det undersökta ämnet. Analysmetoden är en kvalitativ forskningsstrategi för att testa validitet genom att jämföra om metodernas information och data överensstämmer (Carter et al., 2014).

5 RESULTAT

I kapitlet nedan beskrivs resultaten som uppnåtts från undersökningen utifrån intervjuer, observationer samt enkäter. Kapitlet beskriver resultaten rent visuellt, ur ett driftperspektiv, användarnas upplevelse samt effektivitet för Celsiushuset och Sergelhusen.

5.1 Visuellt

Det visuella kan förefalla oväsentligt i en toalets spolvatten men enligt områdesledaren så var vattnet så pass missfärgat i Sergelhusen innan ombyggnation att det upplevdes otrevligt att använda toaletterna. I Sverige är normen att använda dricksvatten för toalettspolning vilket i regel inte innehåller någon form av missfärgningar så människor är vana att inte ha något färgat vatten i toaletten.

5.1.1 Celsiushuset

I Celsiushuset har ingen missfärgning eller luktproblematik uppstått enligt Pär Fagerman (P.Fagerman, personlig kommunikation, 2023-03-29). Det kan bero på att systemet i dagsläget och under stor del av tiden som systemet har varit i bruk nästan enbart använt dricksvatten. Vid studiebesök observerades ingen avvikande färg eller lukt, se figur 11. Troligen på grund av att systemet var ur drift, där av enbart använt dricksvatten för spolning av toaletter.



Figur 11: Toalettvattnets färg Celsius huset Uppsala (Foto från studiebesök 2023-03-29)

5.1.2 Sergelhusen

Missfärgat vatten har varit ett problem i Sergelhusen och det ledde till att systemet byggdes om under 2022, då ytterligare reningssteg lades till i systemet enligt områdesledaren. Vasakronan har satt upp lappar vid toaletterna som använder dagvatten till spolning för att förvarna om eventuellt missfärgning för besökare och personal, se figur 12. Områdesledaren säger att systemet har bemötts positivt av användare och att missfärgningen av vattnet inte har påverkats efter ombyggnationen. Det är det nya reningssteget som hjälpt till att missfärgningen kom ner till mer rimliga nivåer. Enkäter visar att missfärgning har uppkommit men bemötts positivt, se kapitel 5.4.



Figur 12: Bild på informationslapp inne på toalett i Sergelhusen (Foto från Studiebesök 2023-04-14).

Det tidigare bruna vattnet blev däremot ett problem för underhållet av kontorets toaletter. Områdesledaren berättar att det bruna dagvattnet tog med sig partiklar till toaletterna som påverkade tätningar och packningar negativt. Problemet ledde till oklarheter angående serviceintervaller och livslängden på materialen. I samband med det här ändrades reningsprocessen för att minska partiklar av organiska ämnen i vattnet, men också för att minska vattnets missfärgning.

5.2 Drift

Att förvalta och underhålla ett dagvatteninsamlingssystem som finns installerat i Sergelhusen och Celsiushuset innebär ett utforskat kunskapsläge. Systemen är ovanliga i Sverige och båda är relativt nybyggda. Rutiner kring rengöring, serviceintervall och dylikt råder det i dagsläget enbart uppskattningar kring hur ofta eller hur ingående åtgärder ska utföras, vilket leder till att driften behöver testa sig fram enligt områdesledaren.

5.2.1 Celsiushuset

Driften av systemet i Celsiushuset har inte haft problem gällande underhåll av systemet. Däremot har systemet haft problem med styrningen av systemet med givare från start, vilket har lett till att en stor majoritet av vattnet som har använts har varit dricksvatten. Det leder till att för lite dagvatten har pumpats in från magasinet på grund av fel i styrningen. Problemet uppstod då systemet var programmerat att starta dagvattenpumpen samtidigt som ventilen för dagvattnet öppnades. Då dagvattnet inte kommit fram till pumpen innan torrkörningsskyddet lösts ut.

Problemet har funnits med sedan driftstart av systemet och har upptäckts under 2023. Idag väntar Vasakronan ännu på en lösning till problemet, det gör att effektiviteten inte når upp till den beräknade effektiviteten för systemet enligt teknikansvarig. Eftersom systemet inte har fungerat som det ska har det lett till problem med till exempel rening, backspolning eller slitage på komponenter inte har uppkommit.

5.2.2 Sergelhusen

I Sergelhusen har drift och underhåll behövts utföras mer frekvent än vad som från början var tänkt. Tidigare nämnt har humus och andra organiska material påverkat vatten och sanitet (VS) komponenter som tätningar och packningar enligt områdesledaren. Eftersom systemet är nytt finns inga bestämda serviceintervaller och oklarheter har uppkommit. Ett problem är rening och tömning av vattentankarna, se figur 13. Enligt områdesledaren var det planerat att spola ut tankarna var sjätte månad för rengöring vilket ej är lönsamt. Systemet bygger på att lagra dagvatten för att undvika användningen av dricksvatten vilket vid en tömning kommer återställa hela bufferten av dagvatten. Senaste tömningen av tankarna inträffade vid ombyggnationen av systemet och det visade sig att ingen tillväxt skett inuti behållaren enligt områdesledaren. Det har lett till att de avbrutit cirkulationen av vattnet i tankarna och förlängt underhållsintervallet.



Figur 13: Vattentankarna på 10 kubik st. i Hus H av Sergelhusen (Foto från studiebesök 2023-04-14)

5.3 Effektivitet

Effektiviteten i systemen har en korrelation mellan hur mycket vatten som spolas med i toaletterna, hur många personer som använder varje toalett samt hur många toaletter som använder renat dagvatten till spolning. Effektiviteten beror även på hur stor uppsamlingsytan är, nederbördsmängd som har fallit och magasineringsskapacitet för lagring av dagvattnet under torra perioder.

5.3.1 Celsiushuset

Effektiviteten på systemet i Celsiushuset är framräknat till att omkring 50 procent av allt spolvatten ska vara dagvatten. Däremot visar mätningar som sker i systemet sedan driftsättande att både volymen toalett vatten som förbrukats och andelen dagvatten är lägre än beräknat, se tabell 6. Den låga effektiviteten på systemet kan härledas till att styrningen för systemet inte har fungerat. På grund av att pumpens givare som pumpar in vatten från magasinet löser ut. Problemet är att när dagvatten ska pumpas in till byggnaden löser ut torrkorningsskyddet för att givaren tror att pumpen går torrt. Nederbörden har även varit under medelnittet för 2000-talet i området sedan byggnaden driftsattes vilket påverkar tillgången på dagvatten i magasinet.

