



CHALMERS



Går det att minska klimatpåverkan med nya energiförsörjningssystem?

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik*

Elin Wiksfors
Johan Främberg

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för Byggnadsteknologi
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, 2020

EXAMENSARBETE ACEX20

Går det att minska klimatpåverkan med nya energiförsörjningssystem?

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik*

Elin Wiksfors
Johan Främberg

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för Byggnadsteknologi
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2020

Går det att minska klimatpåverkan med nya energiförsörjningssystem?

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

Elin Wiksfors

Johan Främberg

© ELIN WIKSFORS, JOHAN FRÄMBERG, 2020

Examensarbete ACEX20

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Chalmers tekniska högskola 2020

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Byggnadsteknologi

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Telefon: 031-772 10 00

Omslag: Flygfoto över Riksbyggens Brf Viva på Guldheden i Göteborg, taget av Ulf Celander 2018. Bilden visar fyra huskroppar i betong till viss del klädda i träpanel med solceller på taket även en del av området Johanneberg, Göteborg syns på bilden. (Hämtad 2020-04-15).

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Göteborg 2020

Förord

Detta examensarbete har gjorts tillsammans med Riksbyggen och utgörs av en undersökning av hur Riksbyggen som fastighetsutvecklare med redan befintliga samt nya energilösningar kan verka för att minska den enskilda individens klimatpåverkan.

Detta arbete är utformat som en utredning med information från intervjuer, möten, hemsidor samt artiklar. Arbetet är utfört från januari till maj 2020 och är den avslutande delen på kandidatprogrammet för samhällsbyggnadsteknik på Chalmers Tekniska Högskola. Arbetet omfattar 15 högskolepoäng.

Vi vill rikta ett extra stort tack till vår handledare Matilda Kjellander, biträdande projektledare på Riksbyggen, som varit till stor hjälp under hela arbetets gång och kommit med förslag och idéer som hjälpt oss att driva arbetet framåt.

Vi vill även tacka vår handledare och examinator Pär Johansson som tog sig an uppdraget med väldigt kort varsel då vår ordinarie examinator fick personliga förhinder.

Göteborg, maj 2020
Elin Wiksfors
Johan Främberg

Går det att minska klimatpåverkan med nya energiförsörjningssystem?

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

Elin Wiksfors

Johan Främberg

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Byggnadsteknologi

Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Detta examensarbete är gjort i samarbete med Riksbyggen och med avstamp från deras prisbelönta projekt BRF Viva beläget i området Guldheden i Göteborg tillsammans med Johanneberg Science Parks och Göteborgs Stads projekt Fossil Free Energy Districts samt Akademiska Hus A Working Lab, har uppgiften att undersöka och kartlägga hur innovativa energisystemlösningar inom byggbranschen kan reducera den enskilda individens klimatpåverkan.

Idag står klimatfrågan högt på agendan och efterfrågan på nya innovativa lösningar som främjar vårt klimat är större än någonsin. Då jordens befolkning ständigt ökar och därmed även bostadsbehovet, ställer det höga krav på byggbranschen i frågan om hållbarhet. Detta tillsammans med strävan efter att enbart försörja sig på förnyelsebara energikällor samt kraven detta ställer på våra energisystemlösningar och lagringsmetoder redovisas och diskuteras i denna rapport. Därefter presenteras redan beprövade energiförsörjningslösningar och fördelar, nackdelar samt svårigheter med dem diskuteras och utreds.

Arbetets syfte är mer specifikt att undersöka hur fastighets- och bostadsutvecklare i framtiden, i sina kommande projekt, kan vara med och driva utvecklingen framåt mot ett mer hållbart samhälle för oss och för kommande generationer, genom att eftersträva utveckling av energiförsörjningssystem som möjliggör användandet av förnyelsebara energikällor i ännu större utsträckning än idag.

Nyckelord: Klimatpåverkan, hållbart byggande, fastighets- och bostadsutveckling, förnyelsebara energikällor, nytänkande energisystemlösningar.

Is it possible to reduce climate impact with new energy supply systems?

Degree Project in the Engineering Programme

Civil and Environmental Engineering

Elin Wiksfors

Johan Främberg

Department of Architecture and Civil Engineering

Division of Building technology

Chalmers University of Technology

ABSTRACT

This degree project is written together with Riksbyggen and the work began with inspiration from their award-winning housing project Brf Viva located in the area of Guldheden in Gothenburg, together with Johannesburg Science Parks's and Göteborgs Stads project Fossil Free Energy Districts and Akademiska Hus A Working Lab. With insight into these projects the task of how to reduce climate impact of an individual, in this case a resident of Gothenburg.

Today questions regarding the impending climate change are of great interest and the demand for new innovative solutions to counter climate change is greater than ever. The population of the Earth is constantly increasing and because of that also the demand for housing. Together with the endeavor to rely entirely on renewable energy sources, the demands that this places on our energy system solutions and the possibility of storage of energy is presented and discussed in this report. Thereafter benefits and difficulties with already tested energy system solutions are investigated and discussed.

More specific the aim is to investigate how real estate developers and housing developers with their future upcoming projects can be a part of driving the development forward towards a more sustainable society for us and future generations by striving for the development of energy supply systems that enable the use of renewable energy sources to a greater extent than today.

Keywords: Climate impact, sustainable building, real estate and housing development, renewable energy sources, innovative energy system solutions.

Innehåll

Förord	I
SAMMANFATTNING	III
ABSTRACT	IV
1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Problemformuleringar	1
1.4 Avgränsningar	1
1.5 Metod	2
1.6 Läsanvisningar	2
2 Teoretisk bakgrund	3
2.1 Göteborgarens klimatpåverkan	3
2.2 Energikällor	3
2.3 Göteborgs Stads energisystem	4
2.4 Off-grid och mikronät	5
2.5 Lagra energi	6
2.5.1 Olika sätt att lagra energi	7
2.5.2 Lagring med hjälp av byggnaders värmetröghet	8
2.6 Överskottsel	8
2.6.1 Solceller och gemensamhetsabonnemang	9
2.7 Miljöcertifiering av byggnader	9
3 Demonstrationsprojekt	11
3.1 Fossil Free Energy District	11
3.2 Positive Footprint Housing - Brf Viva	12
3.2.1 Bussbatterilager i källaren	13
3.2.2 Klimatsmart Betong	14
3.2.3 Energisystem i Viva	14
3.3 A Working Lab	14

4 Idéer att utveckla	16
5 Slutdiskussion	18
6 Referenser	20
6.1 Muntliga källor	24

1 Inledning

De massiva utsläppen av växthusgaser orsakade av oss människor har lett oss till det kritiska läge som världen befinner sig i idag. Befolkningsmängden ökar ständigt och bostadsbehovet växer därefter. Det medför att ett stort ansvar läggs på byggbranschen gällande uppförandet av nya byggnader sett ur ett hållbarhetsperspektiv. Det råder ingen tvekan om att det som kan göras bör göras för att minska vår klimatpåverkan och därmed försöka skapa en hållbar framtid för oss och kommande generationer.

1.1 Bakgrund

Prognosen för Sveriges befolkningsmängd enligt Statistiska Centralbyrån (SCB, 2020) visar på en stadig ökning, från dagens omkring 10 415 000 invånare beräknas vi 2050 att vara knappt 12 miljoner. Denna ökning medför att fler bostäder kommer att krävas och enligt Boverket (2020) uppskattas det att cirka 600 000 nya bostäder behöver byggas till 2025. Byggbranschen ansvarar för hur våra städer ser ut och kommer att se ut i framtiden, detta medför ett stort ansvar gällande hur man väljer att bygga med hänsyn till rådande klimatsituation. Enligt Boverket (2017) stod bygg- och fastighetsbranschen 2017 för cirka 19 procent av Sveriges totala utsläpp av växthusgaser, vilket omräknat till koldioxidekvivalenter motsvarar cirka 12,2 miljoner ton. Enligt Fossilfritt Sverige (2019), i färdplanen för bygg- och anläggningsbranschen vill man 2045 ha uppnått nettonollutsläpp av växthusgaser. För att uppnå detta kommer nya innovativa lösningar att krävas på hur man väljer att bygga för att främja en hållbar framtid.

1.2 Syfte

Syftet med arbetet är att utreda och diskutera hur val av energiförsörjningssystem i byggnader kan verka för att minska den enskilda individens, i detta fallet göteborgarens, klimatpåverkan. Vilka krav detta ställer på andra komponenter i byggnaden samt hur dessa skall samarbeta på ett förmånligt sätt, sett till klimatpåverkan. Därefter ska de olika lösningarna som presenterats i utredningen diskuteras med syftet att upplysa om möjliga energisystemlösningar inför framtida projekt.

1.3 Problemformuleringar

- På vilket sätt val av energiförsörjningssystem i byggnader kan minska den enskilda individens klimatpåverkan skall utredas.
- Utreda vilka svårigheter som uppkommer då man försöker att enbart försörja sig på förnyelsebar energi.
- Utreda på vilka sätt, hur och om man kan dra nytta av att en byggnad agerar både energiproducent samt konsument samt vilka krav det ställer på utformningen av byggnadens energisystem.

