



# Faktorer som förklarar den vattenhållande förmågan i substrat på gröna tak

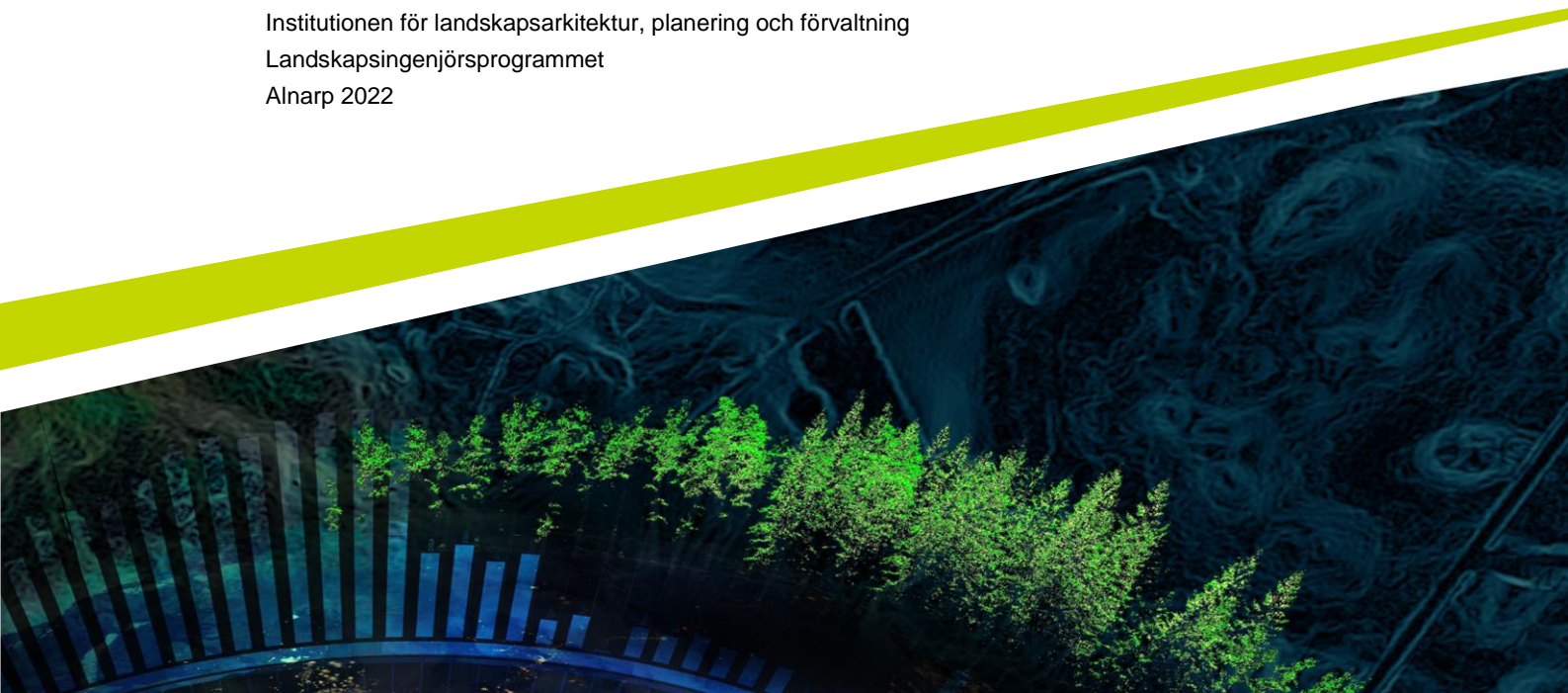
–Substrat från 31 gröna tak i Helsingfors, Finland

---

*Factors that explain the water holding capacity of substrates on green roofs – Substrate from 31 green roofs in Helsinki, Finland*

Kalle Zetterholm Cronehed

Examensarbete/Självständigt arbete • 15 hp  
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU  
Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning  
Landskapsingenjörsprogrammet  
Alnarp 2022





# Faktorer som förklarar den vattenhållande förmågan i substrat på gröna tak -Substrat från 31 gröna tak i Helsingfors, Finland

*Factors that explain the water holding capacity of substrate on green roofs. -Substrate from 31 green roofs in Helsinki, Finland*

Kalle Zetterholm Cronehed

<b>Handledare:</b>	Ishi Buffam, SLU. Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
<b>Examinator:</b>	Tobias Emilsson, SLU. Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
<b>Omfattning:</b>	15 hp
<b>Nivå och fördjupning:</b>	Grundnivå, G2E
<b>Kurstitel:</b>	Självständigt arbete i landskapsarkitektur, G2E - Landskapsingenjörprogrammet
<b>Kurskod:</b>	EX0841
<b>Program/utbildning:</b>	Landskapsingenjörprogrammet
<b>Kursansvarig inst.:</b>	Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
<b>Utgivningsort:</b>	Alnarp
<b>Utgivningsår:</b>	2022
<b>Nyckelord:</b>	Gröna tak, vattenhållande förmåga, fältkapacitet, ålder, sedumtak, ängstak, substrat.

## Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap Institution  
Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

## Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här:

<https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

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

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

## Sammanfattning

Gröna tak bidrar med viktiga ekosystemtjänster i våra urbana levnadsmiljöer. För att kunna upprätthålla och utveckla de gröna takens förtjänster krävs det kunskap om hur dess egenskaper utvecklas över tid. Som en möjlig inledande del av ett projekt till en mer omfattande studie över tid, har substrat från 31 gröna tak undersökts gällande deras vattenhållande förmåga. Taken är placerade i Helsingfors, Finland och substratprover insamlades under sommaren 2021 av ett forskarteam verksamma inom Green Roof Aging Project. Den typ av gröna tak som substratproverna togs från bestod av sedumtak (n=18) och ängstak (n=13) och hade en ålder på 1-51år. Substratproverna transporterades till SLU, Alnarp där den vattenhållande förmågan testades i labb under hösten/vintern 2021. Utifrån resultatet av detta undersöktes vilka faktorer som kunde förklara takens vattenhållande förmåga. De faktorer som undersöktes var: Typen av grönt tak (sedum/ängstak), ålder, organiskt innehåll, djup på substratet och skrymdensitet. Detta resulterade i att tre faktorer (Organiskt material, Ålder, Skrymdensitet) kunde förklara 84% av den vattenhållande förmågan

*Nyckelord:* Gröna tak, vattenhållande förmåga, fältkapacitet, ålder, sedumtak, ängstak, substrat.

## Abstract

Green roofs contribute to important ecosystem services in our urban living environments. To maintain and develop these merits of green roofs, knowledge is required about how the properties of green roofs develop over time. As a possible initial part of a project for a more comprehensive study over time, substrates from 31 green roofs have been investigated for their water holding capacity. The roofs are located in Helsinki, Finland and substrate samples were collected during the summer of 2021 by research team active in the Green Roof Aging Project. The type of green roof from which the substrate samples were taken consisted of sedum roof (n = 18) and meadow roof (n = 13) and had an age of 1-51 years. The substrate samples were transported to SLU, Alnarp, where the water holding capacity was tested in a lab during the autumn / winter of 2021. Based on the results of this, it was investigated which factors could explain the roofs' water holding capacity. The factors examined were: The type of green roof (sedum / meadow), age, organic content, depth of the substrate and bulk density. This resulted in three factors (Organic Material, Age, Bulk Density) being able to explain 84% of the water holding capacity.

*Keywords:* Green roof, water holding capacity, field capacity, age, sedum roof, meadow roof, substrate.

# Förord

Den här studien har gjorts möjlig genom data och material från Green Roof Aging Project som bedrivs vid SLU, Alnarp i samarbete med flera forskare och studenter från andra universitet.