Tabell 6: sammanställning av volymer vatten för toalettspolning som förbrukats i Celsiushuset från driftsättning till Mars 2023

Typ av vatten	Förbrukning [kvm]
Dricksvatten	1270,6
Dagvatten	185,6
Total:	1456,2
Effektivitet	12,7 %

5.3.2 Sergelhusen

Effektiviteten i dagvatteninsamlingssystemet i Sergelhusen är beräknad till runt 40 procent för alla byggnader i byggnadskomplexet. Byggnaden består av tre huskroppar där två av kropparna har en teoretisk effektivitet på 43 procent medan den tredje huskroppen har en teoretisk effektivitet på 37 procent.

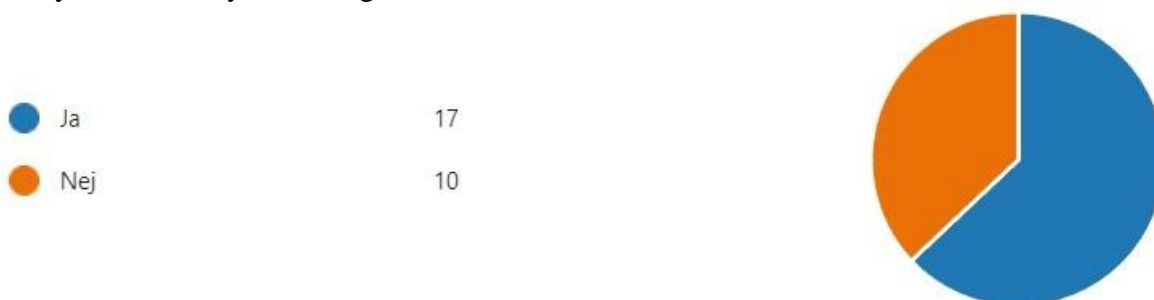
Systemets faktiska effektivitet är i dagsläget okänd på grund av mätfel i systemet. Systemet har givare som mäter volymen på inkommande kommunalt vatten till systemet samt hur mycket dagvatten som har återvunnits. Data redovisas på månadsbasis men siffrorna stämmer inte överens med avseende på uppmätt total vattenförbrukning jämfört med uppmätt dricksvattenvolym, se bilaga 4.

5.4 Användarnas upplevelse

Användarnas upplevelse av toalettvattnet i Sergelhusen sammanställdes genom en enkät med flervalsfrågor. Enkäterna jämförde hur användarna har upplevt skillnader i en vanlig toalets funktion jämfört med toaletterna i Sergelhusen som använder renat dagvatten och hade 27 deltagare. Enkätundersökningen var inte möjlig att utföra i Celsiushuset då Vasakronan enbart förvaltar byggnaden och företaget som hyr kontoret inte godkände utredningen. För att se enkätens utformning, se bilaga 5.

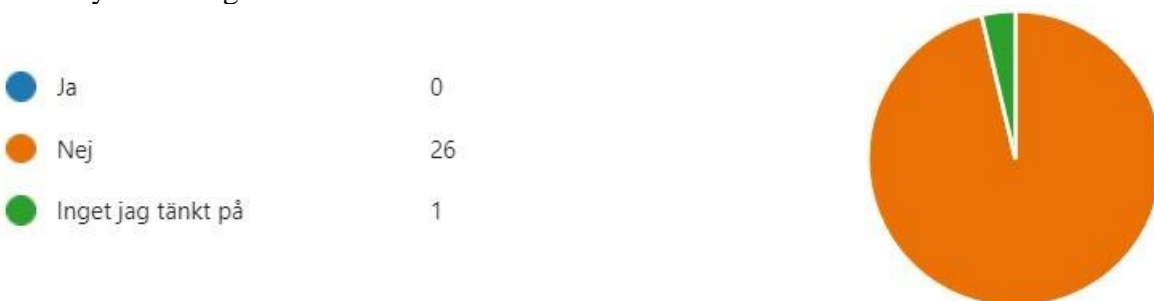
Frågan om en färgskillnad upplevs mellan vanliga toaletter och toaletter med renat dagvatten så skiljer sig svaren åt, ungefär två tredjedelar svarade att de upplever en färgskillnad medan en tredje del svarade att det inte förekommer någon färgskillnad, se figur 14.

Deltagarna i enkäten har även givits möjlighet att framföra kommentarer, där en del av de som har svarat att det inte finns någon färgskillnad framför att det förekommer färgskillnader trots att de har svarat nej på frågan. Vissa kommentarer framför även att missfärgningen var mycket grövre när systemet var nytt, se bilaga 6.



Figur 14: fördelning mellan personer som upplever en färgskillnad i toalettvattnet i Sergelhusen

Vad gäller luktproblematik från det renade dagvattnet visar enkätsvaren att det inte förekommer någon skillnad i lukt jämfört med en vanlig toalett se figur 15. Inte heller någon skillnad i vattentryck vid spolning upplevs av respondenterna eller så har dem inte reflekterat angående vattentrycket se figur 16.



Figur 15: Andelen personer som upplever en skillnad i lukt i toaletterna i Sergelhusen



Figur 16: Andelen personer som upplevt en skillnad i vattentryck i Sergelhusen toaletter jämför med vanliga toaletter.

Kommentarerna till enkäten visar på att användarna är positiva till tekniken och är villiga att använda toaletter med en viss missfärgning av vattnet, så länge användarna är medvetna om varför missfärgningen uppstår. För att se kommentarer se bilaga 6. Områdesledaren uttrycker dock att innan ombyggnationen av systemet så var vattnet så pass missfärgat att användarna var skeptiska till att använda systemet.

6 ANALYS

Dagvatteninsamling för användning i byggnader är en teknik som är relativt obeprövd i Sverige i dagsläget. Systemen som är i bruk har haft omfattande problem vilket har gjort att effektiviteten har varit låg och systemen har varit ur bruk under långa perioder.

6.1 Finns det några problem som har uppstått med dagvatteninsamling för toalettspolning?

Problemen som har uppstått i Sergelhusen är missfärgningar i vattnet till följd av det omfattande gröna ytorna på taket till byggnaden. Det gröna taket i kombination med otillräcklig rening har resulterat i missfärgat vatten och slitage på VS-komponenter i byggnaden på grund av partiklar i vattnet. Efter ombyggnationen av systemet och installation av ytterligare rening i form av finare filtrering genom ett glasfiberfilter samt avjonisering av vattnet så har missfärgningen av vattnet blivit betydligt lägre, men missfärgningar finns till viss del kvar.