1.4 Avgränsningar

Utredningen tar avstamp från bostadsprojekten brf Viva av Riksbyggen, A Working Lab (AWL) ett kontorshus av Akademiska Hus samt Johanneberg Science Parks och Göteborgs Stads Fossil Free Energy Districts (FED) som är ett mindre energinät beläget på Chalmersområdet. Rapportens innehåll samt diskussion är inspirerad av klimatsmarta lösningar testade i ovanstående projekt samt undersökningar av andra innovativa lösningar. Fokus i rapporten läggs

främst på energianvändning och energilagring i form av både värme, kyla och el samt samverkan mellan olika byggnader som i viss utsträckning kan verka som energiproducenter.

1.5 Metod

För att förslag på framtida mer eller mindre möjliga klimatfrämjande lösningar skulle kunna tas fram krävdes det först att en bredare undersökning av redan befintliga projekt som brf Viva, AWL samt FED gjordes. Arbetet inleddes med presentationer och studiebesök i både brf Viva (2020-01-30) samt AWL (2019-11-27). Därefter togs arbetet vidare genom ett antal intervjuer med Matilda Kjellander, biträdande projektledare på Riksbyggen, Peter Selberg, forskningsstrateg inom Positive Footprint Housing på Riksbyggen och Mats Bergh, VD Johanneberg Science Park. En litteraturstudie baserad på artiklar och rapporter har gjorts där befintliga och teoretiskt möjliga energiförsörjningslösningar studerats.

Slutligen för att kunna skapa en slutdiskussion vägdes all information presenterad i rapporten samman. Redan beprövade, samt i framtiden teoretiskt möjliga lösningar har diskuterats för att väcka tankar och idéer som kan komma att bli aktuella i framtida byggnadsprojekt.

1.6 Läsanvisningar

Denna rapport läses i presenterad ordning med start på kapital ett. Nedan följer en kort sammanfattning om vad som presenteras i varje kapitel.

Kapitel 1. Här presenteras arbetet i sin helhet, bakgrund, vilka metoder som använts och vilka problemformuleringar som sedan kommer att besvaras senare i rapporten.

Kapitel 2. Här ges siffror på hur stor klimatpåverkan den genomsnittliga Göteborgaren står för samt hur val av energiförsörjningssystem kan hjälpa till att reducera denna. Detta kapitel berättar om Sveriges energikällor idag samt Göteborgs energisystem för att framhäva att det är göteborgarens klimatpåverkan som är i fokus. Möjligheterna att försörja sig på enbart förnyelsebar energi genom att ingå i mindre lokala energinät utreds och vilka krav det ställer på lagring av energi. Sedan presenteras vad man kan göra med den överskottsel från förnyelsebara energikällor som inte kan användas direkt och hur denna kan säljas tillbaka till elnätet samt vilka hinder som idag är i vägen för att bättre kunna utnyttja solel tas också upp här.

Kapitel 3. Här presenteras tre olika projekt som valt att ses som demonstrationsprojekt där intressanta energilösningar testats.

Kapitel 4. Detta kapitel innehåller något mer spekulativa metoder för framtida lagring av energi. En del metoder är långt ifrån användbara hittills medan andra är desto mer redan idag.

Kapitel 5. Slutdiskussion

Kapitel 6. Referenslista

Kapitel 7. Figurförteckning.

2 Teoretisk bakgrund

Den teoretiska bakgrunden grundar sig i ett flertal informationsundersökningar av faktorer som kan minska den enskilda individens klimatpåverkan, olika energikällor samt energiförsörjningssystem. Detta tillsammans med studiebesök på Brf Viva, Johannebergs Science Park och A Working Lab har inspirerat till arbetets riktning samt vad som valts att lägga mer vikt på.

2.1 Göteborgarens klimatpåverkan

För att kunna utreda hur en enskild individs klimatavtryck kan förändras genom att bygga bostäder som har lägre miljöbelastning krävdes en närmare undersökning av vilka aspekter som direkt går att påverka genom valen av bostäders utformning. Idag står vi inför stora utmaningar i frågan om att minska vår klimatpåverkan och förändring måste ske på många plan. Att se över valen man gör i vardagen gällande exempelvis transport och konsumtion är en del av det hela och relativt lätt att förändra till det bättre. När det istället handlar om var och hur man väljer att bo och leva samt vilka energikällor bostaden försörjs av blir förändringarna mer komplicerade.

Göteborgs bostadsområden utgörs till största del av äldre flerbostadshus, i och med det så är det svårt att som enskild individ påverka exempelvis vilka materialval och energikällor som valts att användas till din bostad. Detta medför att ett stort ansvar läggs på byggsektorn i deras uppgift att utveckla och förbättra våra städer och därmed våra bostäder. Enligt Göteborgs Stad (2014) genererar den genomsnittliga göteborgaren ett utsläpp på ca 8 ton växthusgaser per år. Av dessa 8 ton urskiljs att el- och energianvändning samt offentlig konsumtion utgör en stor del av den enskilda individens klimatpåverkan. El och energi kan i detta fallet tänkas innefatta all hushållsel samt energi för uppvärmning av våra bostäder som vi förbrukar i vardagen och den offentliga konsumtionen kan tänkas bestå av materialen man väljer att bygga nya bostäder av.

När du som konsument väljer att köpa en bostad i ett nytt projekt så investerar du indirekt i processen och valen som gjorts under uppförandet av din bostad. I strategimålen som presenteras av Göteborgs Stad (2014) kan man läsa om hur Göteborgs Stad vill hjälpa medborgare till att både kunna och vilja göra rätt val. För att nå dit krävs både kunskap och handlingskraft samt att alla inser vikten av hur de val vi gör idag påverkar vår morgondag. Att förändra valen som görs på individnivå är relativt lätt i jämförelse med valen som görs högre upp. Genom att i Göteborg bygga bostäder som värnar om vår miljö sett till val av energisystem och material bör indirekt ha en positiv inverkan på en göteborgares klimatpåverkan.

2.2 Energitkällor

Idag strävar vi efter att försörja oss med så stor andel förnyelsebar energi som möjligt. Sveriges elproduktion är till ca 98 procent fossilfri och ca 60 procent av det utgörs av förnyelsebara energitkällor såsom vindkraft, vattenkraft och solenergi (Vattenfall, 2019). Exempel på förnyelsebara energitkällor är solenergi, vindkraft och vattenkraft. En fossilfri källa däremot är fossilfri precis som namnet antyder, alltså härstammar inte energin från fossila bränslen så som olja och kol. Skillnaden mellan en förnyelsebar källa och en fossilfri är att en fossilfri källa inte förnyas utan beräknas räcka ett visst antal år framåt. Ett exempel på en fossilfri källa är kärnkraft. Kärnkraft drivs av uran som är ett fossilfritt ämne, dock förnyas inte Uran och beräknas därför räcka i ca 50-100 år till (Vattenfall, 2019).

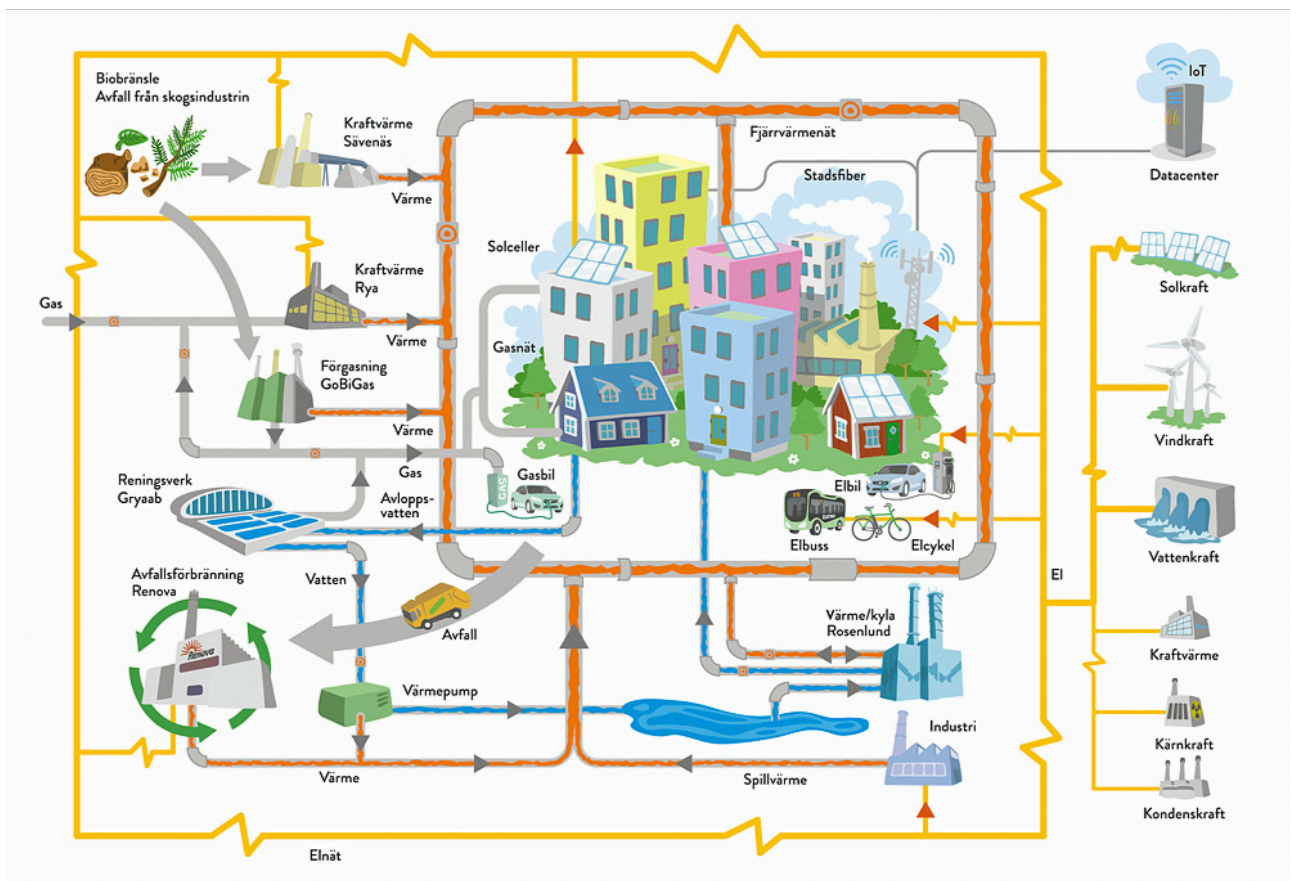
2.3 Göteborgs Stads energisystem

Under marken i Göteborg döljer det sig mer än bara lera. Här finner vi tusen och åter tusentals kilometer av rör och ledningar med uppgift att förse staden med värme, kyla och elektricitet. Göteborg Energi ägs av Göteborgs stad och har levererat energi till Göteborg i mer än 160 år (Göteborg Energi, 2020).