Tack vare tidigare besök på Scandinavian Green Roof Institute och rundturer på deras takträdgård och andra gröna tak i Malmö så hade ett intresse väckts kring ämnet och vilken funktion de fyller i våra städer. Under hösten 2021 när jag läste en kurs i blågrön infrastruktur vid SLU, Alnarp, presenterades projektet genom en föreläsning och jag tog kontakt med frågan om det fanns möjlighet att ingå i projektet och skriva denna uppsats som ni nu kommer att läsa.

Genom det här arbete har jag fått en inblick i och kunskap om hur ett större forskningsprojekt bedrivs och en mycket bredare kunskap genom att ta del av vad andra bidrar med och forskar om inom projektet.

Jag vill tacka alla som har deltagit på forskarmötena varje månad inom projektet, det har hjälpt mitt arbete framåt då jag presenterat mina idéer och resultat. Genom att dela med er av eran kunskap och synpunkter på hur man kan utveckla och gå vidare med detta arbete.

Tack till Ronja Zellmer, forskningsassistent inom projektet som har hjälpt mig att utföra testet av den vattenhållande förmågan på substraten i labbet på SLU, Alnarp och även varit behjälplig under arbetets gång att svara på alla mina frågor om olika tester som bedrivs inom projektet samt tagit fram data som jag kan använda i min analys.

Sist men inte minst, tack Ishi Buffam som har varit min handledare under detta projektarbete. Tack för alla diskussioner vilket ibland har lett till svåra frågor som har fått mig att läsa på, detta har lett till att nya dörrar av kunskap öppnat sig som jag annars inte hade fått.



# Innehållsförteckning

<b>Tabellförteckning .....</b>	<b>10</b>
<b>Figurförteckning.....</b>	<b>11</b>
<b>Förkortningar .....</b>	<b>12</b>
<b>1. Inledning.....</b>	<b>13</b>
1.1. Syfte.....	14
1.1.1. Frågeställning .....	14
1.2. Avgränsningar .....	14
<b>2. Bakgrund .....</b>	<b>15</b>
2.1. Gröna tak .....	15
2.2. Vattenhållande förmåga .....	16
2.2.1. Vikten av den vattenhållande förmågan .....	16
2.2.2. Porer .....	17
2.2.3. Struktur .....	17
2.2.4. Substrat på gröna tak .....	17
2.2.5. Vattenhållande förmåga och dess faktorer .....	18
2.3. Konceptuellfigur .....	19
<b>3. Material och metod .....</b>	<b>20</b>
3.1. Material .....	20
3.1.1. Vattenhållandeförmåga -test.....	23
3.1.2. Loss on ignition .....	24
3.1.3. Skrymdensitet .....	25
<b>4. Analys .....</b>	<b>26</b>
4.1. Data för analys .....	26
4.2. Genomförande av analys .....	27
<b>5. Resultat.....</b>	<b>28</b>
5.1. Vattenhållandeförmåga i substrat.....	28
5.1.1. Faktorer som påverkar den vattenhållande förmågan.....	29
5.1.2. Extremvärde.....	33



<b>6. Resultat diskussion.....</b>	<b>34</b>
6.1.1. Organiskt material.....	34
6.1.2. Ålder.....	34
6.1.3. Skrymdensitet (BD).....	35
6.1.4. Typ av grönt tak och djup på substrat.....	35
<b>7. Metoddiskussion .....</b>	<b>37</b>
<b>8. Vidare studier.....</b>	<b>38</b>
<b>9. Avslutande diskussion .....</b>	<b>39</b>
<b>10. Konklusion.....</b>	<b>40</b>
<b>Referenser.....</b>	<b>41</b>
<b>Bilaga 1: Data som ingick i analysen .....</b>	<b>43</b>
<b>Bilaga 2: Faktorer som påverkar den vattenhållande förmågan (utan West1) .....</b>	<b>44</b>

# Tabellförteckning

Tabell 1. Översikt över substratprover som har analyserats. ....	26
Tabell 2. Faktorer som påverkar den vattenhållande förmågan.....	29
Tabell 3. Faktorer som påverkar den vattenhållande förmågan (utan West1).....	44

## Figurförteckning

Figur 1. Foto: Sedum- mosstak.....	15
Figur 2. Foto: Ängstak. ....	16
Figur 3. Konceptuellfigur över vattenhållande förmågan.....	19
Figur 4. Foto: Provtagning med metallcylinder.....	21
Figur 5. Foto: Prov från metallcylinder. ....	21
Figur 6. Foto: Sortering av material från prov på grönt tak.....	22
Figur 7. Foto: Substrat prover som dränerar fritt.....	24
Figur 8. Diagram:Vattenhållande förmågan över samtliga gröna tak .....	28
Figur 9. Diagram: Modell 1 .....	30
Figur 10. Diagram: Modell 2 .....	30
Figur 11.Diagram: Modell 3 .....	31
Figur 12. Diagram: WHC – Ålder: .....	32
Figur 13. Diagram: WHC-BD: .....	32
Figur 14. Foto: Sedumtak .....	39

## Förkortningar

SLU	Sveriges lantbruksuniversitet
LOI	Loss on ignition (Glödförlust)
BD	Bulk density (skrymdensitet)
SMR	Sedum- mosstak
MER	Ängstak
WHC	Vattenhållande förmåga

# 1. Inledning

Gröna tak blir ett allt vanligare inslag i städerna och då fler människor flyttar in till våra urbana områden så förtätas stadsbilden. Detta i kombination med att vi människor samtidigt måste möta utmaningar med klimatförändringar och biologisk utarmning när tidigare vatten- och grönytor tas i anspråk för byggande utav bostäder. Här kan gröna tak utgöra en del av lösningen för att kunna bibehålla och kanske till och med på sikt kunna öka arealen på våra grönytor med tillhörande biologisk mångfald i städerna.

Gröna tak är dock ingen ny företeelse i Skandinavien, fram till 1800-talet var torvtak vanliga då de hade som funktion att skydda tätskiktet av näver. Med nyare byggmaterial som tegel och plåt försvann de tidigare gröna taken. Dagens gröna tak härstammar från Tyskland som på 1960-talet använde sig av sedummattor.

En grund till att anlägga ett grönt tak är att uppnå grönytefaktor vid byggnation (Boverket, 2020). Beroende på vilken funktion taket ska tjäna, resultera det i att gröna tak utformas olika. Rör det sig om en ekologisk funktion med en hög artdiversitet som gynnar pollinerande insekter eller handla det om att fylla en funktion som en social miljö för oss människor eller att det ska ha en primär funktion för att fördröja dagvatten (Pettersson Skog, Malmberg, Emilsson, Jägerhög & Capener 2021).

Detta resulterar i att typen av ekosystemtjänster ett tak levererar beror på dess syfte. Det kan handla om att utgöra ett habitat för olika organismer. Som funktion i urbana miljöer kan vegetation tillsammans med fukten i substratet motverka värmeöar genom evaporation. Men det kan även främja hälsa genom att utgöra en plats för vila och återhämtning i staden (Oberndorfer et al. 2007). En ekosystemtjänst alla gröna tak levererar är reduktion av dagvattenavrinning (Pettersson Skog et al. 2021).

För att klassa dessa ekosystemtjänster som långsiktigt hållbara måste man veta hur de gröna takens egenskaper förändras över tid. Det finns idag begränsad forskning rörande detta och än mer begränsad kunskap rörande de hydrologiska egenskaperna i substraten på gröna tak.