Problem som har uppstått i Celsiushuset har att göra med styrningen av systemet, då pumpen löser ut torrkörrningsskyddet. Åtgärden för att avhjälpa felet i Celsiushuset är att bland annat programmera om styrningen av pumpen. Celsiushuset har inte haft några större problem med missfärgningar av vattnet när systemet har fungerat vilket kan ha att göra med en låg effektivitet så att dagvattnet har späts ut med mycket kommunaltvatten och att missfärgningarna därmed inte har syns. En annan orsak kan vara att Celsiushuset har en förhållandevis låg andel gröna tak (15 procent) jämfört med Sergelhusen som har ungefär 51 procent grönt tak.

6.2 Hur mycket dagvatten gentemot dricksvatten har systemet använt?

Effektiviteten i Celsiushuset är framräknad till att omkring 50 procent av allt spolvatten ska vara renat dagvatten, när mätningar utfördes i mars 2023 var enbart 12,7 procent av spolvattnet renat dagvatten. Effektiviteten bör bli betydligt högre om problemet med styrningen som beskrivits tidigare åtgärdas.

Effektiviteten i Sergelhusen går i dagsläget inte att fastställa på grund av ett okänt fel i redovisningen av siffrorna. Det finns dock inga indikationer på att effektiviteten skulle avvika betydligt från de teoretiska. Däremot är det tillkännedom att systemet har legat nedlagt under majoriteten av 2022 på grund av ombyggnation.

6.3 Hur har systemet upplevts av dess användare?

I enkäterna framkommer det att missfärgningar av toalett vatten förekommer, men att användarna inte ser något problem med måttliga missfärgningar i och med att de bidrar till sänkt dricksvattenanvändning. Användarna uttrycker även att det är bra att information finns uppsatt om varför det kan förekomma missfärgningar i vattnet så att de är medvetna om orsaken.

I undersökningen förekommer det att ingen skillnad när det gäller vare sig skillnad i lukt jämfört med en vanlig toalett eller tryck i spolningen vilket visar att reningen fungerar med avseende på

lukt samt att pumparna i systemet är bra dimensionerade. I Celsiushuset förekommer samma typ av information på toaletterna angående varför vattnet kan vara missfärgat.

6.4 Övrig analys

Systemet har en påverkan på det kommunala avlopps nätet i och med att både Sergelhusen och Celsiushuset har tak som fördröjer vattnet vilket avlastar det kommunala ledningsnätet. Celsiushuset har en fördröjningskoefficient på 0,83 vilket kan jämföras med en hårdgjord yta till exempel betong vilket inte fördröjer vattnet nämnvärt. Däremot har Sergelhusen en fördröjningskoefficient på 0,57 vilket har en betydande fördröjning på vattnet innan det når det kommunala ledningsnätet. Även insamlingen av dagvatten fördröjer vattnet genom att använda det i byggnaden samt att vattnet fördröjs i magasinet även om magasinet är fullt och breddas.

Systemen använder dagvattnet för att spola toaletterna vilket resulterar i att vattnet som systemet använder aldrig kommer ut på dagvattennätet utan istället på spillvattennätet. Det innebär emellertid inte en ökad belastning på spillvattennätet då förbrukningen är densamma. Avlastningen på dagvattennätet från Celsiushuset på grund av systemet har sedan driftsättande av byggnaden varit 185 kubikmeter med tanke på att systemet inte har fungerat så kommer troligen siffran bli betydligt högre i framtiden.

Sergelhusen har en större avlastning på ledningsnätet då takytan är större än Celsiushuset och förbrukningen är större så är det mer dagvatten som aldrig når ledningsnätet. Runt Sergelhusen består avloppssystem utav kombinerade ledningar för dag-, drän- samt spillvatten vilket har en begränsad kapacitet så avlastningen på avlopps nätet blir betydande. Dagvattnet som används i systemet går som tidigare nämnt ut på spillvattennätet. I Sergelhusen fall så går allt avloppsvatten ut på samma ledningar, dock minskar mängden dricksvatten som går ut på systemet då dagvattnet används till viss del till toalettspolningen.

7 DISKUSSION

I följande diskussion så reflekteras och diskuteras det angående utformning av rening av liknande system, vad man bör ha i åtanke vid projektering samt ekonomiska aspekter kopplat till systemen. Därefter en reflektion angående metodval och vilka brister som uppstod i och med val av metod.

7.1 Reflektion

Det är väldigt tydligt att gröna tak har en stor påverkan på hur mycket missfärgningar som uppkommer i vattnet och därmed hur mycket rening som behövs för att vattnet ska gå att använda. I Sergelhusen var det nödvändigt att bygga om systemet för att få bort de grävsta missfärgningarna. Det är inte optimalt att i framtiden vid nybyggnation av byggnader med liknande system. Där är det rimligt att antingen installera fler reningssteg från första början eller att minska andelen gröna tak. Celsiushuset har 15 procent gröna tak i form av sedumtak med låg vegetationshöjd. Det gör att påverkan på vattnet inte blir lika stor som för Sergelhusen. De fastigheterna har 51 procent gröna tak där stora delar har hög vegetationshöjd, vilket bidrar till mer organiskt material i vattnet och därmed missfärgningar.

Ingen luktproblematik förekommer i Celsiushuset som inte har någon rening med aktivt kol vilket tar bort lukt enligt teknikansvarig. Sergelhusen som använder kolfilter upplever inte heller någon luktproblematik. Det är möjligt att kolfiltret inte är nödvändigt i Sergelhusen och ett sådant reningssteg inte är nödvändigt för dagvattenreningsystemet. Det är i alla fall tydligt att ingen ytterligare rening med avseende på lukt till exempel ozon är nödvändigt i ett system för rening av dagvatten.

Sergelhusen hade innan ombyggnationen stora problem med missfärgningar av vattnet vilka försvann efter installationen av finare filtrering samt avjonisering av vattnet som rening. Det är teknik som kräver backspolning för filtret samt påfyllning av salt med jämna mellanrum vilket är extra underhåll och påfyllnad av salt måste en faktisk person utföra, processen går ej att automatisera. En annan väg att rena vattnet är first flush tekniken vilken möjligen kan anses vara lämplig under omständigheterna som råder i Sergelhusen. Första flödet av avrinning bör vara orsaken till den kraftiga missfärgningen som rådde så om de första två till fem millimetrarna av nederbörd leds bort bör problemet åtgärdas.

Fördelen med att använda first-flush istället för avjoniseringen samt den extra filtreringen som installerades istället är att processen går att automatiseras till en högre grad än metoden som valdes. I dagsläget så behöver en drifttekniker ha uppsikt över systemet och fylla på vid behov, First-flush sker automatiskt. Vasakronan har dock haft problem med styrning av system i fallet med Celsiushuset som har varit tidskrävande att åtgärda. First-flush innebär fler styrenheter som behöver programmeras vilket gör att de är fullt naturligt att de valde att inte gå den vägen.