På Göteborg Energis hemsida (2020) beskrivs varifrån respektive energi härstammar och siffror som kan intressera en ur miljöperspektiv finns att ta del av. Av fjärrvärmens som pumpas ut i staden kommer enligt Göteborg Energi 93 procent från återvunnen alternativt förnyelsebar energi. Återvunnen värme från raffinaderier och avfallsförbränning räcker för att täcka 70-75 procent av behovet (Göteborg Energi, 2020) Sävenäsverket, Rya kraftvärmeverk samt Rosenlundsverket är de tre främsta verken som står för stadens fjärrvärme. Övrig uppvärmning sker bland annat via fossil naturgas och biogas. Biogasen lokalproduceras i anläggningen Gasendal. Göteborg Energis års- och hållbarhetsredovisning 2019 visar på att vid just uppvärmning med fjärrvärme kommer 11 procent av värmen från fossila bränslen (Göteborgs Energi, 2019). Om Göteborgs fjärrkyla skriver Göteborg energi om hur tekniken är densamma som vid fjärrvärme och hur det mesta av fjärrkylan kommer från återvunnen energi från fjärrvärmens. Under kallare perioder används dessutom Göta älvs vatten för kylning, detta är ett resursbesparande sätt att utvinna kyla som rimmar bra med Göteborgs Energis hållbarhetsmål.

Elnätet i staden har en mycket hög tillförlitlighet. Däremot är Göteborg beroende av el från andra delar av landet såväl som från grannländer för att täcka behovet (Göteborg Energi, 2020). Det är viktigt att det i Göteborg men även på andra platser inte används elektricitet i för stor utsträckning till att producera värme och kyla. Som exempel förklarar Göteborg Energi att den dubbla mängden el skulle behövt förbrukas idag om staden varit utan fjärrvärme. Skulle det vara på detta sätt skulle så pass stor del, om inte nästan all el gå till detta ändamål vilket skulle stjäla utveckling, utbyggnad och elektrifiering av staden.

Göteborg Energi har ett hållbarhetstänk och en framtidsvision som behövs om man vill komma närmare ett svar på hur man kan leverera energi till staden med minimala utsläpp på vägen. En vision där man vill fasa ut kolkraften och i sinom tid enbart kunna förlita sig på förnybar energi.



Figur 1. Illustration över Göteborgs energinät från Göteborg Energi. På bilden visas hur värme, vatten, el, energi, avfall med mera tas om hand och används i Göteborg. Den orangea ledningen är värme, den gula är el, den blåa är vatten och den gråa är gas. (Hämtad 2020-03-20).

2.4 Off-grid och mikronät

Att gå off-grid, det vill säga att koppla bort sig från stadens elnät och klara sig helt på egen hand utan möjligheten att köpa el är något som lockar fler och fler på grund av att det kraftigt kan sänka ens klimatavtryck. Om det är möjligt att göra med dagens teknik i vårt svenska klimat och om det är ekonomiskt försvarbart är då frågorna som bör ställas och undersökas. Det är möjligt att leva off-grid med dagens teknik, dock ställer vårt svenska klimat höga krav på lagringen av energin. Energin behöver, på ett effektivt sätt, kunna lagras för att optimera användningen av den, det vill säga lagra den till tillfällena under dygnet då energibehovet är som störst, eller till andra delar av året då för liten mängd energi produceras. Exempelvis kunna lagra solenergi från sommarhalvåret till det mörkare vinterhalvåret. Marcus Berg, ansvarig för Vattenfalls forsknings- och utvecklingsavdelning, menar dock att det med dagens lösningar inte är ekonomiskt lönsamt. Han uttrycker att "Det är en orealistiskt dyr lösning för den som ändå vill leva ett modernt liv med tillgång till elektricitet för bekväm uppvärmning, tv, bredband, matlagning och belysning. Så även om det rent tekniskt går så vet jag inte hur intressant det egentligen är att göra det". (Vattenfall, 2018).

Istället för att ensam bryta sig loss från energinätet som när någon går off-grid, kan att gå med i mindre lokala energinätverk, så kallade mikronät där ett mindre antal kunder är anslutna vara ett alternativ för att minska sitt klimatavtryck. Genom att ingå i ett mikronät så undviks svårigheterna och riskerna med att behöva klara sig helt på egen hand men effekten på

energianvändning blir liknande. Mikronät är mindre nät som är bortkopplade från stadens energinät och endast försörjer sig på förnyelsebara energikällor. Energin fås exempelvis från närliggande vindkraftverk och solceller som installerats på husen eller i en närliggande solcellspark och på ett eller annat sätt lagras den överblivna energin i en anläggning i närheten av hushållen så att den kan användas då den behövs som mest exempelvis under nätterna. Mikronäten har blivit mer frekvent förekommande under de senaste åren, detta på grund av att både batterier och solceller har blivit mer ekonomiskt gynnsamma att investera i samt att frågan om klimatpåverkan väger oerhört tungt. Mikronät är dock inget nytt påhitt utan är en lösning som använts under lång tid för att försörja områden som ligger på avlägsna platser runt om i världen. Dessa äldre mikronät drivs ofta av en dieselgenerator vilket inte stämmer så väl överens med hur vi idag försöker designa mikronät där vi ska klara oss på endast förnyelsebara energikällor. Dagens moderna mikronät ställer höga krav på att de väderberoende förnyelsebara energikällorna klarar av att generera den krävda mängden energi under dygnets alla timmar vilket i sin tur, beroende på att vädret skiftar, ställer krav på att en anläggning för lagring av energin inrättas. (Ny Teknik, 2016) (Ny Teknik, 2017)

E.ON startade 2017 ett projekt med syftet att pröva att göra 150 hushåll självförsörjande på el genom att endast försörja sig med förnyelsebara energikällor, i detta fallet på solenergi och vindkraft. Det vill säga, här testades och utvärderades hur ett mikronät fungerar i praktiken. Projektet är beläget i Simris, en by utanför Simrishamn på Österlen i Skåne. I närheten av området där projektet skulle genomföras fanns redan en vindkraftsanläggning och en solcellspark, E:ON:s uppgift blev då att se till att överbliven energi kunde lagras till senare tillfällen och att installera ett system som kunde styra nätet. Detta gjordes genom att installera batterilager, en reservgenerator samt ett kontrollsystem. (Ny Teknik, 2017). Batterilagrets uppgift är både att lagra energi till tillfällen under dygnet då önskad effekt som krävs inte kan produceras samt att hålla tillräcklig effekt ute i nätet. (E.ON, 2019). Detta pilotprojekt av E.ON vill visa vägen för hur energinät i framtiden kan tänkas se ut samt testa teorier att dra lärdom av inför framtida projekt i vår strävan mot en fossilfri energiförbrukning.

2.5 Lagra energi

Användandet av förnyelsebara energikällor har under de senaste åren ökat och även om vi på senare tid blivit bättre och kommit på effektivare sätt att ta tillvara på energin som dessa genererar så har det länge ändå funnits hinder som gjort det svårt att kunna gå ifrån de fossila energikällorna helt. Problemet ligger i lagringen av energin. Den stadigt och ständigt ökande energikonsumtionen i samhället ställer stora krav på just lagring för framtida bruk speciellt för de förnyelsebara energikällorna då de ofta är beroende av exempelvis vädret. Talas det om lagring idag är det ofta batterier som dyker upp som första tanke. Problemet är att det med dagens batterier skulle bli mycket svårt att göra sig fri från elnätet en längre tid då lagringskapaciteten som den ser ut idag helt enkelt är för låg. Det skulle krävas väldigt stor lagringskapacitet om det skulle finnas en chans att lagra elenergi i tillräckligt stor mängd för att klara förbrukningen under dagar med låg alternativt ingen solelsproduktion (Energimyndigheten, 2020). Detta skulle i sin tur bli mycket kostsamt. Batterier klarar enligt Göteborg Energi (2020) dessutom bara av ett visst antal laddningscykler innan deras kapacitet blir alltför låg. Vidare förklaras dock hur dagens litiumjonbatterier klarar av runt 8000 cykler vilket motsvarar ungefär 20 år av normal användning.