Denna studie kommer att undersöka substraten från 31 gröna tak som har ett ålders-spann på 1-51år och undersöka vilka faktorer som påverkar den vattenhållande förmågan i dessa substrat.

## 1.1. Syfte

Syftet med den här studien är att identifiera faktorer som kan förklara den vattenhållande förmågan i substrat på gröna tak

### 1.1.1. Frågeställning

Hur påverkar organiskt materiel, ålder, skrymdensitet, djupet och typ av grönt tak den vattenhållande förmågan i substrat på gröna tak?

## 1.2. Avgränsningar

Data som används i uppsatsen kommer att basera sig på resultatet av den vattenhållande förmågan gällande olika former av substrat vars prover utfördes av mig och Ronja Zellmer (forskningsassistent). Övriga data som används och redovisas i studien är insamlad av andra forskare inom ramverket för Green Roof Aging Project.

## 2. Bakgrund

### 2.1. Gröna tak

Ett grönt tak är i de flesta fall uppbyggt av fyra olika lager som utgörs av vegetationslager efterföljt av substratlager med varierande tjocklek. Substratet vilar normalt på en geotextil som är placerad på ett dränerande material (Czemieli Berndtsson 2009).



*Figur 1. Sedum- mosstak. Foto: Green Roof Aging Project.*



*Figur 2. Ängstak. Foto: Green Roof Aging Project.*

Gröna tak kan kategoriseras utifrån två olika huvudkategorier extensiva och intensiva (Pettersson Skog et al. 2021). Detta baseras på vilket växtmaterial som växer på taket och där växter som kräver en högre skötsel klassas som intensiva. Vidare så måste dessa tak ha konstant tillgång till vatten och näring för att upprätthålla sin funktion (FLL, 2018).

Extensiva tak har växter som kräver liten eller ingen skötsel, här rör det sig exempelvis om mossa, suckulenter och örter (FLL, 2018). Detta gör att dessa tak kan ha ett tunnare substrat jämfört med växter på ett intensivt tak. Extensiva tak är vanligt förekommande, då de taken på grund utav sin låga vikt kan installeras på redan existerande takkonstruktion (Pettersson Skog et al. 2017) Man talar även ibland om en tredje kategori semi intensiva tak som en kombination av de ovan nämnda kategorierna (Czemiel Berndtsson 2009).

## 2.2. Vattenhållande förmåga

### 2.2.1. Vikten av den vattenhållande förmågan

Den vattenhållande förmågan i substrat är av existentiell vikt för de växter som lever i det. En del av vattnet som utgör fältkapaciteten är växttillgängligt vatten (Ashman & Puri 2002). Detta innebär att substratet kan utgöra en buffert för vatten och avgör hur länge en vegetation klarar sig utan bevattning (Pettersson Skog et al. 2021).



Ett grönt tak kan reducera den årlig avrinningen från ett tak med 40-90%, beroende på djupet av substratet (Green roof institute, 2022). Här spelar den vattenhållande förmågan en roll då avrinning från ett grönt tak inte börjar förrän substratet har nått sin fältkapacitet. Avrinningen från gröna tak varierar utifrån vilken tid det är på året i en tempererad klimatzon, där man under de varmare månaderna ska se en större skillnad i mängden nederbörd och minskad avrinning (Bengtson, Grahn & Olofsson 2005).

Vidare så är fukten i ett substrat, genom evaporation en av de bidragande faktorerna till ett grönt taks förmåga att kunna minska effekt av värmeöar inom en stad (Oberndorfer et al. 2007).

### 2.2.2. Porer

För att tala om den vattenhållande förmågan måste man prata om porerna i substratet som en av de fundamentala faktorerna i den vattenhållande förmågan. Vanligaste är att man klassificerar utifrån tre olika storlekar macroporer  $>50\mu\text{m}$ , mesoporer,  $50-0,5\mu\text{m}$  och microporer  $<0,5\mu\text{m}$ . De största porerna macroporer möjliggör en snabb transport av vatten och gas, dock klarar de sällan att hålla kvar vatten någon längre tid. I mesoporerna lagras det vatten som är tillgängligt för växterna och i microporerna är vattnet så hårt bundet att de inte är tillgängligt för växterna (Ashman & Puri 2002).

I en vattenmättad jord innebär det att alla porer är vattenfyllda och spänningen mellan jord och vatten är noll. När vattnet sedan dräneras från substratet så töms macroporerna först vilket gör att detta vatten även kallas för gravitationsvatten. Det vatten som däremot hålls kvar genom bindningstryck finns i meso- och microporerna (Ashman & Puri 2002).

### 2.2.3. Struktur

Aggregaten i jorden är det som skapar dess struktur. Aggregaten fyller en viktig funktion i att förhindra en kollaps av porerna i jorden. För att upprätthålla strukturen behövs det ständigt vara ett utbyte av organiskt material, då det sker en nedbrytning av det organiska materialet (Ashman & Puri 2002).

### 2.2.4. Substrat på gröna tak

Hur mycket bjälklaget på ett tak kan tåla i vikt är begränsat, vilket gör att det finns ett behov av odlingssubstrat med låg vikt (Pettersson Skog et al. 2021). Detta resulterar i att substraten på gröna tak ofta består av en mix av olika material som många gånger är krossade (Bouzouidja et al. 2018).

Det går att tala om tre olika komponenter i ett jordsubstrat på gröna tak: Jord, tillsatsmaterial och organiskt material (Petterson Skog et al. 2021).

Jorden består av en varierande mängd ler, silt, sand och grus. Fraktionerna av ler och silt bör hållas nere då höga koncentrationer minskar genomsläppligheten, men det ska ställas i kontrast med att sand och grus leder till minskad vattenhållande förmåga och torra som resultat. Till detta adderas tillsatsmaterial för att få den önskade egenskap som jorden saknar. Det kan handla om att man vill få en ökad vattenhållande förmåga och/eller ökad genomsläpplighet. Exempel på tillsatsmaterial som används är biokol, vulkaniska material, lättklinker och krossat tegel. Den tredje komponenten organiskt material, det kan exempelvis röra sig om grönkompost och torv. Beroende på det tillsatta materialet kan det bidra med att tillföra näring, mikroliv och upprätthålla struktur på substratet. Dock så är det av vikt att den organiska halten inte är för hög initialt då detta kan leda till sättningar vid den biologiska nedbrytningen (Petterson Skog et al. 2021).

Substratet blir sedan planterat och där startar en biologisk aktivitet samtidigt som det blir utsatt för klimatet på platsen (Bouzouidja et al. 2018). Detta gör att det uppstår en differens mellan klimat och substrat vilket enligt Sére et al. (2010) leder till en snabb evolution av substratet. Enligt detta resonemang kan man anta att substratets egenskaper kommer att förändras över tid.

### 2.2.5. Vattenhållande förmåga och dess faktorer

Det finns flera olika faktorer som avgör hur mycket vatten ett grönt tak kan hålla. De rent fysiska egenskaperna utifrån hur det gröna taket är uppbyggt med ett visst substrat, djupet på taket, typ av vegetation och lutningen på det gröna taket (Czemieli Berndtsson 2009).

Bouzouidja et al. (2018) undersökte hur porstorleken förändrades över en fyraårsperiod, man upptäckte här att fördelningen mellan macro-, meso- och microporer i substratet på det gröna taket förändrade sig över denna tidsperiod. Detta skulle enligt ovanstående kapitel (1.2.2 porer), ha en inverkan på den vattenhållande förmågan. Vidare så kan ålder här ha en direkt inverkan genom att rötter utvecklas över tid vilket förändrar porsammansättningen i substratet samt en ökning av det organiska innehållet (Czemieli Berndtsson 2009).