Tekniken bidrar även till att minska belastningen på det omkringliggande avloppsnätet vilket är en stor fördel speciellt på platser med kombinationsledningarna så som runt Sergelhusen i Stockholm. Tekniken har även bidragit till byggnadernas miljöcertifieringar LEED platinum vilket har gjort att gröna lån har varit möjliga för finansieringen av byggnaderna. De gröna lånen har lägre räntekostnader än vanliga lån vilket kan göra att även om systemet i sig inte är ekonomiskt försvarbart så bidrar det till att få ner den totala kostnaden för byggnaden trots en dyr utgift i byggskedet. Tekniken kan alltså även vara ekonomisk försvarbar trots den långa återbetalningstiden.

Tidigare forskning har inte undersökt hur användarna upplever ett dagvatteninsamlingssystem för toalettspolning eller effektiviteten på ett sådant system, utan istället undersökt optimering för magasinstorlek utifrån ekonomi. Tidigare forskning på Celsiushuset utifrån simuleringar med avseende på nederbörd och förbrukning visar att ett magasin mellan 50 och 75 kubikmeter är optimalt utifrån en ekonomisk synpunkt medan om effektiviteten ska bli högre så är magasin på mer än 75 kubikmeter att föredra för att så mycket vatten som möjligt ska lagras under sommarmånaderna (Söderqvist, 2019).

Resultaten från Söderqvist undersökning visar att en effektivitet mellan 40- och 60 procent av vattnet till toalettspolning i Celsiushuset går att ersätta med renat dagvatten. Den faktiska effektiviteten har uppmätts i den här undersökningen till 12,7 procent vilket är en betydande skillnad. Anledningen till skillnaden i resultat är att systemet har haft problem med styrningen vilket inte togs i beaktande i den tidigare forskningen. När driftproblematiken får en lösning är det rimligt att anta att effektiviteten bör hamna i närheten av de teoretiska värdena.

7.2 Metoddiskussion

Dokumentanalys har varit relevant för att skapa en grundligförståelse för det studerade ämnet. Delaktiga företag för systemen har delat med sig av flera dokument och handlingar som varit hjälpsamma för rapportens syfte samt för att besvara frågeställningen. Det har hjälpt att formulera frågor till intervjuerna och enkäterna. Däremot har data för systemets effektivitet i Sergelhusen inte gått att tolka. Det har skapat ett gap i resultatdelen vid jämförelse av systemen i Uppsala och Stockholm. Förutom detta har enbart LEED-dokument för Sergelhusen erhållits och ej från Celsiushuset. LEED-dokumentet har varit svårtolkade och hänvisade ej till varför innovationspoäng för systemet gavs. Det hade varit användbart att få del av dem handlingarna, men tyvärr har det ej varit med i de utdelade handlingarna för rapporten.

Intervjuer är aktuella för att få ett helhetsperspektiv över systemen under alla skeden i projektet. På det här sättet erhålls kunskap om projekteringsskedet via enhetschef på Hellenius och drift samt förvaltning via teknikansvarig och områdesledaren från Vasakronan. Det är aktuella personer angående systemets drift och utformning och var till stor hjälp för att besvara frågeställningen. Däremot hade alla tre personer liknande åsikter och slutsatser gällande systemen. Det skulle vara intressant att intervjua en person med ekonomiansvar för utvecklingen av systemen eller en ansvarig för miljöcertifieringen av fastigheterna. På det sättet hade andra åsikter formats till varför systemet är bättre eller sämre.

Enkäter har varit mycket hjälpsamma för att få svar på hur brukarna har upplevt systemet. Korta enkla frågor aktuella för att besvara frågeställningen har givit bra svar för att tolka deras upplevelse. Frågorna i enkäterna är formulerade med enbart ja och nej som alternativ för att undvika diffusa svar till resultatet. Därefter fanns även ett övrigt skrivfält där delaktiga personer kan dela med sig av sin personliga åsikt till systemet vilket har varit hjälpsamt för att besvara frågeställningen.

Därefter har observationer i form av studiebesök utförts på fallstudierna för att med egna ögon se systemens konstruktion. På det här sättet inhämtas egen information i form av bilder och dokumenterade aktiviteter för att underrätta informationen från övriga metoder. Det bidrar till en enkel jämförelse mellan hur vi upplevt det studerade ämnet i jämförelse med övrig personal.

8 SLUTSATSER

Följande kapitel behandlar slutsatserna som kan göras efter undersökningen som utförts, slutsatserna rör i huvudsak problem som uppstått under byggnadernas drifttid. Kapitlet behandlar även förslag på ytterligare forskning kring dagvatteninsamling för användning i byggnader.

8.1 Slutsatser

Studien visar att en måttlig missfärgning i toalettvattnet inte har någon negativ påverkan på användarens upplevelse. Studien har tydligt visat att de flesta är positivt inställda till att ersätta dricksvatten i toaletter även om det innebär missfärgningar. Studien visar även att det inte finns någon praxis för till vilken grad vatten behöver renas för att det ska vara godtagbart att använda.

Problem med avseende på drift är förekommande i båda byggnaderna vilket påverkar effektiviteten i systemen. Celsiushuset har en faktisk effektivitet som är långt under den teoretiska effektiviteten dock är det problemet relaterat till styrningen av systemet och borde således vara relativt enkelt åtgärdat och effektiviteten kommer troligen att öka. Celsiushuset har inte haft några andra driftproblem, medan Sergelhusen har haft fler problem med avseende på drift så som att packningar blir dåliga. Sergelhusens driftproblem har högst troligen berott på sediment i vattnet, vilket har minskats drastiskt efter ombyggnationen så drift problematiken kommer troligen att försvinna. Sergelhusens effektivitet har inte varit möjlig att räkna fram på grund av fel i mätning.

Om rening av dagvatten ska implementeras i framtida byggnader är det viktigt att ha i åtanke vid val av takmaterial att det inte är lämpligt att ha för stora arealer med gröna tak. Ska byggnaden trots det ha både stora arealer samt implementera dagvattenrening så är det lämpligt att planera för flera reningssteg med fin filtrering samt avjonisering av vattnet.

8.2 Förslag på fortsatt forskning/arbete

Fortsatt forskning kring ämnet kan vara att undersöka hur vattenkvalitén påverkas genom systemets olika delar. En mätning på regnvattnet, efter avrinningen samt varje steg i processen för att se hur vattnet påverkas av olika takmaterial och hur mycket rening de olika stegen gör för att optimera vad som faktiskt är nödvändigt och vad som kan göras bättre i reningsprocessen.