2.5.1 Olika sätt att lagra energi

Den stora frågan som kräver lösning är ett att hitta ett sätt för att kunna lagra energi över en längre tid då långtidslagring är någonting som dagens batterier är relativt dåliga på. En lösning på detta kan vara lagring med vätgas. Det är en metod som inte alls är ny men som inte har börjat användas i större skalor ännu. Hans-Olof Nilsson, teknikchef på Nilsson Energy beskriver i artikeln Energilagring från vind och sol (Göteborgs Energi 2020) hur det genom elektrolys av vatten med hjälp av förnyelsebar el från sol- eller vindkraft kan framställas vätgas, denna vätgas kan sedan, i bra tankar lagras i princip hur länge som helst till den dagen den behövs. För att utvinna energi från vätgasen används den högt trycksatta gasen för att driva en bränslecell som i sin tur återigen kan göra om den till el. Nilsson förklarar sedan också att den enda biproduktion av bränslecellen är vatten vilket såklart är väldigt positivt och vattnet som bildas som biprodukt är dessutom relativt varmt, vilket gör att det kan användas både till uppvärmning men det kan även användas igen till elektrolysen och på sätt ingå i ett kretslopp. Ett vätgassystem är på många sätt ett bra lagringsalternativ. Problemet ligger just nu i att systemet som krävs är dyrt samt att vätgas är väldigt lättantändligt vilket gör att det finns en risk för explosion. Explosionsrisken har, trots att den är väldigt liten många gånger en avskräckande effekt på människor vilket gör lagringsmetoden mindre attraktiv för många. Det ställs även krav på storleken på vätgastankarna om de positiva effekterna av långtidslagring av vätgas ska kunna utnyttjas. Enligt Nilsson skulle det krävas runt tre kubikmeter vätgas under 300 bars tryck för att driva en lagom modern villa i normal storlek i en vinter. (Göteborgs Energi, 2020).

En annan form av lagring som inte heller den används i nämnvärd mängd idag är pumpkraft. Nilsson menar på att tekniken bakom är simpel. Överskottsenergi från förnyelsebar el används för att driva en pump som pumpar upp vatten till en höjd. Vattnet får då lägesenergi som sedan kan utvinnas som el via en generator då vattnet släpps tillbaka ner. Principen är densamma som vid vattenkraft. Problemet ligger i behovet av höjdskillnader och vattenmängd för att det i dagsläget ska vara lämpligt för långtidslagring i mindre skala. Nilsson lägger även till att vi här i Norden har en extra utmaning med att hålla detta vatten fritt från frost på vintrarna, den tid då vi skulle behöva vattnet som mest. (Göteborgs Energi, 2020).

Att lagra trycksatt luft är en fjärde form av lagring. Idén här går ut på att en kompressor som drivs av förnyelsebar el utnyttjar poröst berg alternativt bergrum som redan finns för att lagra luft som komprimerats. När energin sedan behövs tas tryckluften ut via turbiner och generatorer som bildar elektricitet. Nilsson menar här på att redan färdiga bergsutrymmen som nedlagda gruvor eller liknande fördelaktligen används. Detta eftersom kostnaden annars kan bli hög i inledningen på ett projekt.

Det går även att lagra energi i så kallade fasändringsmaterial, där tillåts olika saltlösningar binda energi och gå mellan fast och flytande form. Denna energi kan sedan plockas ut och saltet, som kan binda betydligt mer energi vid flytande form än exempelvis vatten återgår då bara till fast form igen. Termisk lagring, då en byggnads värmetröghet utnyttjas, används också som lagring. Sammantaget går det att konstatera att det finns alternativa lagringsmöjligheter till dagens dominerande lagringstyp, batterier. Många av alternativen är dock i relativt tidigt skede och har främst testats i mindre skalor. Andra alternativ, som pumpkraft och tryckluft ställer krav på geografin omkring byggnaden vilket ibland utesluter just denna form då kostnaderna kan skena.

2.5.2 Lagring med hjälp av byggnaders värmetröghet

Vilka material en byggnad består av avgör om det är en tung eller lätt konstruktion och påverkar därmed byggnadens värmetröghet. Värmetröghet är en byggnads förmåga att lagra värme eller kyla och därmed avgör värmetröghet hur snabbt temperaturen inomhus förändras vid en förändring av utomhustemperaturen. Olika material har olika förmåga att lagra värme och kyla, alla material kan lagra men beroende på vad de består av varierar deras lagringskapacitet. Byggnader klassas som tunga eller lätta beroende på deras värmelagringsförmåga, en lätt byggnad har sämre förmåga att lagra än en tung byggnad. När det talas om tunga byggnader så handlar det ofta om byggnader gjorda av betong då betong är det mest använda tunga byggnadsmaterialet. (Bygg & Teknik, (5. uppl.), 2010)

Frågan om hur byggnaders värmetröghet ska kunna utnyttjas har länge varit aktuell och de fördelar som värmetröga byggnader sägs ha är att de kan bidra till minskad energianvändning vilket också gör att den krävda effekten på energiförsörjningssystemen minskar, detta medför att storleken på detta kan reduceras samt att det kan bidra till en ökad termisk komfort.

Energianvändningen minskas genom att byggnaden värms upp under dagen, denna värme lagras i byggnadens stomme och används sedan för att minska mängden energi som krävs för att hålla byggnaden varm under nattens kallare timmar, det motverkar även temperaturvariationer inomhus vilket ger en ökad termisk komfort. Genom att använda sig av den lagrade värmen kapas energitoppar vilket är gynnsamt både ekonomiskt och miljömässigt. (Bygg & Teknik, (5. uppl.), 2010).

System som detta kräver vissa förutsättningar för att fungera. Används ett värme/ kylsystem som kontinuerligt ändrar temperatur för att hålla konstant temperatur inomhus är det svårt att dra nytta av tunga byggnaders värmelagringsförmåga och istället kommer antagligen energianvändningen öka och effektopparna höjas då värme/kylsystem och värmelagringen i stommen på sätt och vis verkar mot varandra. Det krävs ett värme/kylsystem som tillåter temperaturen i byggnaden att variera. Ett samarbete måste skapas mellan byggnadens installationer samt stomme för att på mest gynnsamma sätt kunna dra nytta utav de fördelar som en tung stomme medför med hänsyn till miljö och ekonomi. (Bygg & Teknik, (5. uppl.) 2010)

2.6 Överskottsel

Förhoppningen i framtida byggprojekt är att dessa byggnader i viss mån ska kunna generera sin egen el till de boende. Elen ska komma från förnyelsebara energikällor såsom vind-, vatten- och solkraft och den elen som inte kommer till användning när den produceras lagras för senare användning. Dagens lösningar för lagring är dock ett stort problem och i många fall kan det vara så att den energin som produceras där och då inte kommer till användning. Smart vore då att kunna sälja den överskottsel som inte kommer till användning och inte kan lagras. Elen som blir över skickas då tillbaka ut på elnätet.

Som producent av förnyelsebar el har du enligt Energimyndigheten (2019) rätt att få din överskottsel mottagen av det elhandelsföretag du har. Annat gäller om du vill ha betalt för den överskottsel som skickas ut på elnätet. Om detta skriver Energimyndigheten att ett avtal måste

skrivs med det elhandelsföretag som förväntas ta emot överskottselen för att de ska anses skyldiga att betala för den. Olika elbolag kan ha olika krav gällande dessa avtal och ibland krävs att producenten är kund hos elbolaget för att de ska ingå avtal och få betalt för sin överskottsel.

2.6.1 Solceller och gemensamhetsabonnemang

För att ett flerbostadshus ska kunna leverera hushållsel och inte bara el till gemensamma ytor direkt från ett solcellssystem på taket krävs att det finns ett gemensamt elabonnemang i huset, ett så kallat gemensamhetsabonnemang. Med detta menas att fastighetsägaren ansvarar för elabonnemanget och att varje lägenhet alltså inte har en egen anslutning till ett eget elbolag. STUNS (stiftelsen för samverkan mellan universiteten i Uppsala, näringsliv och samhälle) beskriver fördelarna med just gemensamhetsabonnemang (2017). Där poängteras vikten av detta med motivering att annars kan inte lokalt producerad solex användas som hushållsel utan endast i de gemensamma ytorna i bostadshuset. Andra fördelar som också pekas ut i rapporten är sänkta fasta elkostnader i och med att ett större abonnemang är billigare än många små och dessutom blir det lättare att dimensionera komponenter samt att större procentandel av den producerade solexen kommer direkt till användning istället för att behöva säljas. I rapporten menas det också på att bäst är att ha så lite överskottsel som möjligt då värdet på denna är betydligt högre än den ersättning som erhålls då elen säljs ut på elnätet. Därför bör systemet optimeras baserat på den totala elförbrukningen i ett flerbostadshus för att alltid möta elbehovet så precist som möjligt.

