



CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Omriktare för solceller med energilager

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet för Elektroingenjör

Simon Olofsson
Markus Johansson

Institutionen för Energi och miljö
Avdelningen för Elteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2017

Omriktare för solceller med energilager

Omriktare för solceller med energilager

Simon Olofsson
Markus Johansson

© Simon Olofsson, Markus Johansson, 2017

Institutionen för Energi och miljö
Avdelningen för Elteknik
Chalmers tekniska högskola
SE – 412 96 Göteborg
Sverige
Telefon +46 (0)31 – 772 1000

Förord

Vårt examensarbete har genomförts på Box of Energy i Göteborg. Arbetet har behandlat flera olika områden, men framförallt växelriktare och hur batterilager kan minska belastningen på elnätet vid laddning av laddhybrid- och elbilar.

Vi vill tacka alla på Box of Energy som gjort vårt examensarbete möjligt. Framförallt vill vi tacka Fredrik Stigebrandt och Joel Strand för deras engagemang och handledning. De har slussat oss rätt när vi haft frågor och funderingar och det har bidragit till ett gott utfört arbete.

På Chalmers tekniska högskola vill vi tacka vår handledare och examinator Ola Carlson för det stöd han gett oss. Han har, under arbetets gång, gett oss råd om projektets upplägg och om hur beräkningar och dylikt skulle genomföras.

Sammanfattning

Box of Energy är ett företag i Göteborg som erbjuder batterilager både i anslutning till sol- och vindenergi och i direkt anslutning med elnätet. De arbetar med att höja den uteffekt som deras batterilager för nuvarande klarar av att leverera. Ett sätt att lösa denna fråga är att hitta en ny växelriktare. De hade även fått i uppdrag att beräkna hur många batterilager som skulle behövas vid en garagelänga i ett bostadsområde där det ska laddas laddhybrid- och elbilar.

Syftet med detta arbete har varit att hitta en ny växelriktare för Box of Energys räkning. Detta för att kunna säkerställa en högre uteffekt från deras batterilager. En marknadsundersökning genomfördes genom att besöka olika leverantörers hemsidor och där gå igenom olika datablad för de växelriktare som de erbjöd. Projektet fortskred sedan genom att göra jämförelser mellan olika batterilager som finns på marknaden. Även där så besöktes olika hemsidor och en genomgång av olika datablad. Slutligen så utfördes beräkningar på ett bostadsområde. Området bestod av 150 villor med garagelängor om 16 garage. Då laddning av bilarna i garagen antas ske samtidigt så leder detta till en hög belastning på elnätet. Genom att installera batterilager mellan elnätet och bilarna så kan man minska den belastning som uppstår på elnätet vid simultanladdning.

Genom marknadsundersökningen så kunde man snabbt konstatera att det finns ett väldigt stort utbud av växelriktare. De varierar både i kapacitet och fysisk storlek. Den växelriktare som var mest intressant var SG10KTL-EC och levereras av Sungrow power. Vad gäller bostadsområdet så kan man snabbt konstatera att den mängd batterilager som krävs beror på vilken laddningseffekt bilarna kräver. Skulle det endast finnas elbilar så ser man att detta skulle leda till den största belastningen och då krävs det flest batterilager. Samtidigt så ser man också vad det innebär att inte ha batterilager i garagelängan då nuvarande säkringen inte kommer räcka till. Man kommer behöva förlägga nya kablar och uppgradera säkringarna. Skulle däremot en, i dagsläget teoretisk, mjukvara implementeras som kan fördela laddningen av bilarna under natten så blir belastningen betydligt mindre och då skulle inte batterilager vara en nödvändig lösning.

Abstract

Box of Energy is a company in Gothenburg who offers battery storage in connection to both solar energy and wind energy and direct connection to the electric grid. They are working to raise the output power that their battery storage can deliver. One way to solve that is to find a new inverter. The company have also received a project to calculate how much battery storage is needed for a row of garages in a residential area where plug-in hybrid and electric cars will be charging.

The purpose of this essay has been to find a new inverter for Box of Energy. This, so the company would be able to increase the output power of their battery storage. A market research was made by going to different inverter manufactures homepages and go through their datasheets for the inverters they offered. The project then went on to compare different providers of battery storages on the market. This was also done by visiting their homepages and going through datasheets. Then, lastly, calculation of the charging power for hybrid and electrical cars in a residential area was carried out. The area consisted of 150 houses and rows of garages with 16 garages on each row. The charging of the cars is assumed to happen simultaneously and that leads to very high load on the electric grid. By installing battery storage between the electric grid and the cars the load will be lower.

Through the market research it was established that there is a big range of different inverters. They vary in both capacity and physical size. The inverter that was considered the most interesting one was SG10KTL-EC and is delivered by Sungrow power. When it comes to the residential area it could be established that the amount of battery storage was linked to the charging power that the cars demanded. If the garages only contained electric cars and not plug-in hybrids the load would be the highest and demand the biggest amount of battery storage units. At the same time, it could be established that the effect of not using any battery storage would lead to the need of changing the fuse since the original one would be too low. It would also be needed to install new cables. Should, on the other hand, a currently theoretical software be implemented that can distribute the charging of the cars evenly during the night, the load becomes significantly smaller and then battery storage would not be a necessary solution.