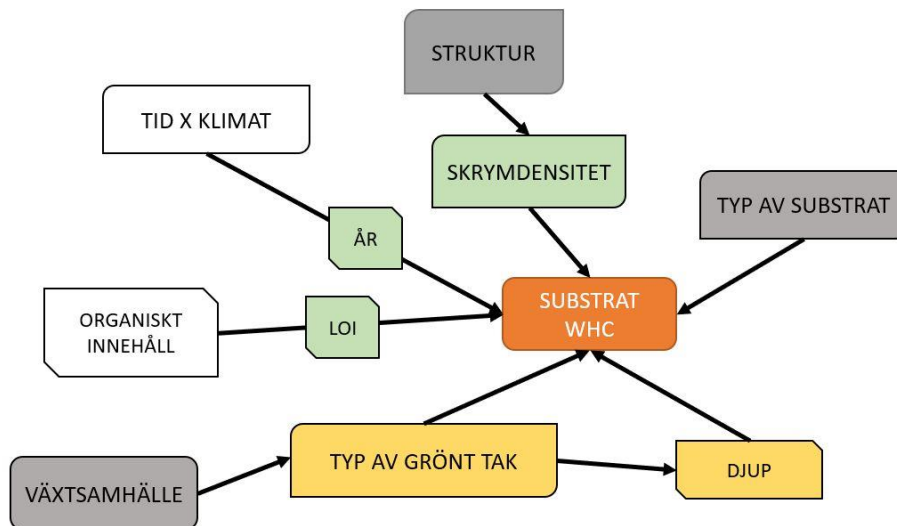
Organiskt material har en positiv påverkan på den vattenhållande förmågan i substratet (Petterson Skog et al. 2021). Speak, Rothwell, Lindley och Smith (2013) menar att högre organiska innehåll i substratet leder till försenad avrinning från taket i fråga, då en större del vatten tas upp i substratet innan avrinningen börjar. Det är dock skillnader i egenskaperna för de olika organiska materialen man tillsätter i substraten, dels i nedbrytningstid, dels hur den påverkare den

vattenhållande förmågan. Torv har en hög vattenhållande förmåga under en långtid, men har svårt att återfå denna förmåga om den blir för torr. Kompost har en mindre effekt fast även den förbättrar den vattenhållande förmågan utan att ha samma känslighet att återfå den vid torra (Ampin, Sloan, Cabrera, Harp & Jaber 2010).

De olika faktorerna som kan tänkas påverka den vattenhållande förmågan har sammanfattats i en konceptuellfiguren (figur 3).

## 2.3. Konceptuellfigur

### KONCEPTUELLFIGUR – VATTENHÅLLANDE FÖRMÅGA (WHC) I SUBSTRAT



Figur 3. Konceptuellfigur över faktorer som påverkar den vattenhållande förmågan.

Konceptuell figur över faktorer som kan tänkas påverka den vattenhållande förmågan. Denna modell har legat till grund för hur detta arbete har utformats samt vilken data som finns om de olika gröna taken. De grönmarkerade boxarna är faktorer som ingår i modellen för den vattenhållande förmågan. De gula boxarna är faktorer som inte visade sig vara signifikanta för den vattenhållande förmågan. En del av strukturen på substratet kan förklaras med Skrymdensitet (BD). Dock finns ingen data gällande typ av substrat som användes på de olika taken, men det tros ha en stor roll för den vattenhållande förmågan.

Tid X Klimat, ålder finns med i data för projektet och kommer att vara med i analyserna. Klimatet anses vara likvärdigt för alla taken, även om det finns variationer beroende på var de är placerade i form av möjliga skillnader gällande mikroklimatet.

## 3. Material och metod

### 3.1. Material

Data som denna undersökning baserar sig på består av 31 gröna tak i Helsingfors, Finland. Substratproverna togs under månaderna juli och augusti 2021 av ett forskarteam från Green Roof Aging Project. Taken som ingår i denna studie har varit en del av en tidigare studie utförd av Gabrych, Kotze & Lehvävirta (2016) där kriterierna för taken var att de inte fick vara närmare mark än 1meter och maximal lutning på de gröna taken fick inte överstiga 14°. Vid den tidigare studien så undersöktes inte den vattenhållande förmågan.

Varje grönt tak delades in i åtta jämlika fyrkanter, där ett slumpmässigt prov togs från varje fyrkant. Provtagningen utfördes genom att föra en metalcylder ( $\varnothing=7,25\text{cm}$   $h=10\text{cm}$ ) ner i substratet till slutet av substratet eller max 10 cm beroende på djupet av det gröna taket. Cylindern lades efter provtagningen i en fryspåse som märktes med ett tak-ID och provtagningsdatum samt nummer på fyrkanten den var tagen ifrån och förvarades i kylbox.



*Figur 4. Provtagning med metallcylinder. Foto: Green Roof Aging Project.*



*Figur 5. Prov från metallcylinder. Foto: Green Roof Aging Project.*

Proverna sorterades sedan in i två olika kategorier A och B, A=jämna nummer, B=ojämna nummer. Materialet i proverna sorterades ut i följande fem kategorier:

1. Biomassa av kärlväxter ovan jord.
2. Biomassa under jord
3. Mossa och lavar
4. Grovt substrat  $\geq 6,3\text{mm}$
5. Fint substrat  $< 6,3\text{mm}$



*Figur 6. Sortering av material från prov på grönt tak. Foto: Green Roof Aging Project.*

Varje kategori vägdes in för att sedan torkas i  $60^{\circ}\text{C}$  i ca 48h eller tills ingen viktreduktion längre kunde registreras (ej mindre än 24h), Då vägdes varje kategori igen och fick benämningen torrsvikt (DW) Därefter förvarades substratet i en folieform med lock. Proverna transporterades med bil till SLU, Alnarp.

### 3.1.1. Vattenhållande förmåga -test

Vattenhållandeförmåga (WHC) är den mängd vatten (%) viktbaserat som substratet har efter att ha fått dränera fritt i 24h i en sluten miljö för att motverka evaporation. Metoden som har använts i denna studie baserar sig på Mitchell, Emilsson & Buffam (2021), där man får en relativ fältkapacitet baserat på gravitation. Det ska understrykas att denna metod inte simulerar den vattenhållande förmågan på taken i fält. Utan att denna metod används för att jämföra de olika substratproverna.

Detta utfördes genom att varje A och B prov från taket testades tre gånger där en standardavvikelse på  $\leq 10\%$  tilläts mellan de tre proverna, för att säkerställa att de var vetenskapligt säkra (Robertson, Coleman, Bledsoe & Sollins 1999).

Varje testomgång utfördes enligt följande:

-Dag 1

Grovt och fint substrat blandades samman igen (se kapitel 3.1 material) och sedan placerades folieboxarna i en ugn på 60grader och fick torka till nästföljande dag, för att säkerställa att ingen fukt fanns kvar i substraten.

-Dag 2

Kaffefilter märktes med ett nummer för varje prov och varje kaffefilter vägdes först tomma för att sedan fyllas med ca 20g av substrat (vikten för varje prov registrerades i Excel) och toppen av kaffefiltret förslöts med gummiband.

Proverna placerades sedan på en provrörsställning i en container som fylldes med vatten tills proverna var dränkta. Containern förslöts sedan med ett lock. Tioprover vid varje provtillfälle bestod av tomma prover, för att ge ett medelvärde på vikten av vått kaffefilter.

-Dag 3

Efter 24h så tömdes container på vatten och proverna fick sedan dränera fritt i 24h i containern med lock på för att motverka evaporation.



Figur 7. Substrat prover som dränerar fritt. Foto: Green Roof Aging Project.