För att det oftare ska anläggas solcellsanläggningar på taken på flerbostadshusen är det viktigt att det i längden blir ekonomiskt för fastighetsägaren men också för de boende. Det bör heller inte vara alltför krångligt att få installera dessa då det är i riktning med vad som måste göras för att sänka våra koldioxidutsläpp över tid. I dagsläget är fallet inte riktigt sådant dock. Den skattereduktion som gäller för villaägare då de installerar solex på sina tak gäller exempelvis inte på samma sätt för flerbostadshus där solexinstallationen isåfall räknas som andelsägd (Solelkommissionen, 2020). Detta resulterar i missgynnande ekonomiska krav vilket gör att färre av dessa installationer sker på flerbostadshus. Enligt Solelkommissionen, som bland annat arbetar med att ändra på just detta har regeringen gjort en utredning gällande breddning av skattereduktionen men hittills har inget förslag kommit in till Riksdagen. Ett annat hinder i dagsläget i lagstiftningen som också det påpekas av Solelkommissionen är att det inte får byggas anläggningar större än 255 kW. Det betyder att även om det råkar finnas ett väldigt stort tak som lämpar sig bra för solexproduktion får inte hela detta utnyttjas utan att bli skattepliktigt blir gällande, vilket kan tyckas underligt. Solex som går ut på elnätet och alltså inte stannar i elnätet i vars byggnad den producerades blir också den skattepliktiga eftersom elen då måste gå genom något som kallas för koncessionsnät. Ägaren av elnätet är den som har nätkoncession vilket betyder att det är denna som äger rätten att transportera energi mellan fastigheter enligt nätkoncessionslagen. Inom fastigheten är det fastighetsägaren som kan bygga ledningar. Detta gör att ett flerbostadshus utan möjlighet att på egen hand producera solex inte heller kan få solex av intilliggande fastighet utan att skatteplikten blir gällande (Solelkommissionen, 2020).

2.7 Miljöcertifiering av byggnader

Många byggföretag och fastighetsägare strävar efter att miljöcertifiera sina byggnader, dels för att miljöfrågan idag är en av de största vid uppförandet av nya byggnader men också för att visa att vår

framtid och hälsan hos dem som ska vistas i byggnaden är något som prioriteras högt. På Sweden Green Building Council's (2020) går det att läsa kort om de tre miljöbyggnadscertifieringarna, brons, silver och guld samt vad de innebär:

Brons "Brons är den första nivån av certifiering, för att få det så räcker det med att följa lagkrav eller existerande rekommendationer. Men bygger man en Miljöbyggnad så innebär det att vi kommer gå igenom att man verkligen gjort detta. Det ger en trygghet att någon har kollat att den här byggnaden uppfyller alla krav och regler."

Silver "Presterar en byggnad en bra bit över de satta värdena så kan den nå upp till Silver. De flesta som väljer att certifiera med Miljöbyggnad har Silver som mål för sina byggnader – det är en tydlig markering att byggbolaget eller fastighetsägaren är engagerad i miljöfrågor och tänker på dig som ska vistas i byggnaden. Här krävs det mer av byggnaden än att bara följa lagkrav – bland annat måste solskyddet, ljudmiljön och ventilationen vara mycket bättre."

Guld "Guld är en mycket hög nivå som de mest ambitiösa byggnaderna, ofta med uttalad miljöprofil, kan satsa på att få. Kraven som ställs är mycket höga, till exempel tillåts inte radonhalten vara högre än en fjärdedel av lagstadgat krav. För att nå upp till Guld behöver även de som bor och arbetar i fastigheten trivas så väl att de också tycker att det är ett guldhus. Därför måste de som bor eller jobbar i byggnaden tillfrågas när det gått två år om vad de tycker om innemiljön."

För att kunna utföra dessa certifieringar är det enligt Sweden Green Building Council (2019) 15 indikatorer som ska undersökas. I den mån de uppfylls kan en byggnad sedan certifieras som Brons, Silver eller Guld. Dessa indikatorer innefattar inte enbart sådant som energi, materialval och liknande utan också ljud, ventilation och termisk komfort. Hur en byggnad verkar ur miljöperspektiv tar alltså också hänsyn till hur de som vistas där ska trivas.

3 Demonstrationsprojekt

Demonstrationsprojekten som redovisas i denna rapport är projekt ansedda att beröra rapportens huvudämnen. Projekten som presenteras är Johanneberg Science Parks och Göteborgs Stads Fossil Free Energy District, Riksbyggens Brf Viva och Akademiska Hus A Working Lag. I samtliga projekt har nytänkande energilösningar testats vilket stämmer väl överens med rapportens intresse.

3.1 Fossil Free Energy District

FED, eller Fossil-Free Energy District kan vara en liten pusselbit i det stora pusslet som syftar till att minska dagens behov av fossilbränsle drivna energikällor. FED-projektet ingår i en satsning från Europakommissionen där städer ska tillåtas testa nya lösningar. Denna satsning finansierades mellan 2017 och 2019 av Europeiska regionala utvecklingsfonden. och I detta projektet har chalmersområdet använts som testområde med målet att med så mycket lokalt producerad energi som möjligt försöka driva alla verksamheter inom områdets gränser samt att minska behovet av fossila bränslen i fastigheter (Johannesbergs science park, 2019). Projektet leds av Göteborgs Stad tillsammans med Johannebergs Science Park, som med sju andra samarbetspartners som alla bidragit med sin expertis samt en utökad budget från European Regional and Development Fund gjort projektet möjligt (Johannesbergs Science Park, 2019). De sju samarbetspartnerna är Business Region Göteborg, Ericsson, Chalmers, Göteborg Energi, Akademiska Hus, RISE - Research Institutes of Sweden och Chalmersfastigheter. I rapporten *FED* av Johannebergs Science Park belyses energifrågan i och med stundande klimatkrise. Det konstateras att vi trots ökande energibehov med bland annat elektrifiering av fordon med mera måste bli bättre på att producera grön energi men samtidigt behålla stabiliteten som finns ute i de olika näten. Som exempel på vilken tillförlitlighet som krävs skriver Göteborg energi (2019) på sin hemsida om hur leveranssäkerheten på deras elnät är 99.99 procent. Det innebär helt klart utmaningar för ett system som FED eftersom förnyelsebara energikällor har som en nackdel att de är väderberoende vilket resulterar i varierande energiproduktion. I detta system ingår elektricitet likväl som fjärrvärme och fjärrkyla. Värme fås bland annat från överskottsvärme som bildas i kylsystemet samt från bergvärmepumpar. Ericsson har under detta projekt haft en viktig roll med olika smarta IT-lösningar. I rapporten om FED (Johanneberg Science Park) delges läsaren deras roll i det hela och hur de bland annat utvecklat mjukvaror som kan köpa och sälja energi på den digitala marknaden helt automatiskt. Kopplat till dessa finns andra mjukvaror som ständigt övervakar energiutbudet. Detta kan vara faktorer som väderprognoser och energikonsumtion som förutser när energipriset kommer vara som högst till följd av ogynnsamma förhållanden och ser då istället till att köpa och sälja energi när det är som mest lönsamt. På så sätt gynnar det konsumenten rent ekonomiskt, samtidigt som denna är med och sänker andelen fossila bränslen som behövs för att klara produktionskraven vid en viss given tidpunkt. Energi som inte kommer till användning direkt kan i FED-projektet lagras på olika sätt. litiumjonbatterier, fastigheters värmelagring, vattenlagring för kylning samt värmelagring med fasändringsmaterial (Phase-changing-materials, PCM) används för att kunna lagra så mycket energi som möjligt.

I just FED-projektet agerar flera fastigheter både som konsumenter och producenter av energi. Elva olika fastigheter för att vara mer exakt, enligt *FED*-rapporten. Det kan exempelvis produceras solenergi på taken och hämtas bergvärme underifrån eller liknande. Därefter kan ett energiutbyte ske fastigheter emellan. Den geografiska placeringen av fastigheten spelar roll i frågan om vilken sorts energi den kan bidra med att producera vid olika tider på året och detta

borde kunna utnyttjas även i kommande byggprojekt. Skulle det även i framtiden kunna finnas ett energiutbyte mellan fastigheter likt FED-projektet där ibland kanske bara ena fastigheten kan producera förnyelsebar energi, ibland den andra eller tredje och ibland alla, beroende på rådande förhållanden. Om möjlig överskottsenergi från dessa system också kan lagras skulle ett system likt detta kunna vara gynnsamt för många, både miljömässigt och ekonomiskt sätt.

3.2 Positive Footprint Housing - Brf Viva

I projektet Positive Footprint Housing (PFH), ett forskningsprojekt i samarbete mellan Riksbyggen, Johannebergs Science park, Göteborgs stad, Göteborgs Energi, Göteborgs Universitet, Chalmers och RISE, tog man sig an uppgiften att försöka bygga bostäder för att testa nya klimatsmarta lösningar och om de kan komma att spela roll i framtida projekt. Med detta som utgångspunkt togs innovativa idéer och möjliga lösningar fram med ett nytänkande kring hållbar bostads- och stadsutveckling med målet att nå högre höjder inom miljöbyggnad. Resultatet av forskningen inom PFH som pågått under de senaste 10 åren blev ett bostadskomplex brf Viva (se figur 3) i samarbete mellan aktörerna i PFH samt Electrolux, Bengt Dahlgren, Cementa, Infometric, Integra, RCO, Siemens, Vedum och Volvo. (Riksbyggen, 2019). Brf Viva bestående av 132 lägenheter agerar både bostad forskningsprojekt samtidigt. Viva är designat som ett plusenergihus, vilket innebär att den mängd energi som byggnaden förbrukar skall överstigas av mängden förnyelsebar energi, det vill säga exempelvis solenergi, vindenergi och vattenkraft. Plusenergin som Viva genererar är i form av frikyla som ska kunna levereras ner till lokaler på chalmersområdet. (Riksbyggen, 2019) (Kjellander, 2020). Enligt Kjellander (2020) i en presentation av Viva, ville man med Vivas utformning se vilka effekter användandet av lösningarna i Viva skulle kunna ge på bostädernas och de boendes klimatpåverkan.