Keywords: Battery storage, Inverter, Plug-in hybrid, Electric car

Innehållsförteckning

1 Inledning.....	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte och frågeställning.....	1
1.3 Avgränsningar.....	1
2 Teknisk bakgrund av batterilager.....	3
2.1 Batterilager.....	3
2.2 Funktionsbeskrivning.....	3
2.3 Likriktare.....	3
2.4 Växelriktare.....	4
2.5 Användningsområden.....	4
3 Växelriktare.....	5
3.1 Bakgrund.....	5
3.2 Viktiga parametrar.....	5
3.2.1 Uteffekt.....	5
3.2.2 Strömmar.....	5
3.2.3 Optimerare (MPPT).....	5
3.3 Växelriktare med hybridfunktion.....	6
4 Marknadsundersökning.....	7
4.1 Tesla.....	7
4.2 Box of Energy.....	7
4.3 E.on.....	7
5 Projekt.....	8
5.1 Förutsättningar för projekt.....	8
5.2 Teori.....	8
5.2.1 Beräkning av effekt.....	8
5.2.2 Beräkning av strömmar.....	9
5.2.3 Beräkning av energi.....	9
5.3 Resultat.....	9
5.3.1 Lägsta säkring utan batterilager.....	9
5.3.2 Konsekvenser av att utelämna batterilager.....	9
5.3.3 Kapacitet.....	10
5.3.4 Laddeffekt.....	10
5.3.5 Kostnader utan batterilager.....	11
5.3.6 Kostnad för batterilager.....	12
5.3.7 Kostnadsjämförelse.....	13
5.3.8 Implementering av smart laddningssystem.....	14

6 Diskussion av resultat.....	15
6.1 Marknadsundersökning växelriktare	15
6.2 Marknadsundersökning batterilager	16
6.3 Resultat av projektet.....	18
6.3.1 Utelämnande av batterilager.....	18
6.3.2 Installation av batterilager	19
6.3.3 Implementering av smart laddningssystem	20
7 Miljöaspekter.....	21
7.1 El- och laddhybridbilar.....	21
7.2 Litium i batterier.....	21
7.3 För- och nackdelar med förnyelsebara energikällor	21
8 Slutsats	23
Bilagor.....	i
Bilaga A.....	i
Bilaga B.....	ii

1 Inledning

1.1 Bakgrund

I dagens samhälle blir det allt vanligare med batterilager. Man kan ta hjälp av batterilager i många olika områden. Några av dessa användningsområden är som energilager i solcells- och vindkraftsparker, spänningskälla vid strömavbrott, utjämning av effektoppar och laddningsstationer för el- och laddhybridbilar.

Användningsområdet laddningsstationer för el- och laddhybridbilar är ett relativt outforskat ämne. Det blir allt vanligare med el- och laddhybridbilar framför traditionella bilar som går på fossila bränslen, inte bara för att det är bra för miljön att köra en el- eller laddhybridbil utan för att det även finns ytterligare ekonomiskt incitament i form av supermiljöbilspremierna som staten delar ut genom Transportstyrelsen [1].

Samtidigt som det är väldigt bra för miljön skapar det ett problem för elnätsgäerna då laddning av el- och laddhybridbilar drar höga strömmar från nätet. De höga strömmarna är extra påtagliga vid laddningsstationer eller liknande där flera bilar laddar upp sig på samma säkring. Som en lösning på problemet kan man installera batterilager mellan nätet och laddaren. Med hjälp av batterilagret kan man under längre tid ladda upp batterierna med lägre strömmar och sedan dra de höga effekterna från batterilagret istället för nätet.

1.2 Syfte och frågeställning

I ett bostadsområde, där hälften av de som bor där antas ha antingen elbilar eller laddhybridbilar, delar 16 garage på en säkring. Skulle alla bilarna laddas samtidigt kommer det att leda till en hög belastning på elnätet. Huvuduppgiften i arbetet är således att undersöka hur Box of Energys batterilager kan förhindra en hög belastning på nätet när flera bilar laddas samtidigt. I arbetet kommer även en marknadsundersökning att genomföras där ett urval av olika aktörer för både batterilager och växelriktare jämförs för att hitta fördelar och nackdelar mellan dem.

De frågor som ställs är:

- Kommer batterilager vara en möjlig lösning?
 - Hur mycket kan projektet kosta?
 - Om man inte använder batterilager, vad är konsekvenserna?
- Hur stora effektsparningar kan man göra med ett batterilager?
- Vilka skillnader finns det mellan aktörer för batterilager?
- Finns det en växelriktare som kan öka Box of Energys uteffekt från sina batterilager?

1.3 Avgränsningar

Uteffekten från batterilagren i projektet är bestämda utifrån Box of Energys specifikationer. Mängden energi som varje bil behöver att ladda är bestämd endast efter genomsnittlig körsträcka per dygn och genomsnittlig förbrukning per mil.

Projektet kommer behandla fyra fall:

- enbart laddhybridbilar som laddas med 16 A enfas,
- enbart laddhybridbilar som laddas med 10 A trefas,
- enbart elbilar som laddas med 32 A trefas
- en blandning där det är exakt hälften laddhybridbilar på 10 A trefas och hälften elbilar.

Effektfaktorn i alla beräkningar antas vara lika med 1. I marknadsundersökningen kommer enbart batterilager från tre olika aktörer att jämföras. Gällande växelriktare så kommer enbart ett urval av de som hittades att presenteras. Vidare har det i arbetet valts att elbilar laddas med 32 A, trefas. Det bör dock nämnas att elbilar kan också laddas enfasigt och då med en strömstyrka som är ställbar mellan 6-16 A.

2 Teknisk bakgrund av batterilager

I detta avsnitt kommer olika typer av batterilager att beskrivas. Det inkluderar hur de fungerar, vilka komponenter som ingår och inom vilka användningsområden dessa är lämpliga.

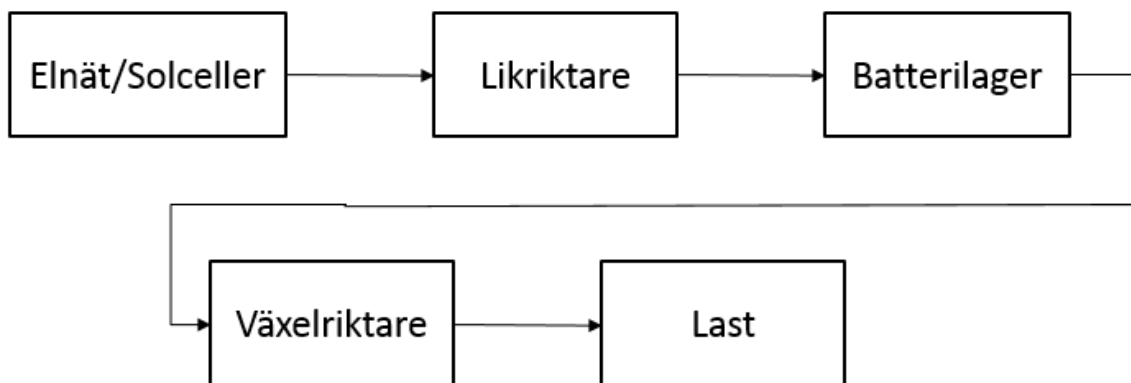
2.1 Batterilager

Batterilagret är det lager där den energi som genererats sparas. Utformningen av ett batterilager varierar från leverantör till leverantör. Det kan vara allt ifrån vilken batterityp som används till hur många batterier som faktiskt används. I stort sett alla aktörer använder sig idag utav litiumjonbatterier. Litiumjonbatterier har en mycket högre energitäthet jämfört med sina föregångare så som bly- och nickelkadmiumbatterier[2]. De förväntas även ha en längre livstid om man gör en jämförelse med andra batterier som tidigare använts i batterilager[2].