-Dag 4

Samtliga prover vägdes. Före vägning avlägsnades gummibandet, vikten för vått kaffefilter drogs av (baserat på medelvärdet av de tio tomma proverna) Så länge proverna befann sig i containern behölls locket på för att motverka avdunstning.

Formel som användes för den vattenhållande förmågan:

$$WHC (\%) = (WW - DW) \div DW \times 100$$

WW=våtvikt

DW = torrsvikt

Sammanlagt utfördes detta tre gånger (tredje omgången var prover som vid första provomgång hade >10% i standardavvikelse) Detta utfördes under höst/vinter 2021, på SLU, Alnarp av mig med hjälp av forskningsassistent Ronja Zellmer.

### 3.1.2. Loss on ignition

Loss on Ignition (LOI), glödförlust är en analys som utförs för att få en uppskattning av det organiska innehållet. Där förbränningen av organiskt material börjar runt 200°C och förbränningen av det organiska innehållet slutar vid 550°C (Dean, 1974).



Först så värms ett prov av substratet till 105°C. Sedan vägs det och dess vikt benämns som torrsvikt ( $DW^{105}$ ) sedan värms substratet till 550°C och vägs igen ( $DW^{550}$ ).

$$LOI^{550} = ((DW^{105} - DW^{550}) / DW^{105}) * 100$$

Vilket resulterar i en procentsats baserat på vikt av det organiska materialet i substratprovet.

### 3.1.3. Skrymdensitet

Skrymdensitet (BD) är förhållande mellan den totala massan och den totala volymen ( $g/cm^3$ ). Det kan förklaras som en indikator för kompaktionen av en massa, det vill även säga strukturen på massan i fråga, förhållandet mellan partiklar och porer. Hög skrymdensitet är en indikator på låg porositet och kompaktion.

Proverna togs med en metallcylinder ( $\varnothing=7,25cm$ ), för hur proverna togs se punkt 3.1 Material.

$$BD \text{ g/cm}^3 = \text{torrsvikt (DW) av substrat (g) / Volym av substrat (cm}^3\text{)}$$

## 4. Analys

### 4.1. Data för analys

		TYP AV GRÖNT TAK		REFERENSPROVER		
		SMR (n=18)	MER (n=13)	RS (n=2)	RM (n=2)	R.Sub (n=2)
Ålder (år)	Mean	11	22	-	-	-
	(Min-max)	(1-20)	(4-51)	-	-	-
WHC (%)	Mean	47	62	101	30	30
	(Min-Max)	(29-75)	(30-123)	(81-122)	(27-34)	(28-32)
LOI (%)	Mean	8	9	25	3	6
	(Min-Max)	(4-17)	(6-21)	(17-32)	(3-4)	(6-7)
Substratdjup (cm)	Mean	3	14	3	>10	10
	(Min-Max)	(1-5)	(7-24)	(2-3)	-	-
BD (g/cm <sup>3</sup> )	Mean	0,74	0,61	0,58	1,14	0,88
	(Min-Max)	(0,38-1,21)	(0,44-,083)	(0,47-0,69)	(1,04-1,25)	(0,88-0,89)

Tabell 1. Översikt över substratproverna som har analyserats. SMR (Sedum-, mosstak) MER (ängstak) RS (referensjord sedum) RM (referensjord äng) R.Sub (referenssubstrat)

Klassificeringen av taken sedum- mosstak (SMR) och ängstak (MER), bygger på växtligheten på taken. SMR består av sedum och eller mossa där andra arter utöver dessa fick utgöra max 2%. För att klassificeras som MER så skulle procentandelen av övriga arter vara  $\geq 3\%$  (Gabrych, Kotze & Lehvavirta. 2016). SMR kategorin har ett substratdjup på 1-5cm och MER 7-24cm, därav behålls kategorierna även för denna studie. RM >10cm, då cylindern provet togs med hade ett max djup på 10cm. Ålder (år) är beräknad ålder för år 2021, då proverna från taken samlades in. För data på varje enskilt tak se: Bilaga 1.

## 4.2. Genomförande av analys

Multipel linjär regression har använts i programmet IBM SPSS Statistics ver: 28.0.1.0. Funktionen Stepwise användes med kriteriet för signifikans  $<0,05$ . Vattenhållande förmåga (WHC %) användes som beroende variabel. Variabler som undersöktes som oberoende är: Ålder på grönt tak (baserat på år 2021), substratdjup (cm), BD ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ), LOI (%) och Typ av grönt tak (SMR/MER) där SMR=0 och MER=1.

Alla variabler var inlagda som Typ: percentil eller numerär och Mått. Var: skala förutom typ av grönt tak som var inlagd som nominal. Värdena för WHC, BD och LOI baserar sig på medelvärdet av A+B provet för varje grönt tak.

Typ av grönt tak och djup hade en hög korrelation (pearson correlation = 0,836). Då ingen av dessa variabler enskilt kunde möta kriteriet för signifikans  $<0,05$  i den multipla linjära regressionen, behövdes inget val göras för vilken variabel som skulle uteslutas från analysen. Alla variabler som platsade i den linjära regressionen kontrollerades för multikollinearitet genom variance inflation factor (VIF) där inget värde översteg 1,319.

## 5. Resultat

### 5.1. Vattenhållandeförmåga i substrat



Figur 8. Vattenhållande förmågan över samtliga gröna tak (n=31). Sorterat från lägst till högst vattenhållande förmåga. Färg indikerar taktyp (SMR/MER). Namnen på taken är förkortningar för vilken gatuadress de står på.

Vattenhållande förmågan inom respektive takgrupp varierar för SMR där Vuos 1 har den lägsta vattenhållande förmågan (29%) och Raku1 har den högsta (75%), medelvärdet för SMR är 47% (Tabell 1). Taken vilka klassificerades som MER har GOGW, det lägsta värdet (30%) och West1 det högsta (123%). Medelvärdet för MER tak är 62% (Tabell 1).

### 5.1.1. Faktorer som påverkar den vattenhållande förmågan

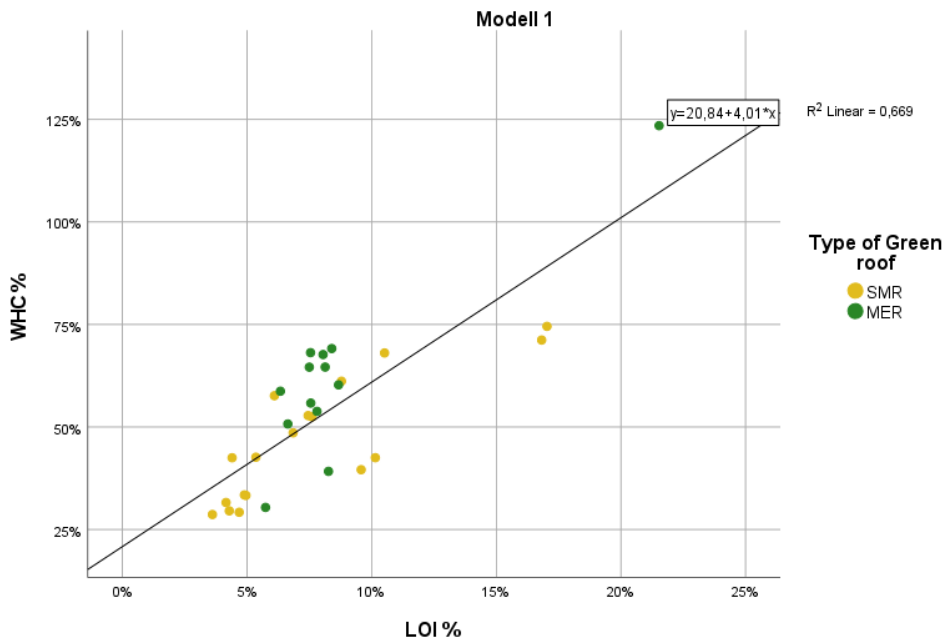
Analysen som utfördes i SPSS ledde fram till Tabell 2, som presenteras nedan. De tre variabler som de tre olika modellerna utgörs av är LOI som står för det organiska innehållet i substrat, Ålder som är baserat på hur många år taket har funnits på plats och BD är skrymdensiteten.