Brf Viva har på grund av sina nytänkande och innovativa lösningar vunnit priser så som Kasper Salin-priset, titeln ”Årets Miljöbyggnad 2019”, Guldhemmet i kategorin ”Årets bostadsutvecklare” och blivit utsedd till Årets bästa byggnad av Göteborgs Stad (Riksbyggen, 2020), (Riksbyggen, 2019).



Figur 2. Flygfoto över Riksbyggens Brf Viva på Guldheden taget av Ulf Celander som visar de tre huskropparna som Viva består utav med balkonger samt solcellerna på taket. Man ser även delar av Johanneberg, Göteborg i bakgrunden. (Hämtad 2020-03-25).

3.2.1 Bussbatterilager i källaren

Exempel på vad som gjorts i Viva för att uppnå målen med projektet är att solceller placerats på taket och energin som dessa genererar lagras sedan i begagnade elbuss-batterier från linje 55 som går mellan Johanneberg och Lindholmen i Göteborg (Se figur 4). På det sättet har en lösning hittats på att lagra energin från solcellerna så att den kan användas vid rätt tillfällen under dygnet för att exempelvis kapa effekttoppar samt att batterierna tas tillvara på när de inte längre kan användas i bussarna. Elbussarnas batterier är obrukbara i bussarna då de deras kapacitet sjunkit till 80 procent och behöver då bytas ut. 80 procents kapacitet tros dock vara fullt tillräckligt för att klara av att lagra energi för en byggnad som Viva under flera år och på ett förmånligt sätt. Vilken effekt detta sätt att lagra solenergin har på energianvändningen utvärderas löpande under forskningsprojektets fem första år av de inblandade företagen, däribland Riksbyggen, Göteborgs Energi och Volvo. Detta görs för att se hur batterierna fungerar i den miljön samt vilken effekt det haft på energianvändningen långsiktigt (Kjellander, 2020).



Figur 3. Bild som visar bussbatterierna från linje 55 som lagrar solenergi i brf Viva. Batterierna är avlångs och svarta. De ligger placerade på hyllor längs med väggarna. (2020-01-30).

3.2.2 Klimatsmart Betong

Viva består till största del av betong. För att ytterligare förbättra bostädernas klimatpåverkan togs ett nytt och bättre recept fram på betongen. Sett ur en 100-årig livscykelanalys så är det framställningen av betong som ger upphov till störst CO₂ utsläpp, beroende på betongens sammansättning. För att tillverka betong krävs cementklinker, som är en mellanprodukt i produktionen av cement. För att framställa cementklinker används ett lermaterial och kalksten som sedan hettas upp. Denna process kallas kalcinering, vilket innebär att kalkstenen hettas upp till över 1000 grader celsius så att den blir till bränd kalk, som sedan används i cementklinkern. Enligt rapporten Betong och klimat (2017) utgiven av Svensk Betong så har livscykelanalyser av betong visat att hela 90 procent av betongens CO₂-utsläpp kommer från framställningen av cementklinkern då kalcineringsprocessen kräver stora mängder energi. Riksbyggen ville i och med detta försöka hitta ett sätt att minska mängden cement i betongen och därmed även minska mängden klinker.

Viva valdes att byggas i betong på grund av att projektet är placerat i en slänt med lutning likvärdig en svart pist vilket ställde stora krav på grundläggningen av projektet. (Riksbyggen, 2017). Enligt Anders Johansson, biträdande Marknadsområdeschef på Riksbyggen Göteborg, visade det sig när man utredde olika stommaterial tillsammans med RISE att om dem ställde nya krav på betongens sammansättning betongens klimatpåverkan minskas. Resultatet av detta blev en betong med ca 30-35 procent mindre CO₂-utsläpp.

Att välja betong som stommaterial har stora fördelar när byggnaden är i bruk. Betong har hög beständighet mot brand då det varken brinner, smälter eller avger farliga ämnen vid brand. Att en byggnad inte kollapsar direkt vid brand gör det möjligt för personer som vistas där att ta sig ut säkert samt att brandkårens räddnings- och släckningsarbete underlättas. (Svensk betong, datum saknas). Betong är ett tungt material, vilket betyder att det lagrar både värme och kyla bra. Sett ur ett effektperspektiv är detta fördelaktigt då det medför minskat behov av att värma och kyla byggnaden då den står emot yttre termisk påverkan bra. (Svensk betong, 2017).

3.2.3 Energisystem i Viva

I Viva valdes en kombination av två olika energisystem för uppvärmning av bostäderna. Bostäderna värms i huvudsak upp via bergvärme, samma borrhål är förberedda för att kunna leverera frikyla till lokaler på chalmersområdet. Detta energiutbyte ger över tid bättre verkningsgrad på värmepumpen (Kjellander, 2020). Utöver bergvärmesystemet är byggnaderna anslutna till Göteborgs stads fjärrvärmesystem. Detta för att Göteborgs Energi ska kunna forska på om det är ekonomiskt och miljömässigt lönsamt för bostadsrättsföreningen att vara anslutna till olika system samtidigt. Efter att systemet utretts vill man installera ett smart styrsystem som ska kunna växla mellan bergvärme och fjärrvärme då det är som mest lönsamt. (Kjellander, 2020) (Naturkyla, datum saknas).

3.3 A Working Lab

AWL, eller A Working Lab är en byggnad på chalmersområdet i Johanneberg. Den stod klar 2019 och fungerar på många sätt bra som konkret exempel på hur några av de lösningar som tagits upp

i denna rapport kan fungera rent praktiskt. AWL ingår som en av många byggnader i området i FED-projektet och är då med och bidrar till den lokala handelsplatsen med värme och kyla på chalmersområdet (Energi & miljö, 2020). I källaren finns ett saltlager som använder tekniken för fasändringsmaterial för att kunna lagra kyla. Varmare vatten tar sig genom rör till kylmagret där det kyls ner för att det i sin tur sedan ska kunna förse byggnaderna på Chalmers med kyla. Kylmagret laddas upp igen under natten, då behovet av kyla är som lägst och levererar kyla på dagtid då priserna och kylbehovet är som högst (Energi & miljö, 2020). AWL är också försedd med solceller på taken samt batterier för vidare lagring i byggnadens källare.

4 Idéer att utveckla

Frågan om lagring för producerad förnyelsebar energi är det många som brinner för. Det tas fram nya modeller och försök för att komma ett steg närmare lösningen på den rådande och kommande klimatkrisen. En del förslag ligger realistiskt närmare i tiden än andra men flera teoretiskt bra förslag har undersökts. Vikten av bra lösningar ska inte underskattas och som Mats Bergh, VD på Johannebergs Science Park sa när vi intervjuade honom (27 november, 2019), “Det är ingen idé med plusenergihus om man inte kan dra nytta av plusenergin”.

FED-projektet som tidigare nämnts i denna rapport är en ny idé som får räknas som testad. Att redan befintliga byggnader också ska kunna sättas in i system och kunna agera producenter och inte endast konsumenter av energi.

En eventuell ersättare till batterier är så kallade superkondensatorer. Göteborg Energi (datum saknas) skriver om skillnaden mellan dessa och förklarar hur en superkondensator, till skillnad från ett batteri kan laddas upp på enbart några sekunder med hjälp av hög strömstyrka. Dess låga lagringskapacitet gör emellertid att det vanliga batteriet hittills är mer användbara. Superkondensatorer har en annan fördel jämfört med batterier. De håller för betydligt fler laddningscykler och blir alltså inte utslitna i samma takt, enligt Hans Olof Nilsson, teknikchef på Nilsson Energy (Göteborg Energi, 2020)

En supraledare är vad en elektrisk ledare som helt saknar motstånd kallas (Göteborg energi, 2020). I avsaknad av motstånd skulle då energin kunna lagras utan några förluster. Detta gäller åtminstone teoretiskt men en nackdel med supraledare är värmen som tillkommer i ledaren som sedan måste kylas ner. De höga temperaturerna gör att de måste kylas ner av flytande helium eller kväve som båda har en smältpunkt på under -200 grader celcius. När det pratas om supraledare menar Nilsson på att de i dagsläget inte är redo för användning men att det är på väg framåt. Svårigheten ligger i att hitta ett material som är supraledande vid rumstemperatur vilket isåfall skulle göra denna tekniken möjlig.

En idé som funnits på agendan, som inte på samma sätt relaterar till lagring är att det i framtiden ska gå kunna köpa och sälja förnyelsebar el över landsgränser. Principen är egentligen precis så lätt som den låter. Vid en tidsperiod med dåligt med sol och lite vind ska det helt enkelt gå att köpa grön el av andra länder som vid den givna tidpunkten har mer gynnsamma förhållanden och därmed har ett överskott på el (Energivärlden, 2019). Dagens infrastruktur räcker föga förvånande inte helt till men idén är på sikt inte en omöjlighet.

Det har också gjorts försök att kombinera solesanläggning och fasändringsmaterial så att värmen från solen både kan fångas upp och lagras direkt. Amerikanska forskare från University of Houston ska ha använt sig av en hybridteknik som fångar upp värmen från solen och lagrat den som termisk energi (Energinyheter, 2019).