För att säkerställa att batterierna behandlas på bästa möjliga sätt så bör ett batteriövervakningssystem installeras. Detta gör man för att säkerställa att batterierna inte överladdas och för att övervaka den kapacitet som finns kvar i batteriet.

2.2 Funktionsbeskrivning

Ett batterilager kan användas i en rad olika situationer. Exempelvis kan ett batterilager installeras i anslutning till sol- eller vindkraftsanläggningar. Det kan även installeras i direkt anslutning till nätet för att möjliggöra laddning av batterier när kostnaden för el är låg. Givetvis skiljer sig de batterilager som finns på marknaden åt när det kommer till design och mjukvara. Däremot är de ganska lika när det kommer till de komponenter som används vid konstruktionen av batterilagret. I figur 1 illustreras en enkel bild över hur ett batterilager kan vara uppbyggt.



Figur 1 Uppbyggnad av batterilager

2.3 Likriktare

Likriktare, eller laddare, är till för att förse batterilagret med energi. En likriktare har en anslutningssida för växelspanning och en för likspänning. Detta innebär att den sida som är till för växelspanning kan anslutas direkt till nätet om man inte har tillgång till en sol- eller vindkraftsanläggning. Vid användning av en solcellsanläggning ansluter man en växelriktare mellan solcellerna och nätet för att kunna förse nätet med ström. Då kan en likriktare anslutas till denna växelriktare. Efter att den anslutits till växelspanningssidan ansluts sedan den andra sidan av likriktaren, likspänningssidan, till batterierna för att då kunna ladda batterierna. Detta beror på att batterier kräver likspänning. Alternativt ansluts en DC/DC-omriktare mellan solcellerna och batterilagret.

2.4 Växelriktare

Oavsett om ett batterilager är anslutet direkt från nätet eller från en förnyelsebar energikälla så behövs det en växelriktare. Växelriktarens uppgift är att omvandla den likspänning som finns i dels batterierna, men även den spänning som genereras i till exempel solceller, till växelspanning. Efter att växelriktaren omvandlat spänningen till växelspanningen kan den sedan anslutas till en villa, industri, elbil och så vidare.

2.5 Användningsområden

Batterilager kan idag användas i många olika konstellationer. Det kan dels användas vid lagring av sol- och vindkraftsenergi. Solenergi är det absolut vanligaste tillämpningsområdet där man lagrar solenergin på dagen och använder det på kvällen. En typisk solcellsanläggning för en villa har en uteffekt mellan 2-5 kW. Vindenergi kräver betydligt större batterilager på grund av att vindenergi genererar högre effekter och har en längre lagringstid, jämför med solenergi. Ungefär tre dagar är en lämplig lagringstid när det gäller vindenergi. Ett modernt vindkraftverk har en uteffekt mellan 2-5 MW.

Batterilager kan även användas genom direkt uppkoppling mot nätet. Många elbolag, tillsammans med andra aktörer som enbart fokuserar på energilager, erbjuder idag batterilager i kombination med egenproduktion av el. Detta möjliggör att man kan lagra överproduktionen och sedan nyttja den när elpriset förväntas vara högt.

Väljer man att ansluta sig direkt på nätet kan man använda sig av batterilager för att ladda batterierna under den tid på dygnet som elpriset är reducerat. Då kan man, under den tid som elpriset är dyrare, använda sig utav batterilagret för att göra besparingar.

Ett tredje fall, där batterilager kan vara en lösning, är vid laddningsstationer för elbilar. Med det ökade intresset för elbilar i dagens samhälle kommer en högre belastning på elnätet. Många av de säkringar som finns för gemensamma eluttag i bostadsområden och liknande är inte dimensionerade för den belastning som uppstår där fler bilar laddas samtidigt. Genom att installera ett batterilager så kan man minska belastningen på nätet. Då drar man den nödvändiga effekten som krävs för att ladda bilen genom batterilagret. Därefter laddar man upp batterierna när elpriset och belastningen är lägre på elnätet.

3 Växelriktare

Detta avsnitt kommer att handla om växelriktare. Framförallt kommer det att behandla växelriktare som är designade för solenergi. Avsnittet kommer även ta upp en marknadsundersökning som gjorts under projektet där olika parametrar för olika växelriktare kommer att jämföras.

3.1 Bakgrund

Under detta projekt har en marknadsundersökning om växelriktare, på uppdrag av Box of Energy, utförts. Undersökningen har varit inriktad på växelriktare som är byggda för solenergi. Marknadsundersökning gjordes genom en mängd sökningar på internet över kända tillverkare av växelriktare för solenergi. Tabeller har sedan sammanställts för att enkelt kunna jämföra dessa med varandra. Enligt den undersökning som utfördes så verkar dessa växelriktare inom intervallet 500-1000 V.

3.2 Viktiga parametrar

När man kollar på växelriktare finns det en rad viktiga parametrar att hålla reda på. Nedan följer ett avsnitt som kommer behandla de parametrar som funnits mest intressanta i detta projekt.