Modell	(1)	(2)	(3)
LOI	4,010** (0,524)	3,657** (0,391)	3,207** (0,410)
Ålder		0,764** (0,150)	0,776** (0,140)
BD			-17,457* (7,412)
Intercept	20,842** (4,010)	12,004** (3,853)	27,478** (7,479)
N	31	31	31
R <sup>2</sup> (justerat)	0,657	0,815	0,841

\*p < 0,05, \*\*p < 0,001

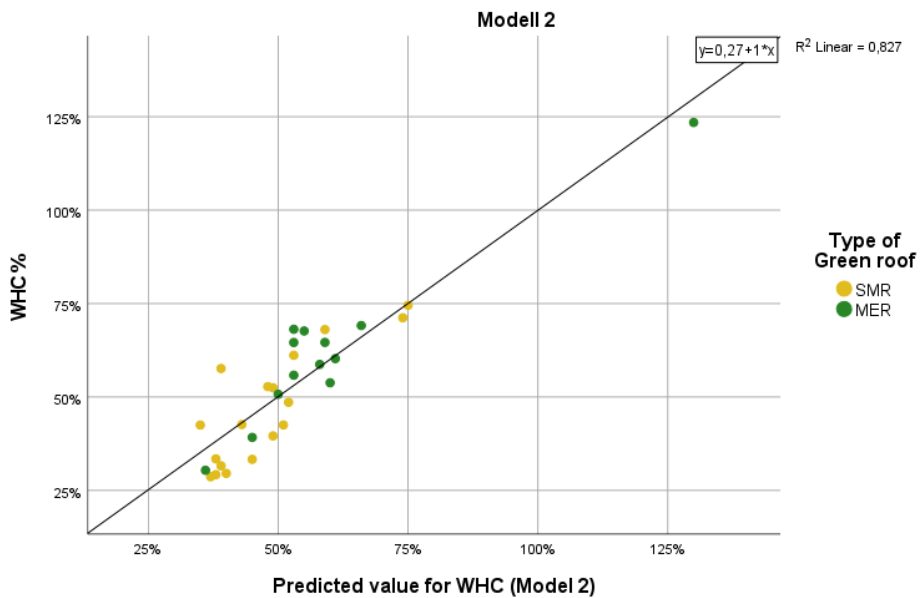
Tabell 2. Faktorer som påverkar den vattenhållande förmågan i substraten på de gröna taken. Ostandardiserade b-koefficienter, standardfel inom parentes.

Den variabel som hade starkast förklarande värde av den vattenhållande förmågan var LOI, dock så har de mer komplexa modellerna som inkluderar två till tre variabler en ännu starkare förklaring till den vattenhållande förmågan (Tabell 2). Modell 3 bestående av LOI, ålder, BD är den modell som har störst förklaring på den vattenhållandeförmågan, justerat r<sup>2</sup> 0,841. Variabler som inte var signifikanta för modellen var typ av grönt tak och djup på substratet.



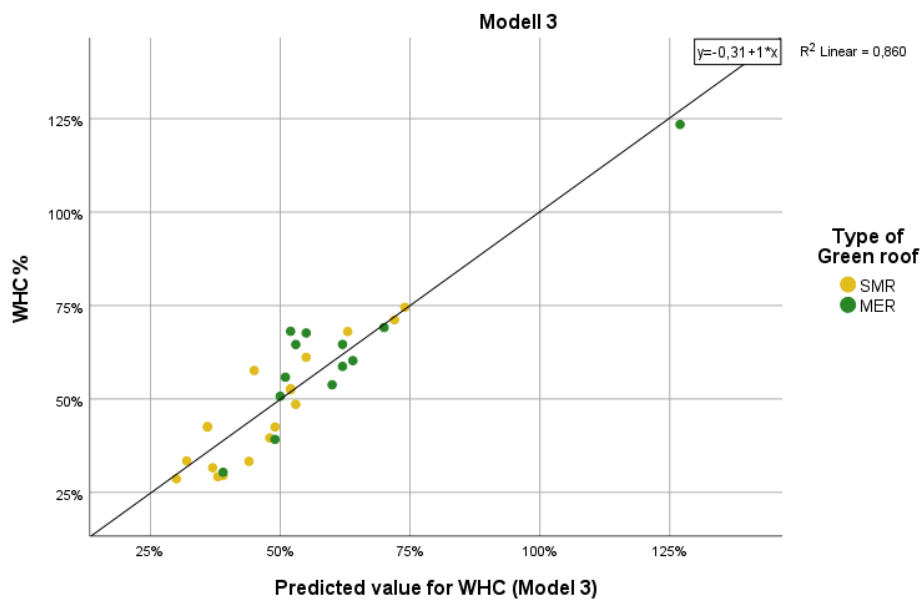
Figur 9. Diagram för Modell 1.

I denna modell används LOI som oberoendevariabel. R<sup>2</sup> 0,669. 95% intervall för ostandardiserade b-koefficienten, LOI: 2,938–5,082



Figur 10. Diagram för Modell 2.

Oberoende variabler LOI och Ålder. R<sup>2</sup> 0,827. 95% intervall för ostandardiserade b-koefficienterna: LOI: 2,856 – 4,458 och Ålder: 0,456-1,072.



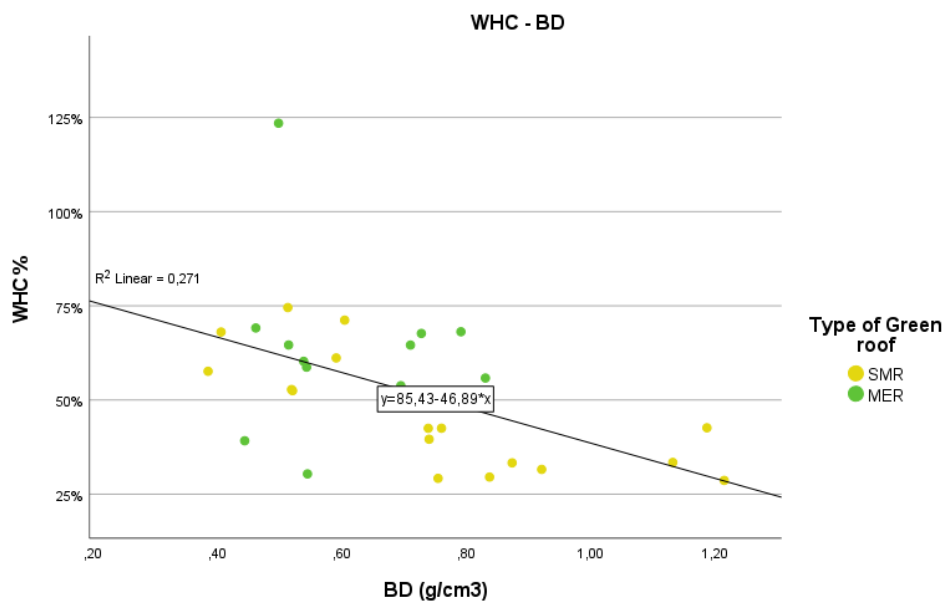
Figur 11. Diagram för Modell 3

Oberoende variabler LOI, Ålder och BD.  $R^2$  0,860. 95% intervall för ostandardiserade b-koefficienterna: LOI: 2,367 - 4,048, Ålder: 0,456 - 1,072 och BD -32,665 - -2,250.