Ett annat exempel på fortsatta studier kring ämnet kan vara att undersöka implementeringen av systemet i andra typer av byggnader än kontorsbyggnader, men även användning av tekniken i mindre byggnader än stora kontorskomplex så som flerbostadshus eller småhus.

9 REFERENSER

[Pdf] Andersson, Jenny. 2015. *Kvalitet på avrinningsvatten från extensiva gröna tak*. Hämtad 2022-03-29 Länk: <https://www.divaportal.org/smash/get/diva2:792645/FULLTEXT01.pdf>

[Pdf] Andersson Linnea. 2019. Kartläggning av möjligheten att återanvända takdagvatten för att minska dricksvattenförbrukningen. Hämtad 2023-03-29 Länk: https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?aq2=%5B%5B%5D%5D&c=4&af=%5B%5D&searchType=SIMPLE&sortOrder2=title_sort_asc&query=regnvatten&language=sv&pid=diva2%3A1287758&aq=%5B%5B%5D%5D&sf=all&aqe=%5B%5D&sortOrder=author_sort_asc&onlyFullText=false&noOfRows=50&dswid=1025

[Hemsida] Austra lian Bureau of Statistics: *Water count 2013-14*. Uppdaterad: 2015-11-26. Hämtad: 2023-03-23. Länk: <https://www.abs.gov.au/AUSSTATS/abs@.nsf/Previousproducts/4610.0Main%20Features22013-14>

[Hemsida] Boverket. 2021. Fördröjning och minskning av dagvatten. Hämtad: 2023-04-12 Länk: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/ekosystemtjanster/verktyg/rakna/dagvattenhantering/>

[Hemsida] Boverket: *Miljöcertifiering och LCA*. Uppdaterad: 2019-02-20. Hämtad: 2023-03-30. Länk: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/miljocertifieringssystem-och-lca/>

[Rapport] Campisano, A., Butler, D., Ward, S., Burns, M. J., Friedler, E., DeBusk, K., FisherJeffes, L. N., Ghisi, E., Rahman, A., Furumai, H. och Han, M. (2017). *Urban rainwater harvesting systems: research, implementation, and future perspectives*. Länk: <https://core.ac.uk/download/pdf/323893726.pdf>

[Artikel] Carter, Nancy., Bryant-Lukosius, Denise., DiCenso, Alba., Blythe, Jennifer., J. Neville, Alan. Oncology Nursing Society: *The Use of Triangulation in Qualitative Research*. Publicerad: 2014-09-01. Hämtad: 2023-04-24. Länk: <http://onf.ons.org/onf/41/5/use-triangulation-qualitative-research>

[PDF] Center of Community Health and Evaluation: *Cottage health evaluation toolkit*. Hämtad: 2023-04-24. Länk: https://www.cottagehealth.org/app/files/public/b77c3f3c-ba74-44e4-9acd-fdb0186810f1/Collect_Data_Plan_Conduct_Observations_Cottage_Health_Evaluation_Toolkit.pdf

[Bok] Crittenden, J. C., Trussell, R. R., Hand, D. W., Howe, K. J. och Tchobanoglous, G. (2012) *MWH's Water Treatment: Principles and Design*. 3. uppl. New Jersey: John Wiley & Sons.

[Artikel] Gikas Georgios D, Tsihrintzidis Vassilios A. 2017. *Effect of first-flush device, roofing material, and antecedent dry days on water quality of harvested rainwater*. Hämtad 2023-03-21. Länk <https://link-springer-com.ezproxy.its.uu.se/article/10.1007/s11356-017-9868-6>

[Bok] Kinkade-Levario, Heather. 2007. Design for Water: *Rainwater harvesting, stormwater catchment, and alternative water reuse*. Förlag: New society publishers, limited.

[Hemsida] Klimatanpassning: *Grundvatten*. Uppdaterad: 2019-11-12. Hämtad: 2023-03-22. Länk: <https://www.klimatanpassning.se/hur-klimatet-forandras/klimat effekter/grundvatten-1.21296>

[Hemsida] Livsmedelverket: *Dricksvatten*. Uppdaterad: 2023-02-25. Hämtad: 2023-03-22. Länk: <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/dricksvatten>

[Hemsida] Livsmedelverket: *Konsekvenser för ett förändrat klimat*. Uppdaterad: 2023-01-26. Hämtad: 2023-03-22. Länk: <https://www.livsmedelsverket.se/foretagande-regler-kontroll/dricksvattenproduktion/kaskad-handbok-for-klimatanpassning-dricksvattenproduktion/konsekvenser-av-ett-forandrat-klimat>

[Hemsida] Livsmedelsverket. Uå. *Polycykliska aromatiska kolväten (PAH)*. Hämtad 2022-03-31. Länk <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/oonskade-amnen/miljogifter/polycykliska-aromatiska-kolvaten-pah>

[Hemsida] Lumivero: *The basics of document analysis*. Publicerad: 2020-03-20. Hämtad: 2023-04-24. Länk: <https://lumivero.com/resources/the-basics-of-document-analysis/>

[Artikel] Mendez Carolina B et al., 2011. *The effect of roofing material on the quality of harvested rainwater*. Hämtad: 2022-04-02 Länk: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135410008535>

[Hemsida] Nationalencyklopedin. Uå. *Filtrering*. (hämtad 2023-04-11) <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/filtrering>

[Hemsida] Nationalencyklopedin. Uå. *klorering*. hämtad 2023-04-11 <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/klorering>

[Hemsida] Naturskyddsföreningen: *Klimatförändringar i Sverige*. Uppdaterad: 2022-05-18. Hämtad: 2023-03-22. Länk: <https://www.naturskyddsforeningen.se/artiklar/klimatforandringarna-i-sverige/>

[Hemsida] Naturvårdsverket. Uå. *Föroreningar i dagvatten*. Hämtad: 2022-03-31. Länk: <https://www.naturvardsverket.se/499c59/globalassets/om-miljoarbetet/forskning/foreoreningar-i-dagvatten.pdf>

[Hemsida] NCC: *Sergelhusen ny levande mötesplats med kontor, bostäder och restaurang*. Hämtad: 2023-04-13. Länk: <https://www.ncc.se/vara-projekt/sergelhuset-stockholm/>

[Bok] Novak, Celeste Allen., Van Giesen, Eddie., M. DeBusk, Kathy. 2014. *Designing rainwater harvesting systems: Integrating rainwater into building systems*. Förlag: John Wiley & Sons, incorporated