Istället för att som i den vanligaste sortens solceller direkt omvandla solens energi till elektricitet i batterier menar forskarna här på att det är lika viktigt att kunna ta vara på och lagra solens termiska energi, alltså värmen. Den värmen som inte används direkt lagras och med denna teknik används molekyler som kan binda värmen för längre tids lagring. I ett annat skikt finns ett fasändringsmaterial och emellan dessa ett skikt med aerogel som används för att behålla den nödvändiga temperaturskillnaderna mellan de två skikten. Att solens energi lagras i molekyler

form istället för värme är bra då värme skingras med tiden. Dessutom hävdar forskarna bakom projektet att de termiska förlusterna minskar mycket i systemet då allt är integrerat och energin inte behöver transporteras i rör.

Även Chalmers har gjort liknande försök, där energin från solen ska kunna fångas och istället fördelas över en längre tid som värme så att exempelvis inomhusklimatet blir behagligare över tid (Forskning.se, 2019)

5 Slutdiskussion

Till att börja med har vi under utredningens gång kommit till insikt med att klimatfrågan inom byggsektorn är komplex och kräver ett flertal lösningar inom olika områden. Det som krävs är bland annat ett mer omfattande samarbete mellan olika aktörer med specialister inom olika områden, mer forskning kring användandet av förnyelsebar energi och en allmän vilja och mod från konsumenter och beställare för att våga ta steget och satsa enbart på grön energi. Forskningen spelar stor roll eftersom det är i mindre skalor som man först visar på att någonting fungerar. FED-projektet är ett utmärkt exempel på detta där forskningen verkligen testats i praktiken. Vi anser att detta är en nyckel till att vi först i Sverige och sedan globalt mer och mer ska våga övergå till förnyelsebar energi och verkligen våga förlita oss på denna. I Göteborg har Göteborg Energi, som tidigare nämnt i denna rapport, en väldigt hög leveranssäkerhet på sitt elnät och även Sverige som land ligger högt generellt. Eftersom vi är vana vid en viss trygghet kommer det krävas liknande trygghet från ett elnät som endast förlitar sig på förnyelsebara energikällor, utan garantin som fossildrivna- och kärnkraftverk ger, för att vi ska våga ta steget fullt ut.

Den enskilda individens klimatpåverkan, i denna rapport göteborgarens klimatpåverkan, påverkas indirekt av val gjorda högre upp i leden. Detta lägger stort ansvar och ställer krav på att företagen inom byggbranschen gör sitt yttersta för att främja vår miljö i form av bra energiförsörjningssystem. Så att deras kunder, alltså vi, får möjligheten att kunna göra bra val även när man bor i flerbostadshus mitt inne i centrala Göteborg och egentligen har väldigt liten chans att påverka valen som gjorts när bostaden uppfördes.

Det dröjer troligtvis innan det blir ekonomiskt försvarbart att ensam vara helt bortkopplad från det lokala energinätet. Många av de tekniska lösningarna som involverar förnyelsebara energikällor och som används redan idag kan dock hjälpa till att minska energibehovet från vårt lokala energinät. Lagring av energi eller att enskilda byggnader kan producera egen kyla, värme eller elektricitet kan således vara till stor nytta här. I rapporten om FED (2019) skriver Johanneberg Science Park om hur ett av målen med projektet är att minska behovet av inkommande energi som producerats med hjälp av fossila bränslen i kraftverk. Mer lokalt producerad energi bidrar till att effekttopparna minskar, alltså minskar även den tid då de fossila kraftverken behöver producera energi för att klara efterfrågan. Genom att som konsument se över valen som görs är det alltså möjligt att hjälpa till att sänka denna siffra.

I framtiden ser vi att byggnader liknande Viva på ett mer aktivt sätt kan bidra med energiförsörjning alltså att byggnader kan vara med och agera producenter av olika energiformer i större utsträckning och inte bara konsumenter. Gynnsamt vore också att energiproducerande byggnader inte bara försörjer sig själva utan ingår i något slags energinät, alternativt som tidigare nämnt i mikronät, så att denna också kan hjälpa till med försörjning av andra byggnader i närområdet. Det skulle isåfall bilda ett slags ge-och-ta-system där byggnader med gynnsamma energiförhållanden kan hjälpa andra byggnader inom samma system vid behov och vice versa. Bildas trots detta ett energiöverskott kan detta lagras för senare användning. För att ett sådant förhållande ska fungera kommer det också krävas mjukvaror som, likt mjukvarorna utvecklade i FED-projektet av Ericsson, klarar av att hantera och räkna på energibehov och hantering av energi mellan byggnader. Alltså leder en miljöinsats inom denna sorts energisystem till större omfattning som denna till att andra aktörer på andra marknader får anledning till utveckling inom sina respektive områden för att kunna vara med och bidra.

Kanske finns det i framtiden inga effekttoppar att kapa utan all förnyelsebar energi som produceras används både momentant men kan också både kort- och långtidslagras. Som vi tittat på och tagit upp i denna rapport är detta dock ett problem idag. Ljusglimtar finns dock att skymta och kanske är vätgasen den idag närmaste lösningen. Oberoende av geografin runt byggnaden vars energi den står för finns en stor potential med utsläpp så ofarligt som vatten. Andra möjliga förslag som supraledare och superkondensatorer har en del kvar att utveckla innan dessa kan användas praktiskt idag. Däremot skulle de kunna passera dagens litiumjonbatterier i effektivitet om det lyckades och åter ge batterier en skjuts.

I Riksbyggens projekt Positive Footprint Housing - Brf Viva har man vågat satsa på att byggnadernas solceller med sin batterilagring ska klara att sänka bostädernas energiförbrukning och därmed även sänka kostnader som uppkommer i samband med effekttoppar under dygnets mest hektiska timmar. Hur välfungerande detta system med lagring i begagnade bussbatterier är på längre sikt vet man inte ännu. Hur batterierna mår i denna typ av miljö och användning är hittills också en obesvarad fråga. Systemet kommer utvärderas under längre tid och på så sätt kommer man få svar på frågan om detta är något att bygga vidare på och utveckla. Att våga ta steget att testa teoretiska lösningar i praktiken som, även om det ligger mycket forskning bakom, fortfarande har en del ovissheter är enligt oss att gå i bräschen för ett mer hållbart byggande.

6 Referenser

Bexell Hultén, I. (2019). De största utmaningarna med energilagring. Eskilstuna: Energimyndigheten.

Hämtad (2020-04-16) från :

<https://www.energivarlden.se/artikel/har-ar-de-storsta-utmaningarna-med-energilagring/>

Boverket. (2017). Utsläpp av växthusgaser från bygg- och fastighetssektorn. Karlskrona: Boverket.

Hämtad (2020-05-20) från: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/vaxthusgaser/>

Boverket. (2020). Beräkning av behovet av nya bostäder till 2025. Karlskrona: Boverket.

Hämtad (2020-05-20) från: <https://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/publikationer/2017/berakning-av-behovet-av-nya-bostader-till-2025/>

Karlsson. (5:e uppl. 2010) Betydelsen av värmetröga konstruktioner. Lund: Bygg och Teknik.

Hämtad (2020-04-15) från: http://www.byggnadsmaterial.lth.se/fileadmin/byggnadsmaterial/Research/CERBOF/Karlsson_Bygg_o_Teknik_5_2010_nr_2_.pdf

Energimyndigheten. (2018). Koppla batterier till solcellerna. Eskilstuna: Energimyndigheten.

Hämtad (2020-03-29) från: <http://www.energimyndigheten.se/fornybart/solelportalen/batterier-kopplat-till-solceller/>

Energimyndigheten. (2019). Fördjupning om löpande intäkter. Eskilstuna: Energimyndigheten.

Hämtad (2020-04-16) från:

<http://www.energimyndigheten.se/fornybart/solelportalen/vilka-stod-och-intakter-kan-jag-fa/fordjupning-om-lopande-intakter/>

Energi & miljö. (2020). Fasförändring kan rädda energilagringen. Stockholm: Energi & miljö.

Hämtad (2020-05-10) från: [https://www.energi-miljo.se/tidningen/fasforandring-kan-radda-energilagringen?](https://www.energi-miljo.se/tidningen/fasforandring-kan-radda-energilagringen?fbclid=IwAR2kYkTZKij_b6gjS58Atw3G2yCIWraaGyzVXdXUW_KggZRmS6tpKdnFtIA)

[fbclid=IwAR2kYkTZKij_b6gjS58Atw3G2yCIWraaGyzVXdXUW_KggZRmS6tpKdnFtIA](https://www.energi-miljo.se/tidningen/fasforandring-kan-radda-energilagringen?fbclid=IwAR2kYkTZKij_b6gjS58Atw3G2yCIWraaGyzVXdXUW_KggZRmS6tpKdnFtIA)

E.ON (2019). Följ med till Simris. Malmö: E.ON.

Hämtad (2020-05-10) från: <https://www.eon.se/om-e-on/innovation/lokala-energisystem/vi-foernyar-simris>

Forskning.se. (2019). Molekylen som fördelar värmen varma sommarkvar. Stockholm: Forskning.se.