3.2.1 Uteffekt

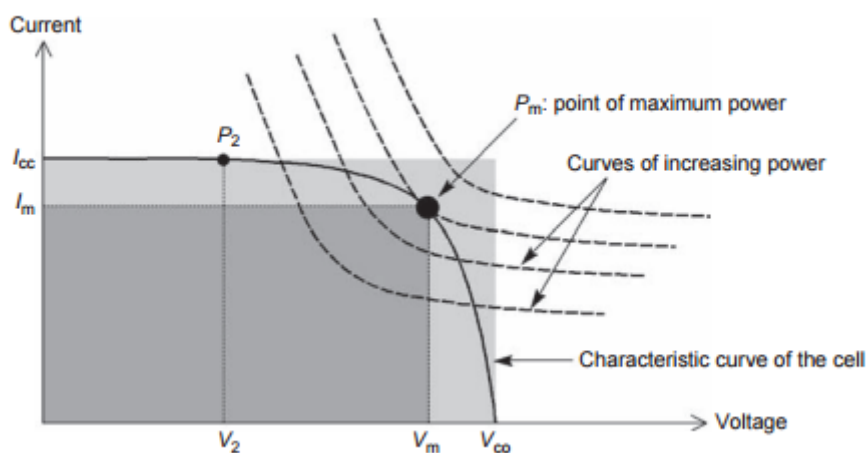
Under marknadsundersökningen har en viktig parameter varit uteffekten, alltså hur mycket effekt klarar växelriktaren att leverera vid drift. Generellt så eftersträvar man en så hög uteffekt som möjligt. Den effekt som finns angiven i databladen är den maximala effekt växelriktaren kan leverera. Ofta brukar växelriktare för solenergi ha något som heter optimerare på svenska eller maximum power point tracker (MPPT) på engelska. En utförligare beskrivning av vad en optimerare är kommer senare i detta avsnitt.

3.2.2 Strömmar

En annan viktig parameter när man väljer växelriktare är de inströmmar som den klarar av. Inströmmarna, liksom uteffekterna, varierar ganska kraftigt beroende på vilken typ av växelriktare man väljer. Genom att studera de olika databladen för olika växelriktare så ser man ganska snabbt vilka inströmmar den klarar av. Även här är det viktigt att kontrollera hur många optimerare växelriktaren har. Detta är viktigt eftersom den maximala inström som den klarar av ofta är angivet efter de antal optimerare som används. Detta innebär då att ifall man bara kan, eller vill utnyttja en optimerare, så kan strömtåligheten minska.

3.2.3 Optimerare (MPPT)

När man använder solceller så är det viktigt att få ut så hög effekt som möjligt från dem. Genom att använda sig av optimerare så kan man öka effekten från solcellerna. Om man studerar den ström-spänningskaraktäristiska grafen, i figur 2, för en solcell så ser man att det finns en punkt i kurvan där maximal effekt erhålls. Detta kallas för maximum power point. Genom att installera en MPPT så kan man följa den punkten så nära som möjligt [3].



Figur 2 Ström-spänningskaraktäristiskagrafen för en solcell [4]

En optimerare är egentligen bara en DC-DC omvandlare. Detta eftersom den spänning som genereras av solceller är likspänning. MPPT fungerar genom styrning av pulskvoten. Lastimpedansen, sett från spänningskällan, varierar när pulskvoten förändras. Sedan jämförs lastimpedansen hela tiden med den maximala effektpunkten för att då generera så hög effekt som möjligt [3].

Olika förutsättning gäller för olika växelriktare. Under den marknadsundersökning som gjordes i detta projekt hade merparten av växelriktarna inbyggda optimerare. Det finns undantag och i de fallen så installeras dessa optimerare separat. När dessa installeras separat så innebär det att en optimerare ansluts till en solcellsmodul. Har man då flera moduler så ansluts optimerare till alla moduler separat. Det innebär att man följer varje modul enskilt och ser till att dess elproduktion är så effektiv som möjligt [5].

Använder man istället inbyggda optimerare så ansluts solcellerna i strängar. Strängar innebär att solcellerna seriekopplas. Detta innebär i sin tur att växelriktaren kommer att uppfatta alla solceller som en enda stor solcell. Hela strängen ansluts sedan direkt till växelriktaren. En av fördelarna med denna metod är att det endast behövs en växelriktare för hela anordningen. Nackdelen är att denna lösning är mer känslig för miljömässiga förändringar. Skulle till exempel en skugga befinna sig över en del av solcellerna så kan detta leda till att effektiviteten i hela anläggningen minskar [5].

3.3 Växelriktare med hybridfunktion

I regel, när man installerar en växelriktare tillsammans med ett batterilager, så måste en laddare installeras samtidigt. Ett sätt att slippa laddare är att använda sig av en växelriktare med hybridfunktion. Växelriktaren utför då laddarens uppgifter vilket innebär att man slipper en komponent i batterilagersystemet. Det kan uppstå vissa komplikationer vid installation av växelriktare med hybridfunktion. Dels kan uppkopplingen av anordningen bli mer komplicerad. Det finns också risk för att den kommer att vara mindre effektiv då den utför flera uppgifter, omvandling och laddning, jämfört med inkoppling av växelriktare och laddare separat. När man använder en hybrid är det också väldigt viktigt att kontrollera att växelriktaren är kompatibel med batteriets spänningsnivå [6].

4 Marknadsundersökning

I dagsläget finns det en uppsjö av aktörer på marknaden inom batterilager. I det här avsnittet har tre olika återförsäljare valts ut och jämförts. Företagen är Box of Energy, Tesla och E.on. Tesla valdes eftersom att det är ett av det mest kända företaget på marknaden och E.on eftersom det är ett känt, stort tyskt företag. I bilaga B finns en sammanställning av de olika batterilagren.

4.1 Tesla

Tesla har två olika batterilagren, Powerwall och Powerpack. Powerwall riktar sig mot privatpersoner medan Powerpack riktar sig mot företag. Båda deras produkter är modulära, det vill säga att de går att utöka energikapaciteten genom att koppla samman flera stycken. Powerwallen är en liten och kompakt låda och, som man hör på namnet, går att hänga på väggen. Den har en inbyggd växelriktare vilket gör att det enkelt går att installera hemma utan några extra komponenter. Powerpacken är stora skåp med en mycket hög kapacitet och är, till skillnad från de andra batterilagren i jämförelsen, i stort sett enbart riktade till företag och elleverantörer. Trots att skåpen är väldigt stora så finns det inte en inbyggd växelriktare utan den är extern. Ett av världens största litiumjonbatterilagren, som har en kapacitet på 80 MWh, består av Teslas Powerpack och finns i södra Kalifornien [7]. Både Powerwall och Powerpack finns enbart i de två storlekar, 13,5 kWh respektive 210 kWh, som återfinns i bilagan B.