[Artikel] Ponto, Julie. National Library of Medicine: *Understanding and Evaluating Survey Research*. Publicerad: 2015-03-01. Hämtad: 2023-04-24. Länk: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4601897/>

[Hemsida] Rainwater harvesting Australia: *About rainwater harvesting*. Hämtad: 2023-03-23. Länk: <https://rainwaterharvesting.org.au/>

[Hemsida] SMHI. 2014-04-23. *Om luftföroreningar*. Hämtad: 2023-04-24. Länk <https://www.smhi.se/reflab/om-luftfororeningar/luftfororeningar/introduktion-1.19676>

[Hemsida] SMHI. 2002–2022. *Års- och månadsstatistik*. Hämtad: 2023-04-24. Länk <https://www.smhi.se/klimat/klimatet-da-och-nu/manadens-vader-och-vatten-sverige/manadens-vader-i-sverige/ars-och-manadsstatistik>

[PDF] Stockholm Stad: *Samrådshandling/Planbeskrivning*. Publicerad: 2015-11-02. Hämtad: 2023-04-13. Länk: <https://insynsverige.se/documentHandler.ashx?did=1821763>

[PDF] Svenskt Vatten: *Analys-Hushållens vattenkonsumtion*. Maj 2022. Länk: https://vattenbokhandeln.svenskvatten.se/wp-content/uploads/2022/05/M151_Analys-hushallens-vattenkonsumtion.pdf

[Bok] Svenskt Vatten. 2016 *Avledning av dag-, drän- och spillvatten P110*

[Artikel] Svenskt Vatten. 2009. *Råd och Riktlinjer för UV-ljus vid vattenverk*. Hämtad 2023-03-29 Länk <https://cdn.abicart.com/shop/11994/art83/164842383-53d6dc-rad-och-riktlinjer-for-uv-ljus-vid-vattenverk.pdf>

[Standard] Svensk Standard. 2018. *Lokala vattensystem (ej dricksvatten) – Del 1: System för användning av regnvatten SS-EN 16941–1:2018*. <https://www-sis-se.ezproxy.its.uu.se/produkter/anlaggningsarbete/yttre-transportssystem-for-vatten/ss-en-16941-12018/>

[Artikel] Söderqvist, Åsa. 2019. *Regnvatteninsamling för toalettspolning*. Hämtad 2022-03-29 Länk <https://uu.diva-portal.org/smash/get/diva2:1288306/FULLTEXT01.pdf>

[Hemsida] Sweden Green Building Council: *Certifiering*. Hämtad: 2023-03-30. Länk: <https://www.sgbc.se/certifiering/>

[Hemsida] Uppsalavatten: *Grundvattenläget*. Uppdaterad: 2023-02-22. Hämtad: 2023-03-22. Länk: <https://www.uppsalavatten.se/om-oss/verksamhet-och-drift/dricksvatten/grundvattenlaget>

[Hemsida] U.S. Green Building Council: *LEED rating system*. Hämtad: 2023-04-03. Länk: <https://www.usgbc.org/leed>

[Hemsida] VA-Guiden: *Celsiushuset Uppsala*. Publicerad: 2021-01-27. Hämtad: 2023-04-03. Länk: <https://vaguiden.se/2021/01/exempel-pa-vattenbesparing-regnvattenspolning-i-celsiushuset-i-uppsala/>

[Hemsida] VA-Guiden: *Citypassagen Örebro*. Publicerad: 2021-01-27. Hämtad: 2023-04-03. Länk: <https://vaguiden.se/2021/01/exempel-pa-vattenbesparing-regnvattenspolning-i-citypassagen-i-orebro/>

[Hemsida] Vasakronan: *Celsius*. Hämtad: 2023-03-30. Länk: <https://vasakronan.se/projekt/celsius/>

[Hemsida] Vasakronan: *Sergelhusen*. Hämtad: 2023-04-13. Länk: <https://vasakronan.se/projekt/sergelhusen/>

[Hemsida] Veg Tech. Uå. *Sedumtak*. Hämtad: 2022-04-03. Länk: <https://www.vegtech.se/produktinformation/sedumtak/>

[Artikel] Vieira, Silvia. A. 2013. Self-cleaning filtration: A novel concept for rainwater harvesting systems. Hämtad 2023-03-20. Länk <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344913001389>

[Hemsida] Wallsten Birger. 2023. *Reningsprocesser i vattenverk*. *Svenskt Vatten* Hämtad 2023-04-22 Länk <https://www.svensktvatten.se/vattentjanster/dricksvatten/vattenverk-och-reningsprocesser/reningsprocesser-i-vattenverk/>

[Hemsida]. White arkitektkontor. *Celsius vinner årets LEED-byggnad*. Publicerad: 2022-10-28. Hämtad: 2023-04-03. Länk: <https://whitearkitekter.com/se/nyheter/celsius-vinner-arets-leed-byggnad/>

[Rapport] Wieslander Jansson Axel. 2019. En studie i vattenrening med elektrokoagulation. Hämtad 2023-04-29 Länk <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1335876/FULLTEXT01.pdf>

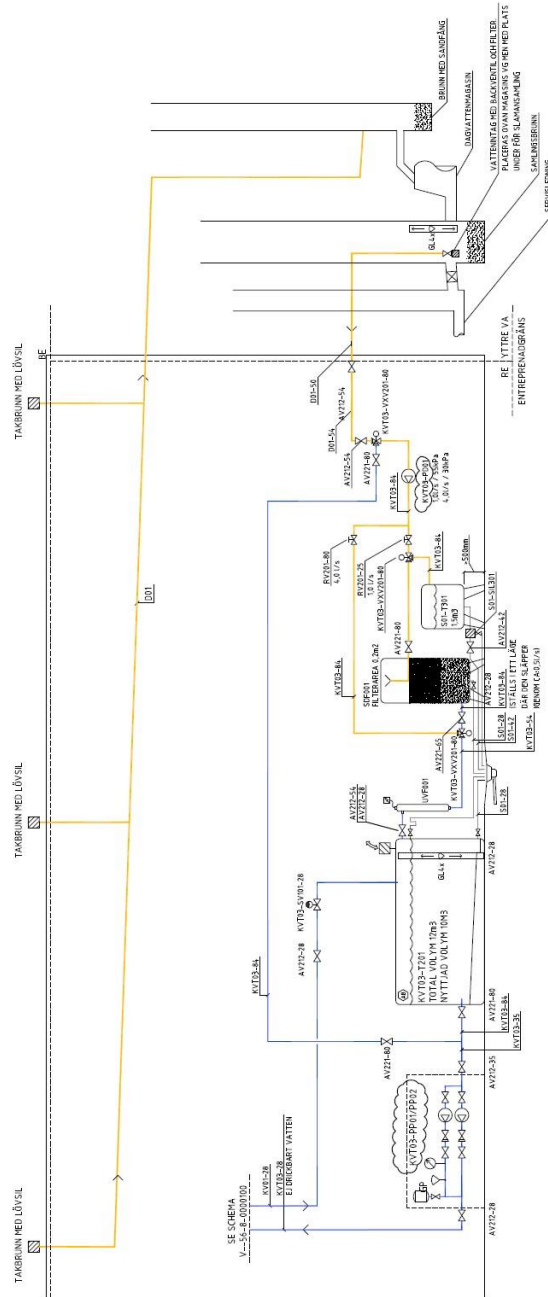
[Bok] Zhu, Qiang., Gould, John., Li, Yuanhong., Ma, Chengxiang. 2015. *Rainwater harvesting for agriculture and water supply*. Förlag: Springer.