I modellerna som presenterats ovan förändrar sig påverkningsgraden av de enskilda variablerna gentemot varandra, nedan presenteras två diagram där man kan se hur ålder respektive BD förhåller sig i direkt förhållande mot den vattenhållande förmågan. För LOI se (Figur 9).



Figur 12. WHC – Ålder:  $p$  0,002.



Figur 13. WHC-BD:  $p$  0,003.

Gällande skrymdensitet (BD) så minskar den vattenhållande förmågan med ökande värde av BD.



### 5.1.2. Extremvärde

Det finns ett tak som kan anses vara ett extremvärde i analysen och det är West 1, som presenteras i: Figur 8, där samtliga tak är med. West 1 avviker inte bara i den högsta vattenhållande förmågan utan är också det äldsta taket (51år) samt är även det tak med högst organiskt material (22%), se bilaga 1 för jämförelse. Modellen har även analyserats utan West 1. LOI, Ålder och BD var då fortfarande signifikanta, i den starkaste modellen (modell 3) minskade justerat  $r^2$  till 0,719. För komplett modell se: Bilaga 2.

## 6. Resultat diskussion

I resultatet kan man se att organiskt material tillsammans med ålder på de gröna taken samt skrymdensiteten för substratet kan förklara 84% av den vattenhållande förmågan i substraten. Vidare så visade det sig att varken vilken typ av grönt tak (sedum- eller ängstak) eller djupet på substratet var relevant för den vattenhållande förmågan i substratet.

När samma analys gjordes utan extremvärdet West 1 (bilaga 2) var fortfarande samma variabler relevanta för att förklara den vattenhållande förmågan.

### 6.1.1. Organiskt material

Organiskt innehåll i ett substrat är föränderligt då det hela tiden sker en nedbrytning och nytt material tillkommer, de gröna taken i studien hade ett medelvärde för det organiska materialet på 8-9%. Att det har en betydande effekt på den vattenhållande förmågan i substratet råder det en stark konsensus kring, vilket denna och även tidigare studier om gröna taks vattenhållande förmåga visar på (Speak et al. 2013; Czemieli Berndtsson 2009). Dock så finns det en variation av olika typer av organiska material som ger olika egenskaper (Ampin et al. 2010).

### 6.1.2. Ålder

Variabeln ålder (1-51år) hade en väldigt stark påverkan på den vattenhållande förmågan. Vilket innebär att något eller några olika faktorer påverkar substratet över tid. Klimatets roll som substratet blir utsatt för över tid kan spela en roll här vilket styrks genom Bouzouidja et al. (2018) som menar att det finns en koppling mellan detta och att en biologisk aktivitet startar när ett nytt tak installeras, vilket leder till en differens mellan klimat och substrat, där en process startar som gör att sammansättningen förändras i substratet vilket borde påverka egenskaperna substratet får. Detta kan även kopplas till att substrat på ett grönt tak är utsatt för starkare klimatpåverkan vilket enligt Sére et al. (2010) leder till snabbare evolution av substrat på gröna tak.

Bouzoidja et al. (2018) fann att fördelningen mellan porstorlekar förändrades över tid (4år). Det skulle dels kunna bero på att substrat försvinner genom regn och vind, dels bero på att substratet biologiskt bryts ner, då vissa tillsatta material bryts ner fortare än andra i små fraktioner (De-ville, Meon, Jia, Reed & Stovin 2017), denna nya fördelning av porsammansättning över tid skulle kunna leda till en ökad vattenhållande effekt.

Vidare så kan rent konstruktionsmässiga egenskaper och olika typer av substrat ha olika effekt. Eftersom det är en bransch i utveckling där nya sammansättningar av substrat kommer ut i konstruktioner av gröna tak, så kan det ha förändrats i relation till åldern på de gröna taken som ingår i studien.

Ålder kan vara en nämnare för många olika saker gällande gröna tak, dock-finns det en väldigt begränsad del av forskningen som tar upp den rådande utvecklingen av substrat över en längre tid på gröna tak i relation till den vattenhållande förmågan (Czemiel Berndtsson 2009).

### 6.1.3. Skrymdensitet

Skrymdensiteten (BD) var den variabel som hade minst inverkan på den vattenhållande förmågan, men den stärker ändå studiens totala resultat avseende den vattenhållande förmågan. Med andra ord, utifrån ett minskande värde hade skrymseldensiteten en positiveffekt på den vattenhållande förmågan i substratet. Vilket inte är så underligt då ökande värden avseende det enskilda substratet i fråga kan vara ett tecken på minskad porositet och ökad kompaktion.

Det ska dock kritiskt tas i beaktning kring detta värde att varje typ av substrat har sitt eget normalvärde gällande BD, vilket gör det svårt att dra några specifika slutsatser kring detta.

### 6.1.4. Typ av grönt tak och djup på substrat

Ingen av dessa ovanstående variabler platsade i modellen för den vattenhållande förmågan. Detta var något som inte hade förutsetts kring idén om vilka variabler som har påverkan på den vattenhållande förmågan (Figur 3). Att faktorerna däremot delvis kan förklaras med hjälp av varandra finns med i tanken kring att ta med dem i analysen.

Djup på substrat har enligt Czemieli Berndtsson (2009) en effekt på den vattenhållande förmågan. Det finns fortfarande grunder för att det också kan vara så, men inte utifrån hur denna studie är genomförd gällande mätbarheter. Hade man exempelvis räknat på hur mycket vatten det gröna taket hade kunnat hålla i kubik så skulle djupet på substratet vara av betydelse.

Vidare så fanns det tankar i studien gällande typen av grönt tak där man även har ett annat växtmaterial, vilket i sin tur skulle kunna medföra olika typer av rötter, som skulle påverka substratsammansättningen och eventuellt substratet som användes i dessa tak.

## 7. Metoddiskussion

Den vattenhållande förmågan baseras på substrat som har blivit frångått sin naturliga miljö där även växter och fukten i substratet har en påverkan. Substratet har även blivit uppdelat i två olika fraktioner för att sedan blivit ihop sorterade igen för att efterlikna den ursprungliga sammansättningen som den existerade på det gröna taket på plats. Därför kan det inte ses som en exakt vattenhållande förmåga som substratet har på plats i ett grönt tak.

Däremot så ger det en fingervisning om hur mycket vatten substratet klarar att hålla samt gör det möjligt att testa ett stort antal olika gröna tak. Vilket gör att det går att få en större övergripande och mer komplex förståelse av hur den vattenhållande förmågan gällande dessa typer av tak är beskaffade.

## 8. Vidare studier

Rent generellt så behövs fler studier som behandlar aspekten vad som sker i substrat på gröna tak i förhållande till vattenhållande förmågan över tid. Det finns några olika upptäckter och teorier men ingen enighet kring detta, då det finns för få studier som kan ge en samlad bild och evidens.

Vidare så hade det varit intressant att fortsätta följa de gröna taken som har varit en del av denna studie över en längre tidsperiod, för att studera och upptäcka hur dessa tak fungerar. De studier som finns sträcker sig ofta över en kortare tidsperiod (Czemieli Berndtsson 2009), och inrymmer bara en bråkdel av de data som går att införskaffa utifrån den förväntade livslängden på ett grönt tak.