4.2 Box of Energy

Box of Energy har även de två olika batterilagren, One och Pro. Båda varianterna riktar sig till både privatpersoner och företag. Båda är också modulära. One finns enbart i de specifikationer som ges i bilaga B medan Pro finns fyra olika storleksordningar, från 7 till 28 kWh den största återfinns i bilaga B. Det alternativet med högst energikapacitet, Pro, är ett stort skåp och det alternativet med lägre energikapacitet, One, är en stor låda.

4.3 E.on

E.on bygger inte några egna system utan agerar återförsäljare. De använder sig av batterilagren från Fronius och Sonnen. Sonnens batterilagren består av tre olika fysiska storlekar. Den minsta, på 2 kWh, är lik Teslas Powerwall och går att hänga på väggen. De andra två storlekarna är ett lägre och ett högre skåp. Det lägre skåpet har en lagring från 4 till 10 kWh medan det högre går från 4 till 16 kWh. Sonnens batterilagren finns både i enfas och trefas, men eftersom E.on enbart har med trefas alternativen är det de som tas med här. Fronius har enbart en gemensam fysisk storlek på sina batterilagren fast med olika kapaciteter, från 3,6 kWh till 9,6 kWh. Dock saknar lådan en intern växelriktare.

5 Projekt

I detta avsnitt kommer resultaten över de beräkningar som gjorts att presenteras.

5.1 Förutsättningar för projekt

En garagelänga på 16 garage delar på en 16 A säkring. Denna garagelänga kommer att fyllas till hälften med laddhybridbilar och elbilar enligt de olika fallen i tabell 1.

Tabell 1 Beskrivning av de fyra fallen

Fall	Beskrivning
Fall 1	Åtta stycken laddhybridbilar, 16 A enfas
Fall 2	Åtta stycken laddhybridbilar, 10 A trefas
Fall 3	Åtta stycken elbilar, 32 A trefas
Fall 4	Fyra stycken laddhybridbilar, 10 A trefas, och fyra stycken elbilar, 32 A trefas

Tre olika batterilager från Box of Energy kommer användas i projektet. De första två finns i dagsläget och är ett trefasigt batterilager på en uteffekt av 4,2 kW och ett enfasigt på 3 kW. Det tredje batterilagret kommer att tas i bruk till 2021 och är ett trefasigt batterilager med en uteffekt på 13 kW.

Batterilagrena är uppbyggda i fyra nivåer, med möjlighet att installera ett batteripack på varje plan. Ett batteripack har en användbar energikapacitet på 7 kWh och således blir den maximala energin för ett skåp 28 kWh. Batterilagret ska placeras mellan elnätet och den eller de bilar som ska laddas. Genom att ansluta batterilagret till elnätet så kan man under natten ladda upp batterierna långsamt för att minska belastningen på nätet. Laddningen sker genom batterilagrets anslutning till elnätet.

En laddhybridbil eller elbil har en genomsnittlig förbrukning på 2 kWh/mil. Enligt en undersökning gjord av RUS (Regional utveckling och Samverkan) så kör en människa i Sverige i genomsnitt 3,37 mil/dag [8]. I detta innefattas pendling till och från arbetet, diverse resor till butiker och dylikt samt andra aktiviteter.

5.2 Teori

Under detta avsnitt kommer den teori som är nödvändig för att dimensionera batterilager i anslutning till ett bostadsområde behandlas.

5.2.1 Beräkning av effekt

I projektet kommer beräkningar för den effekt som krävs vid laddning av bilarna att utföras. Uträkningarna kommer att fördelas på ett garage. Därefter kan man summera de effekter som krävs för totalt 16 garageplatser. Beräkningar kommer att skilja sig beroende på vilken typ av bil det är som laddas. Då framförallt där laddhybridbilar använder sig av enfasladdning alternativt trefasladdning och elbilar enbart nyttjar trefasladdning. Eftersom privatpersonerna kommer att ladda sina bilar i garaget förutsätts i detta projekt att spänningen, U , kommer att vara 230 V. Strömmen, I , kommer att vara den ström som en bil kräver vid laddning. Är dessa faktorer kända så kan man bestämma den effekt som krävs vid laddning av en laddhybridbil, enfasigt,

$$P = U * I * \cos \varphi, \text{ där } \cos \varphi \text{ är effektfaktorn.}$$

På nästintill samma sätt kan effekten för en bil som laddas via en trefasanslutning beräknas, då med en spänning på 400 V, trefasigt,

$$P = \sqrt{3} * U * I \cos \varphi$$

5.2.2 Beräkning av strömmar

Eftersom garagen kan ses som parallellkopplingar kan man enkelt summera de strömmar som kommer att dras från nätet när bilarna laddas,

$$I_{tot} = \sum_{n=0} I_n,$$

där I_n är de delströmmar som finns i varje garage. Strömmarna som laddarna drar finns redan angivna och de beror på vilken typ av bil det är som laddas och om det är en- eller trefas.

5.2.3 Beräkning av energi

För att räkna ut totala energi som en bil behöver laddas upp med per dag kontrollerar man på genomsnittlig förbrukning och genomsnittlig körsträcka per dag.

$$\text{Energi per dag} = \text{Förbrukning} * \text{Körsträcka per dag}$$

5.3 Resultat

I det här avsnittet kommer resultat från projektet att presenteras. I tabell 2 presenteras de fyra olika fallen som projektet är utformat efter.