[Hemsida] Örebro kommun. 2023-04-06. *Hårdhetsgrad och pH-värde*. Hämtad 2023-04-12. Länk <https://www.orebro.se/bygga-bo--trafik/vatten--avlopp/kommunalt-vatten-och-avlopp---befintlig-kund/hardhetsgrad--ph-varde.html>

BILAGOR

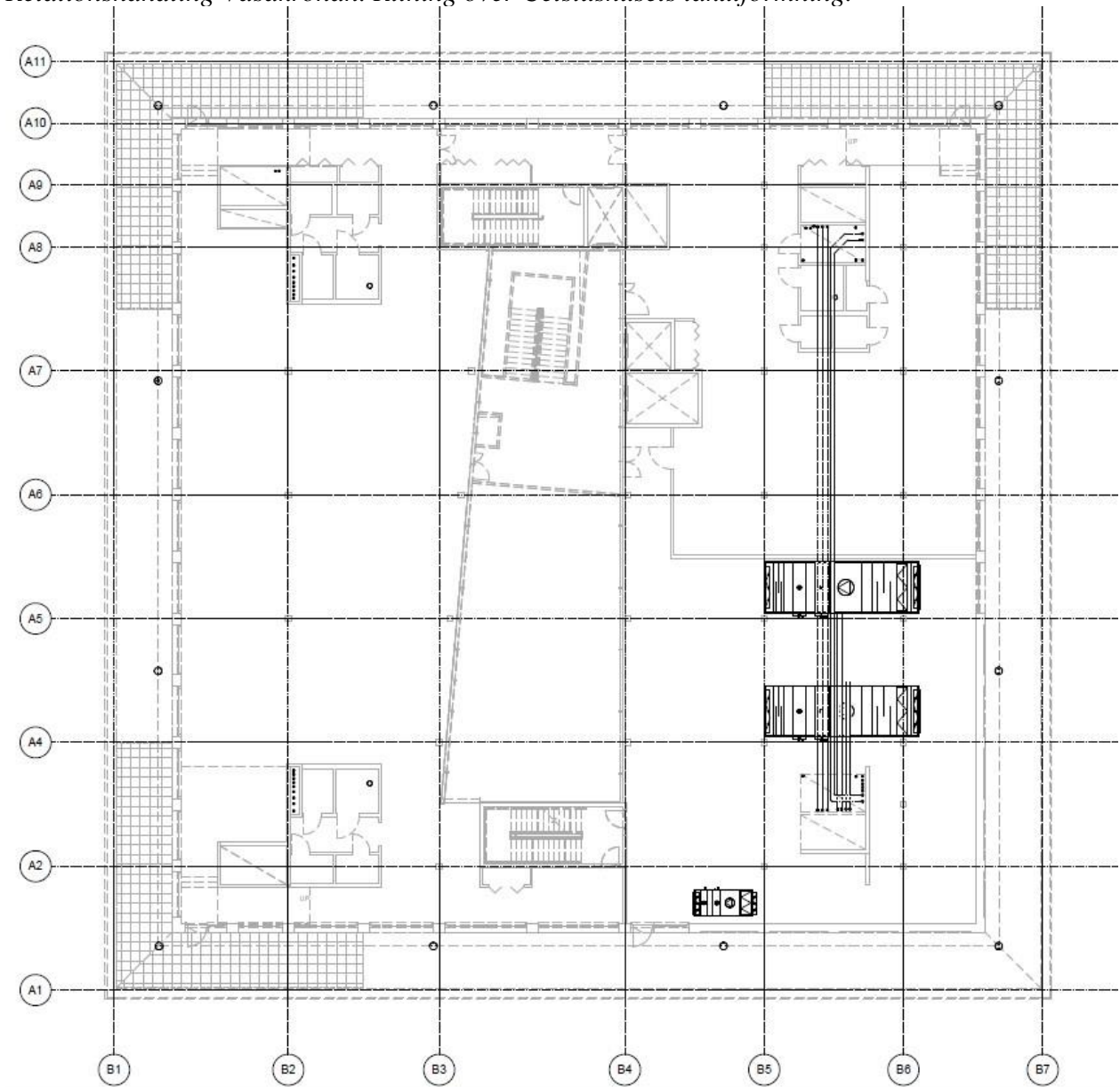
Bilaga 1

Relationshandling från Vasakronan. Ritning över Celsiushusets system för insamling av dagvatten till toalettspolning.



Bilaga 2

Relationshandling Vasakronan. Ritning över Celsiushusets takutformning.



Bilaga 3

LEED dokument för kvarter Hästskon 12 Sergelhusen. Bilaga 3 är del från Structor ang. takutformningen på Sergelhusen.



Magasinsvolym

Kv Hästskon

Stockholm

PM

Datum

2017-03-31

Sid 4(8)

beräkning av erforderlig magasinvolym vid ett regn på 11,7 mm. Anledningen till att avrinningskoefficienten för övriga ytor är högre här än i fallet ovan är för att det nu beräknas på ett 11,7 mm regn medan det ovan var för alla regn som i snitt har lägre intensitet.

Tabell 3 Ytor, avrinningskoefficienter och avrinning vid ett 11,7 mm regn.