Hämtad (2020-07-07) från: <https://www.forskning.se/2019/07/08/molekylen-som-fordelar-varmen-varma-sommarkvar/>

Fossilfritt Sverige. (2019). Färdplan: Bygg- och fastighetssektorn - sammanfattning. Stockholm: Fossilfritt Sverige.

Hämtad (2020-05-20) från: <http://fossilfritt-sverige.se/fardplaner-for-fossilfri-konkurrenskraft/fardplaner-for-fossilfri-konkurrenskraft-byggbranschen/fardplan-bygg-och-anlaggningssektorn-sammanfattning/>

- Göteborg energi. (2018). Miljörapport 2018 Rosenlundsverket.
Hämtad (2020-07-07) från: <https://www.goteborgenergi.se/Files/Webb20/Kategoriserad%20information/Informationsmaterial/Milj%C3%B6rapporter/2018/Rosenlund%20MR%202018.pdf?TS=636957703168037878>
- Göteborgs Energi. (2019). Vårt energisystem. Göteborg: Göteborgs Energi.
Hämtad (2020-02-22) från: <https://www.goteborgenergi.se/ars-och-hallbarhetsredovisning/vart-energisystem>
- Göteborgs Energi. (2019). Års- och hållbarhetsredovisning 2019. Göteborg: Göteborgs Energi.
Hämtad (2020-03-05) från: <https://www.goteborgenergi.se/ars-och-hallbarhetsredovisning/ars-och-hallbarhetsredovisning>
- Göteborgs Energi. (2020). Energilagring från vind och sol. Göteborg: Göteborgs Energi.
Hämtad (2020-04-14) från: <https://www.goteborgenergi.se/i-var-stad/artikelbank/energilagring-fran-vind-och-sol-din-guide-i-lagringsdjungeln>
- Göteborgs Energi. (2020). Energileveranser just nu. Göteborg: Göteborgs Energi.
Hämtad från (2020-03-10) <https://www.goteborgenergi.se/om-oss/vad-vi-gor/energileveranser>
- Göteborg Energi. (2020). Vilka är vi. Göteborg: Göteborg energi.
Hämtad (2020-04-15) från: <https://www.goteborgenergi.se/om-oss/vilka-vi-ar>
- Göteborgs Stad. (2014). Klimatstrategiskt Program för Göteborg. Göteborg: Göteborgs Energi.
Hämtad (2020-02-16) från : <https://goteborg.se/wps/wcm/connect/36fb4599-a2c4-4e46-8621-0c71ceece4c5/Klimatstrategiskt+program+för+Göteborg.pdf?MOD=AJPERES>
- Haglund. (2019). Ny hybridteknik kan både fånga och lagra solenergi. Stockholm: Conventus.
Hämtad (2020-04-25) från : <https://www.energinyheter.se/20191122/21090/ny-hybridteknik-kan-bade-fanga-och-lagra-solenergi>
- IVT Värmepumpar. (datum saknas). Naturkyla. Tranås: IVT värmepumpar.
Hämtad (2020-04-06) från: <https://www.ivt.se/kunskap/varmekallor/naturkyla/>
- Johanneberg Science Park. (2019). FED - Fossil Free Energy Districts. Göteborg: Johannebergs Science Park.
Hämtad (2020-03-08) från: https://www.johannebergsciencepark.com/sites/default/files/FED_boken_uppslag_0.pdf
- Ny Teknik. (2016). Billigare grön el ger fler mikronät. Stockholm: Ny Teknik.
Hämtad (2020-03-16) från: <https://www.nyteknik.se/energi/billigare-gron-el-ger-fler-mikronat-6336233>

Ny Teknik. (2017). Det första gröna mikronätet. Stockholm: Ny Teknik.
Hämtad (2020-03-16) från: <https://www.nyteknik.se/energi/det-forsta-grona-mikronatet-6875208>

Renova. (Datum saknas). Avfallskraftvärmeverket, Sävenäs.
Hämtad (2020-07-07) från: <https://www.renova.se/produkter-och-tjanster/anlaggningar/>

Riksbyggen. (2017). Klimatsmart och unik betong i Riksbyggen Brf Viva. Stockholm: Riksbyggen.
Hämtad (2020-04-06) från: <https://www.riksbyggen.se/globalassets/1-riksbyggen/hallbarhet/klimatsmart-betong.pdf>

Riksbyggen. (2019). För en mer hållbar framtid. Stockholm: Riksbyggen.
Hämtad (2020-03-25) från: <https://www.riksbyggen.se/hallbarhet/positive-footprint-housing/>

Riksbyggen. (2019). Fem idéer om framtidens bostäder. Stockholm: Riksbyggen.
Hämtad (2020-03-25) från: <https://www.riksbyggen.se/hallbarhet/positive-footprint-housing/innovationer/>

Riksbyggen. (2019). Riksbyggens brf Viva vinnare av titeln Årets Miljöbyggnad. Stockholm: Riksbyggen.
Hämtad (2020-03-25) från: <http://www.mynewsdesk.com/se/riksbyggen/pressreleases/riksbyggens-brf-viva-vinnare-av-titeln-aarets-miljoebyggnad-2930827>

Riksbyggen. (2019). Riksbyggens Brf Viva utsedd till "Årets bästa byggnad" i Göteborg. Stockholm: Riksbyggen.
Hämtad (2020-03-15) från: <https://www.mynewsdesk.com/se/riksbyggen/pressreleases/riksbyggens-brf-viva-utsedd-till-aarets-baesta-byggnad-i-goeteborg-2952141>

Riksbyggen. (2020). Brf Viva vinnare av Guldhemmet i kategorin "Årets bostadsutvecklare". Stockholm: Riksbyggen.
Hämtad (2020-03-25) från: <https://www.mynewsdesk.com/se/riksbyggen/pressreleases/brf-viva-vinnare-av-guldhemmet-i-kategorin-aarets-bostadsutvecklare-2979493>

Riksbyggen. (2020). Riksbyggens Brf Viva i Göteborg vinner Kasper Salin-priset. Stockholm: Riksbyggen.
Hämtad (2020-03-25) från: <http://www.mynewsdesk.com/se/riksbyggen/pressreleases/riksbyggens-brf-viva-i-goeteborg-vinner-kasper-salin-priset-2980702>

Samhällsbyggaren. (5:e uppl. 2010). Nyttan med värmetröga konstruktioner. Lund: Samhällsbyggaren.
Hämtad (2020-04-15) från: http://www.byggnadsmaterial.lth.se/fileadmin/byggnadsmaterial/Research/Workshop/Jonathan_Karlsson_et_al-Nyttan_med_varmetroga_konstruktioner-Samhallsbyggaren_5_2010.pdf

Statistiska centralbyrån. (2020). Befolkningsprognos för Sverige. Stockholm: Statistiska centralbyrån.
Hämtad (2020-05-20) från: <https://www.scb.se/hitta-statistik/sverige-i-siffror/manniskorna-i-sverige/befolkningsprognos-for-sverige/>

Stuns Energi. (2017). Solel i flerbostadshus.
Hämtad (2020-04-16) från:
<https://stunsenergi.se/wp-content/uploads/2017/05/Informationsrapport-Solel-i-flerbostadshus.pdf>

Solelkommissionen. (2020). Lägenhetskunder. Stockholm: Solelkommissionen.
Hämtad (2020-04-16) från:
<http://www.solelkommissionen.se/lagenhetskunder/>

Solelkommissionen. (2020). Lösningar. Stockholm: Solelkommissionen.
Hämtad (2020-04-18) från:
<http://www.solelkommissionen.se/forslag/>

Svensk Betong. (2017). Betong och klimat. Stockholm: Svensk Betong.
Hämtad (2020-04-05) från: http://thomasbetong.se/images/docs/Environment/Rapport%20Betong_och_klimat_Thomas%20Betong.pdf

Sweden Green Building Council. (2019). Indikatorer i miljöbyggnad. Stockholm: Sweden Green Building Council.
Hämtad (2020-03-22) från: <https://www.sgbc.se/certifiering/miljobyggnad/certifiera-med-miljobyggnad/indikatorer-i-miljobyggnad/>

Sweden Green Building Council. (2020). Vad är miljöbyggnad? Stockholm: Sweden Green Building Council.
Hämtad (2020-03-22) från: <https://www.sgbc.se/certifiering/miljobyggnad/vad-ar-miljobyggnad/>

Vattenfall. (2018). Går det att leva off grid? Stockholm: Vattenfall
Hämtad (2020-03-15) från: <https://www.vattenfall.se/fokus/trender-och-innovation/kan-vi-leva-off-grid/>

Vattenfall. (2019). Förnybar och fossilfri energi - vad är skillnaden? Stockholm: Vattenfall.
Hämtad (2020-03-10) från: <https://www.vattenfall.se/fokus/hallbarhet/fornybar-eller-fossilfri-energi/>

Figur 1. Illustration som visar Göteborgs energinät. Från Göteborgs Energi.

Figur 2. Flygfoto över brf Viva taget av Ulf Celander. Hämtad från
<http://ulfcelander.se/portfolio/uncategorised/flygfoto/>

Figur 3. Privat foto av elbussbatteri-rummet i brf Viva taget av Elin Wiksfors 2020-01-30.

6.1 Muntliga källor

Matilda Kjellander, biträdande projektledare Riksbyggen Göteborg (2020-01-31 första träff sedan löpande kontakt under arbetet).

Mats Bergh, VD Johanneberg Science Park (2019-11-27) (2020-05-19).



CHALMERS