Tabell 2 Beskrivning av de olika fallen

Fall	Beskrivning
Fall 1	Enbart laddhybridbilar, 16 A enfas, 3,7 kW
Fall 2	Enbart laddhybridbilar, 10 A trefas, 6,9 kW
Fall 3	Enbart elbilar, 32 A trefas, 22,2 kW
Fall 4	50 % laddhybridbilar, 10 A trefas, och 50 % elbilar, 32 A trefas, 6,9/22,2 kW

5.3.1 Lägsta säkring utan batterilager

I tabell 3 återfinns resultatet för lägsta säkring som de olika fallen kräver vid maximal belastning. Vid trefasig laddning räknas belastningsström fram genom att multiplicera laddningsström med antal som laddar. Vid enfasig laddning kan som mest sex stycken ladda på samma fas samtidigt, det blir då maximal belastning.

Tabell 3 Lägsta huvudsäkring för de olika fallen

Fall	Laddningsström [A]	Antal som laddar	Total ström [A]	Total effekt [kW]	Lägsta huvudsäkring [A]
Fall 1	16	6	96	22,1	100
Fall 2	10	8	80	55,4	100
Fall 3	32	8	256	177,4	300
Fall 4	10/32	4/4	40+128=168	116,4	200

5.3.2 Konsekvenser av att utelämnat batterilager

Som man kan se i tabell 3 är det relativt höga strömmar som kommer att krävas vid laddning av bilarna samtidigt. Eftersom garagen delar på en 16 ampere säkring observerar man ganska snabbt att den säkring som finns kommer att lösa ut så fort fler än tre bilar laddar samtidigt vid enfasladdning och mer än en bil vid trefasladdning. Så vid detta stadié så inser man att den befintliga säkringen inte kommer att räcka till. I tabell 3 kan man utläsa vilka säkringar som krävs i de olika fallen. Eftersom garagen är säkrade med 16 ampere görs antagandet att säkringen i kabelskåpet ligger på 25 ampere. Detta för att säkringen i garaget ska lösa ut innan säkringen i kabelskåpet. Kabeln mellan garaget och kabelskåpet är förlagd i marken under standardförhållanden. Det innebär att marktemperaturen är 20

°C och omgivningstemperaturen är 30 °C [9]. Genom att välja en kabel med grövre area kan man säkerställa att spänningsfallet mellan kabelskåp och garage ligger inom rimliga gränser vilket brukar innebära att spänningen inte får minska med mer än 5 % mellan anslutningspunkterna [9]. Kabelarean antas därför vara 10 mm² och av aluminium och där isoleringsmaterialet är PEX (tvärbunden polyeten).

Genom att läsa i Elinstallationsboken observerar man ganska snabbt att även om man höjer säkringen till de nivåer som krävs så kommer inte kabeln klara av de belastningarna som uppstår [9]. Den kabel som finns i dagsläget klarar av en kontinuerlig ström på max 46 A. I tabell 4 presenteras de olika kabelstorlekarna som krävs för de olika fallen.

Tabell 4 Belastningsström och kabelarea för de olika fallen

Fall	Belastningsström (A)	Kabelarea (mm ²)
Fall 1	96	50
Fall 2	80	35
Fall 3	256	300
Fall 4	168	120

5.3.3 Kapacitet

Tabell 5 visar på hur många bilar som kan ladda på ett batterilager enbart sett till batterilagrets energikapacitet. Tabellen bygger på de värden för batterilagret som återfinns i teorin, vilket är 28 kWh.

Tabell 5 Energikapacitet som krävs för de olika fallen

	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 4
Körsträcka per dag [km]	33,70	33,70	33,70	33,70
Förbrukning [kWh/km]	0,20	0,20	0,20	0,20
Förbrukning per dag [kWh]	6,74	6,74	6,74	6,74
Antal bilar som kan ladda på ett batterilager sett till energi	4,15	4,15	4,15	4,15
Antal batterilager som behövs sett till energi	1,93	1,93	1,93	1,93

Eftersom projektet utgår från att laddhybridbilar och elbilar förbrukar lika mycket så ser man ingen skillnad i resultatet som visas ovan. Maximalt antal bilar som kan ladda på ett batterilager blir 4 stycken. Detta resulterar det krävs 2 batterilager på 16 garage när hälften garagen har en laddhybridbil eller elbil.

5.3.4 Laddeffekt

I tabell 6 presenteras hur mycket effekt varje fall kräver som mest. De givna uteffekterna från batterilagren på 4,2 kW (2017) och 13 kW (2021) vid trefas och 3 kW (2017) vid enfas ligger som underlag. För enfas laddning vid 2021 delar man upp faserna i det trefasiga batteriskåpet och får då en uteffekt på 4,3 kW per fas.

Tabell 6 Antal batterilager som krävs för att samtliga bilar ska kunna ladda på maximal effekt samtidigt

	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 4
Laddspänning [V]	230	400	400	400
Total Laddeffekt [kW]	22,08	55,43	177,36	116,39
Antal batterilager som behövs för att ladda på maximal effekt (2017)	7,36	13,20	42,23	27,71
Antal batterilager som behövs för att ladda på maximal effekt (2021)	5,12	4,26	13,64	8,95

5.3.5 Kostnader utan batterilager

I tabell 7 återfinns några av de kostnader som kan tänkas tillkomma om det är aktuellt med förläggning av nya kablar. Till detta kommer även kostnad för projektering, nya mätare och dylikt. Dessa priser är hämtade ifrån EBR:s kostnadskatalog [10]. Efter att den nya anslutningen är upprättat så tillkommer även kostnader för anslutning av högre säkring, en så kallad nätavgift. I tabell 8 presenteras uppgifter för nätavgifter beroende på vilken säkring som krävs.