Yta	Area	ϕ	Avrinning vid ett 85 percentil regn	Magasinsvolym
Hus S				
Sedum, 30 mm	364 m ²	0,7	3,0 m ³	
Örtsedum, 150 mm	301 m ²	0,3	1,1 m ³	
Artrik grönska, 400 mm	631 m ²	0	0,0 m ³	17,4 m ³
Övrigt	1279 m ²	0,9	13,4 m ³	
Hus H+M				
Sedum, 30 mm	755 m ²	0,7	6,2 m ³	
Örtsedum, 150 mm	312 m ²	0,3	1,1 m ³	
Artrik grönska, 400 mm	544 m ²	0	0 m ³	24,0 m ³
Övrigt	1599 m ²	0,9	16,8 m ³	
Paviljongen				
Örtsedum, 30 mm	99 m ²	0,3	0,5 m ³	
Artrik grönska, 400 mm	35 m ²	0	0 m ³	0,5 m ³

Slutsats

Avrinningsvolymen som krävs för att omhänderta ett 11,7 mm regn (85:e percentilen) är 17,4 m³ vid Hus S, 24 m³ för hus H+M och 0,5 m³ vid Paviljongen. Det magasinerade vattnet måste användas på något sätt så att det finns utrymme i magasinet vid nästa regntillfälle.

Bilaga 4

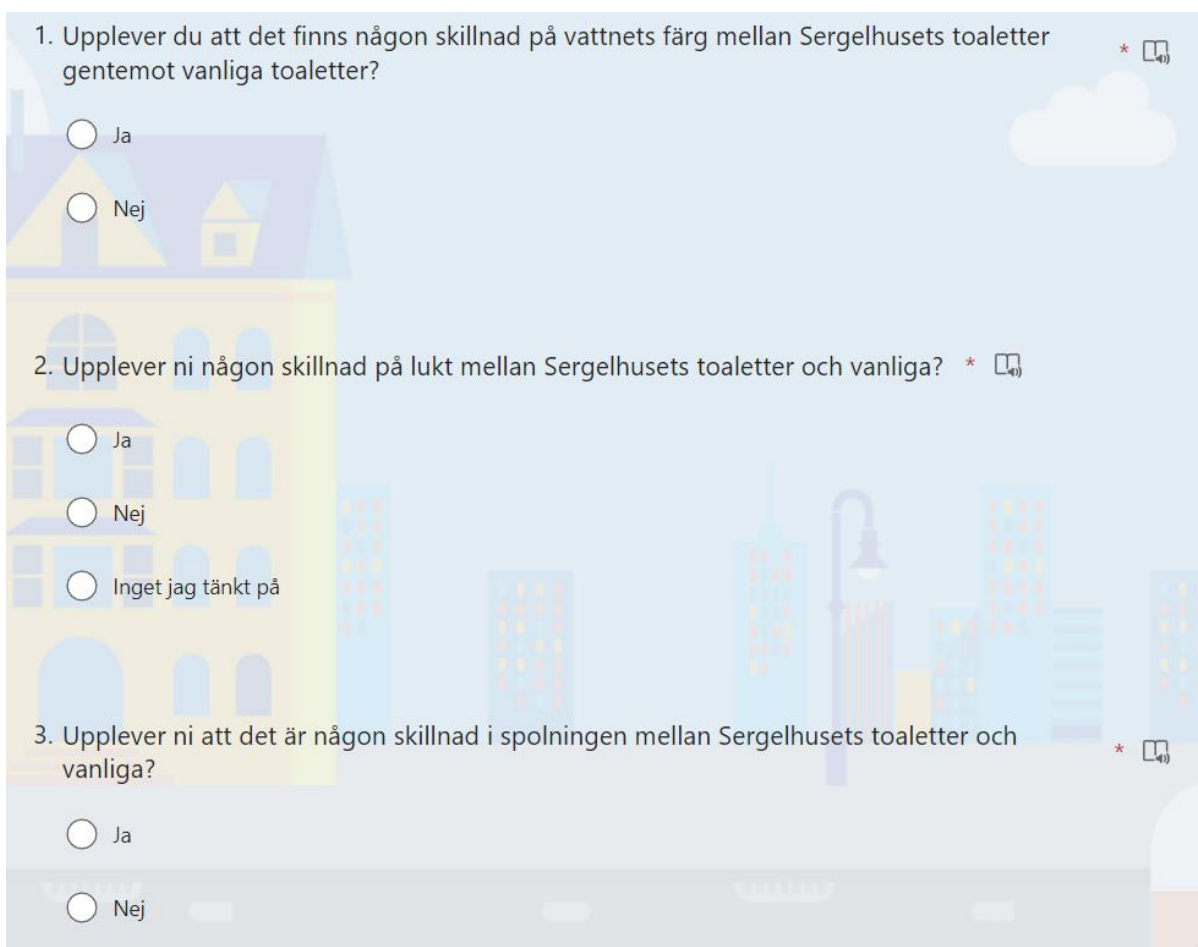
LEED Dokument för Kvarter Hästskon 12 Sergelhusen. Bilaga 4 är del från dokumentet med den beräknande procenten för husens effektivitet i användningen av dagvatten till toalettspolning.


Uppdaterat 2017-12-01

	Preliminärt behov [m ² /år]	Total volym avsedd för annan användning [m ² /år]	Total volym avsedd för annan användning [l/år]	Annual design water consumption [l/år]	Annual design water consumption Justerat värde [l/år]	Annual baseline water consumption [l/år]	Percent water use reduction [%]	TOTAL Percent water use reduction [%]
3)	1 300	846	846 000	3 038 349,3	2 192 349,3	5 335 298,0	43,05%	58,91%
4)	1 728	846	846 000	7 522 718,1	6 676 718,1	12 055 005,3	37,60%	44,61%
5)	2 063	846	846 000	5 954 200,4	5 108 200,4	10 523 200,5	43,42%	51,46%
3) + 4)	1 300	426	426 000	3 038 349,3	2 612 349,3	5 335 298,0	43,05%	51,04%
3) + 4)	1 728	420	420 000	7 522 718,1	7 102 718,1	12 055 005,3	37,60%	41,06%
1) + 2)	1 067	276	276 000	5 954 200,4	5 678 200,4	10 523 200,5	43,42%	46,04%
3) + 2)	259	160	160 000	3 038 349,3	2 878 349,3	5 335 298,0	43,05%	46,05%
1) + 2)	517	410	410 000	7 522 718,1	7 112 718,1	12 055 005,3	37,60%	41,00%
7)	2 245	846	846 000	7 522 718,1	6 676 718,1	12 055 005,3	37,60%	44,61%

Bilaga 5


Enkätundersökningen. Bilaga 5 visar frågorna och formulärets utformning (Respondenternas vy).



1. Upplever du att det finns någon skillnad på vattnets färg mellan Sergelhusets toaletter gentemot vanliga toaletter? * 

Ja


Nej

2. Upplever ni någon skillnad på lukt mellan Sergelhusets toaletter och vanliga? * 

Ja

Nej

Inget jag tänkt på

3. Upplever ni att det är någon skillnad i spolningen mellan Sergelhusets toaletter och vanliga? * 

Ja

Nej