## 9. Avslutande diskussion

En ökad kunskap kring området om vilka aspekter som är de viktigaste för den vattenhållande förmågan och hur de förhåller sig över tid är essentiell för att utveckla och förbättra gröna tak, vilket skulle kunna leda till mer hållbara tak över tid. Enligt resultaten från denna studie så ökade den vattenhållande förmågan med ålder på taket, vilket leder till att vissa ekosystemtjänster ökar över tid. Det leder till att substratet blir effektivare på att fördröja dagvatten och även att motverka värmeöar, genom evaporation från substraten (Oberndorfer et al. 2007).

Vi lever i ett klimat som är under förändring och där vikten av att kunna ta höjd för framtiden är av yttersta vikt, där ingår även att ha en bred kunskap om gröna tak. De fyller en allt viktigare funktion när städer förtätas genom att vara en del i dagvattenhanteringen och bidra till ett habitat för växter och pollinerare och inte minst för hälsan, för oss människor.

Utan en tillräcklig vattenhållandeförmåga i substrat på gröna tak skulle det inte finnas möjlighet för ett levande grönt tak över tid.



*Figur 14. Sedumtak. Foto: Green Roof Aging Project.*

## 10. Konklusion

Resultaten från denna studie visade att den vattenhållande förmågan i substraten påverkades genom följande:

- Organiskt material: Den vattenhållande förmågan ökade i takt med ökande organisk halt.
- Skrymdensitet: Högre värden på skrymdensitet minskade den vattenhållande förmågan.
- Ålder: Äldre tak hade en högre vattenhållande förmåga.

Man kunde i studien inte se något samband mellan de ovan nämnda faktorerna.



## Referenser

- Ampin, P. A.Y. Sloan, J. J. Cabrera, R.I. Harp, D.A. Jaber, F.H. (2010). *Green Roof Growing Substrates: Types, Ingredients, Composition and Properties*. Journal of Environmental Horticulture. 28(4): 244-252.
- Ashman, M. R. & Puri, G. (2002). *Essential soil science: a clear and concise introduction to soil science*. Oxford: Blackwell publishing.
- Bengtsson, L. Grahn, L. Olsson, J. (2005). *Hydrological function of a thin extensive green roof in southern Sweden*. Nordic Hydrology. 36(3): 259-268.
- Bouzoidja, R. Rousseau, G. Galzin, V. Claverie, R. Lacroix, D. Sére, G. (2018). *Green roof ageing or Isolatic Tecnosol's pedogenesis?* Journal of Soil Sediments 18: 418-425. <http://dx.doi.org/10.1007/s11368-016-1513-3>
- Boverket. (2020). Grönytefaktor - räkna med ekosystemtjänster. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/PBLkunskapsbanken/teman/ekosystemtjanster/verktyg/gronytefaktor> [2022-03-15]
- Czemiel Berndtsson, J. (2009). *Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review*. Ecological Engineering 36 (2010) 351–360. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2009.12.014>
- Dean, W. E. Jr. (1974). *Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: Comparison with other methods*. Journal of Sedimentary petrology 44(1): 242–248.
- De-Ville, S. Menon, M. Jia, X. Reed, G. Stovin, V. (2017). *The impact of green roof aging on substrate characteristics and hydrological performance*. Journal of hydrology. 547, 332-344. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.02.006>
- FLL. (2018). *Green Roofing Guideline -Guidelines for the Planning, Construction and Maintenance of Green Roofing*. Bonn: Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau.

- Gabrych, M. Kotze, D.J., Lehvävirta, S. (2016) *Substrate depth and roof age strongly affect plant abundances on sedum-moss and meadow green roofs in Helsinki, Finland*. Ecological Engineering 86: 95-104.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.10.022>
- Mitchell, M. E. Emilsson, T. Buffam, I. (2021). *Carbon, nitrogen, and phosphorus variation along a green roof chronosequence: Implications for green roof ecosystem development*. Ecological Engineering 164: 1062011. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106211>
- Oberndorfer, E. Lundholm, J. Bass, B. Coffman, R, R. Doshi, H. Dunnet, N. Gaffin, S. Köhler, M. Lui, K, K, Y. & Rowe, B. (2007). *Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services*. Bioscience, 57(10): 823-833. <https://doi.org/10.1641/B571005>
- Pettersson Skog, A. Malmberg. J. Emilsson, T. Jägerhök, T. Capener, C-M. (2021). *Grönatakhåndboken. Andra utgåvan*. Stockholm: Svensk byggtjänst.
- Robertson, G.P. Coleman, D.C. Bledsoe, C.S. Sollins, P. (1999). *Standard soil methods for long-term ecological research*. New York: Oxford University Press
- Scandinavian green roof institute (2022). Vad är ett grönt tak? Tillgänglig: <https://greenroof.se/om-grona-tak/> [2022-05-28]
- Séré G, Schwartz C, Ouvrard S et al (2010). *Early pedogenic evolution of constructed Technosol*. Journal of Soils Sediments 10:1246–1254.
- Speak, A, F. Rothwell, J, J. Lindley, S, J. Smith, C, L. (2013). *Rainwater runoff retention on an aged intensive green roof*. Science of the Total Environment 461-462: 28-38.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.04.085>

## Bilaga 1: Data som ingick i analysen

Roof ID	Age (2021)	Type of Green Roof	Depth (cm)	Water holding Capacity	Bulk Density (g/cm <sup>3</sup> )	LOI
West1	51	MER	7	123%	0,50	22%
Raku1	1	SMR	5	75%	0,51	17%
Raku2	1	SMR	5	71%	0,60	17%
Pron2	30	MER	12	69%	0,46	8%
Vers1	18	MER	24	68%	0,79	8%
Kork1	11	SMR	3	68%	0,41	11%
Vers4	18	MER	17	68%	0,73	8%
Maak2	23	MER	11	65%	0,51	8%
Vers2	18	MER	22	65%	0,71	7%
Teht2	12	SMR	2	61%	0,59	9%
Maak1	23	MER	10	60%	0,54	9%
Pron1	30	MER	15	59%	0,54	6%
DIXI	6	SMR	3	58%	0,38	6%
Vers6	18	MER	7	56%	0,83	8%
Hels1	25	MER	10	54%	0,69	8%
Pari1	12	SMR	2	53%	0,52	7%
Teht1	12	SMR	2	52%	0,52	8%
Vers7	18	MER	7	51%	0,71	7%
Lepp7	20	SMR	3	49%	0,67	7%
Vuos5	15	SMR	2	43%	1,19	5%
Keel1	3	SMR	5	43%	0,76	10%
Lau1	9	SMR	4	43%	0,74	4%
Keel2	3	SMR	5	40%	0,74	10%
GOGE	4	MER	21	39%	0,44	8%
Koti3	11	SMR	1	33%	1,13	5%
Lepp6	20	SMR	2	33%	0,87	5%
Lepp5	16	SMR	2	32%	0,92	4%
GOGW	4	MER	21	30%	0,54	6%
Lepp3	16	SMR	2	30%	0,84	4%
Koti1	11	SMR	2	29%	0,75	5%
Vuos1	15	SMR	2	29%	1,21	4%

## Bilaga 2: Faktorer som påverkar den vattenhållande förmågan (utan West1)

Modell	(1)	(2)	(3)
LOI	3,206** (0,645)	4,159** (0,529)	3,584** (0,572)
Ålder		0,962** (0,206)	0,906** (0,197)
BD			-15,789* (7,633)
Intercept	26,404** (5,283)	5,598** (5,990)	21,743** (9,639)
N	30	30	30
R <sup>2</sup> (justerat)	0,450	0,684	0,719

\*p < 0,05, \*\*p < 0,001

Tabell 3. Faktorer som påverkar den vattenhållande förmågan i substraten på de gröna taken (utan West1) Ostandardiserade b-koefficienter, standardfel inom parentes.