Tabell 7 Pris för de olika delarna per kilometer

	Pris
Schaktning	646 673 kr/km
Kabel	108 000 kr/km
Förläggning av rör	125 791 kr/km
Summa	880 464 kr/km

Tabell 8 Priser för olika servissäkringar från olika företag

Servissäkring kostnad	Upplands energi	C4 Energi	Jönköpings energi	Karlshamn energi	Kraftringen
100 A	59 000 kr	37 000 kr	32 000 kr	45 700 kr	51 500 kr
200 A	109 000 kr	58 000 kr	58 000 kr	85 000 kr	82 500 kr
300 A	-	90 000 kr	-	-	-
öre/kWh	62,66	4,33	13,20	28,20	16
Avgift/år (100 A)	15 898 kr	27 752 kr	11 684 kr	-	22 800 kr
Avgift/år (200 A)	31 096 kr	70 248 kr	23 472 kr	-	48 336 kr
Avgift/år (300 A)	-	-	-	-	-

Tabell 9 Genomsnittlig kostnad för olika servissäkringar

Servissäkring kostnad	Total kostnad	Genomsnitt
100 A	225 200 kr	45 040 kr
200 A	392 500 kr	78 500 kr
300 A	-	-
öre/kWh	124,39	24,878
Avgift/år (100 A)	78 134 kr	19 534 kr
Avgift/år (200 A)	173 152 kr	43 288 kr
Avgift/år (300 A)	-	-

Kostnaderna i tabell 9 har tagits fram genom att beräkna ett snitt från fem olika elleverantörer. Detta gjordes för att få fram ett pris som är någorlunda representativt för hela Sverige. Sammanställer man sedan dessa kostnader tillsammans med kostnaderna i tabell 10 så får man följande resultat.

Tabell 10 Totalkostnad för 100 A respektive 200 A

	100 A	200 A
Säkring kostnad	45 040 kr	78 500 kr
Nätavgift	19 534 kr	43 288 kr
Kostnad för kabelförläggning	880 464 kr	880 464 kr
Summa	945 038 kr	1 002 252 kr

Genom att studera tabell 10 ser man att kostnaden för att installera nya säkringar i nivåer om 100-200 A kostar omkring en miljon svenska kronor. Värt att notera är att kostnaderna för kabelförläggning är per kilometer och priset kan därför komma att sjunka beroende på vilket avstånd det är.

5.3.6 Kostnad för batterilager

Ett batterilager från Box of Energy kostar från 100 000 kr till 400 000 kr. Sedan tillkommer ett bidrag som drar ner priset med 30 %, vilket ger en kostnad från $100\,000 \cdot 0,7 = 70\,000$ kr till $400\,000 \cdot 0,7 = 280\,000$ kr. Box of Energy räknar också med en årlig prisreduktion på 10 % vilket leder till att batterilagren vid 2021 kommer att kosta från $70\,000 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 45\,927$ till $280\,000 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 183\,708$ kr.

I tabell 11 presenteras vad det skulle kosta med batterilager om man enbart ser på antalet som krävs för att ge maximal laddningseffekt i de olika fallen och använder sig av batterilager med 28 kWh.

Tabell 11 Kostnad för batterilager med 28 kWh sett till hur många som krävs vid maximal laddningseffekt

	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 4
Antal batterilager som behövs för att ladda på maximal effekt (2017)	8	14	43	28
Antal batterilager som behövs för att ladda på maximal effekt (2021)	6	5	14	9
Kostnad för batterilager med maximal energikapacitet vid 2017	2 240 000 kr	3 920 000 kr	12 040 000 kr	7 840 000 kr
Kostnad för batterilager maximal energikapacitet vid 2021	1 102 248 kr	918 540 kr	2 571 912 kr	1 653 372 kr

Men eftersom Box of Energys batterilager blir billigare om man går ner i antalet batteripacks i varje

skåp, så finns nedan tabell som redovisar kostnaderna när man ser till att enbart uppfylla precis så mycket energi som krävs. De olika nivåerna är 7, 14, 21 respektive 28 kWh och de prissätts efter deras nominella energinivå. Priset per kWh är 10 000 kr och de nominella energinivåerna är 10, 20, 30 respektive 40 kWh.

Tabell 12 Kostnad för batterilager när energikapaciteten minskas till det som behövs

	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 4
Antal batterilager som behövs för att ladda på maximal effekt (2017)	8	14	43	28
Antal batterilager som behövs för att ladda på maximal effekt (2021)	6	5	14	9
Antal kWh per batterilager vid 2017	6,74	3,85	1,25	1,93
Antal kWh per batterilager vid 2021	8,99	10,78	3,85	5,99
Kostnad för batterilager vid 2017	560 000 kr	980 000 kr	3 010 000 kr	1 960 000 kr
Kostnad för batterilager vid 2021	551 124 kr	459 270 kr	642 978 kr	413 343 kr

När man sänker energinivån i batterilagret så att de matchar behovet ser man en stor prissänkning i alla de olika fall.

5.3.7 Kostnadsjämförelse

Som man kan se i tabell 13 så är det lönsamt batterilager i vissa fall. Men att ta i beaktning är att det ingår en årskostnad på 19 534 kr för 100 A säkring och 43 288 kr för 200 A säkring. Sedan har inte en eventuell uppgradering av nätstationen tagits i beaktning, vilket skulle öka priserna avsevärt.

Tabell 13 Kostnadsjämförelse mellan med eller utan batterilager

	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 4
Kostnad för batterilager vid 2017	560 000 kr	980 000 kr	3 010 000 kr	1 960 000 kr
Kostnad för batterilager vid 2021	551 124 kr	459 270 kr	642 978 kr	413 343 kr
Kostnad utan batterilager	945 038 kr	945 038 kr	-	1 002 252 kr

I tabell 14 redovisas hur lång tid det tar innan investeringen av batterilager är lönsamt för varje fall. Fallen som saknar värde är lönsamt direkt.

Tabell 14 Tid tills investering av batterilager är lönsamt

	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 4
Tid till lönsamt 2017 [år]	-	1,74	-	21,82
Tid till lönsamt 2021 [år]	-	-	-	-

5.3.8 Implementering av smart laddningssystem

Om ett mjukvarusystem implementerades som kunde jämnt fördela laddningen av bilarna i garagelängan över natten så skulle batterilager inte vara nödvändigt. I tabell 15 bevisas att i fall 1 och fall 2 klarar befintlig säkring den laddningseffekt som krävs av bilarna och i fall 3 och fall 4 behöver säkringen höjas till 32 A. Dock leder inte den förhöjda säkringen till någon väsentlig ökad kostnad. I dagsläget finns dessvärre inte ett sådant system tillgängligt.

Tabell 15 Fördelning av laddning över natten

	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 4
Tillgänglig laddningstid i minuter (17:00-07:00)	840	840	840	840
Laddningstid per bil på maximal effekt [min]	110	58	18	58 respektive 18
Total laddningstid om enbart en bil åt gången (undantag för enfas, då tre bilar samtidigt) [min]	293	467	146	306
Säkring [A]	16	10	32	32

6 Diskussion av resultat

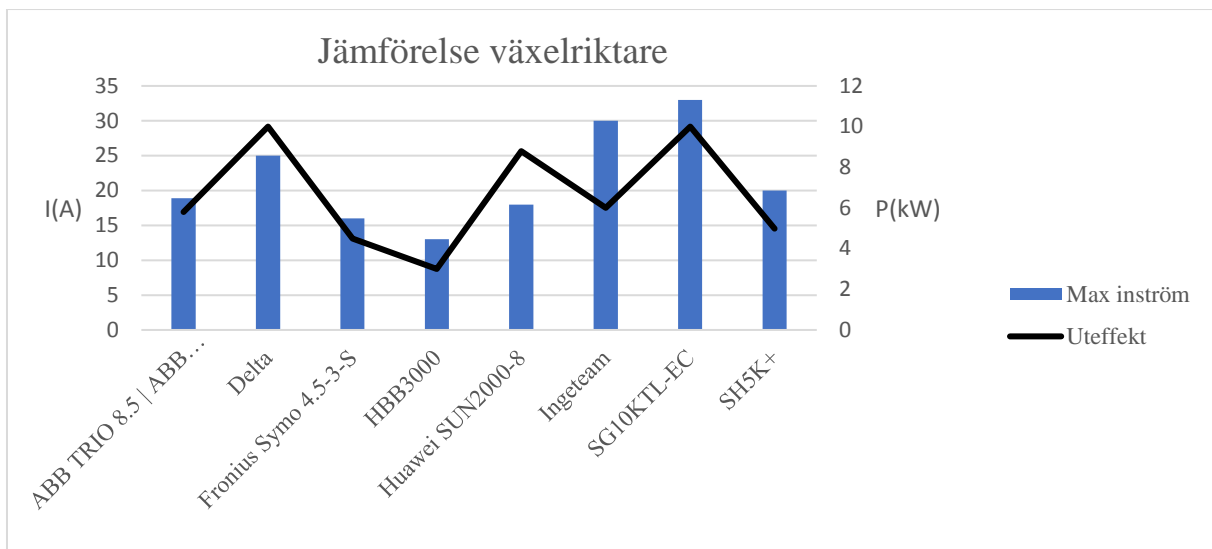
I detta avsnitt kommer de resultat som erhållits i båda marknadsundersökningarna och projektdelen att diskuteras.

6.1 Marknadsundersökning växelriktare

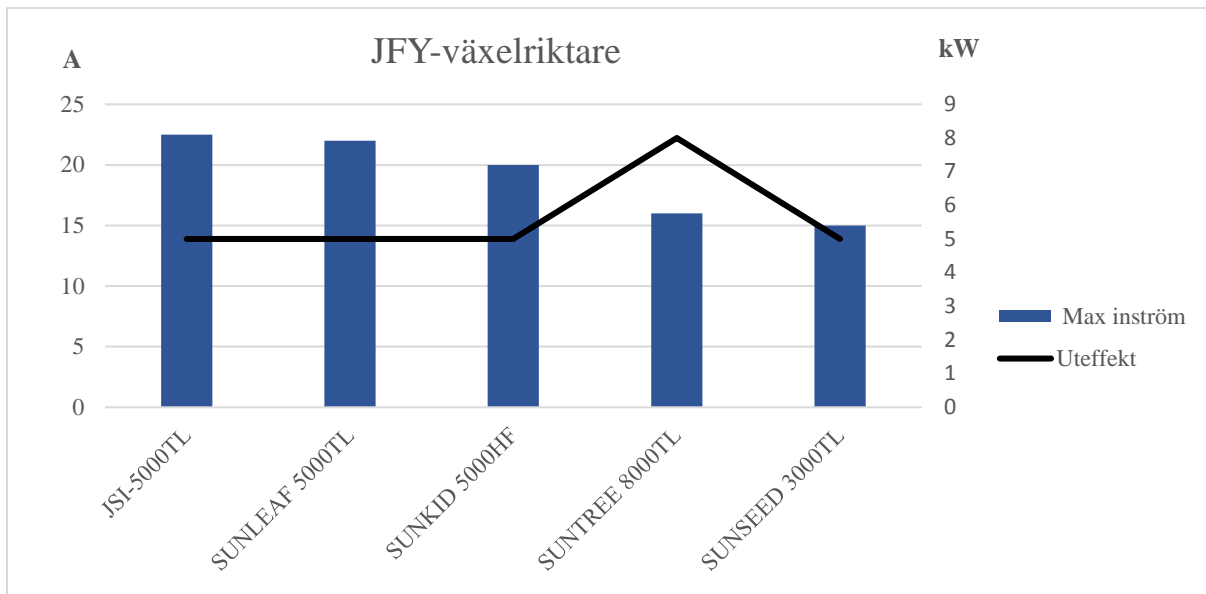
Det finns en uppsjö av växelriktare på marknaden och det räcker med att göra en sökning på internet så får man en rad olika förslag. Skillnaderna mellan dem är inte särskilt stora utan ligger ungefär i de intervall som presenteras i graf 1 och 3 nedanför. Mer ingående information angående de olika växelriktarna finns i bilaga A. Strömmarna i graferna nedan är den maximala ström som växelriktarna klarar av om man använder de MPPT:er som finns tillgängliga.

Beroende på vilka behov som finns så passar olika växelriktare olika bra. Har man möjlighet att utnyttja de optimerare som finns tillgängliga så är SG10KTL-EC den bästa. Den är dimensionerad för en relativt hög ström och den kan också leverera en tillräcklig uteffekt. En annan växelriktare som har goda förutsättningar är den från Ingeteam. Även den klarar av högre strömstyrka. Nackdelen med den växelriktaren är att den är enfas. För att konstruera ett trefassystem måste därför tre stycken införskaffas. Det medför givetvis en högre kostnad jämfört med de andra lösningarna.

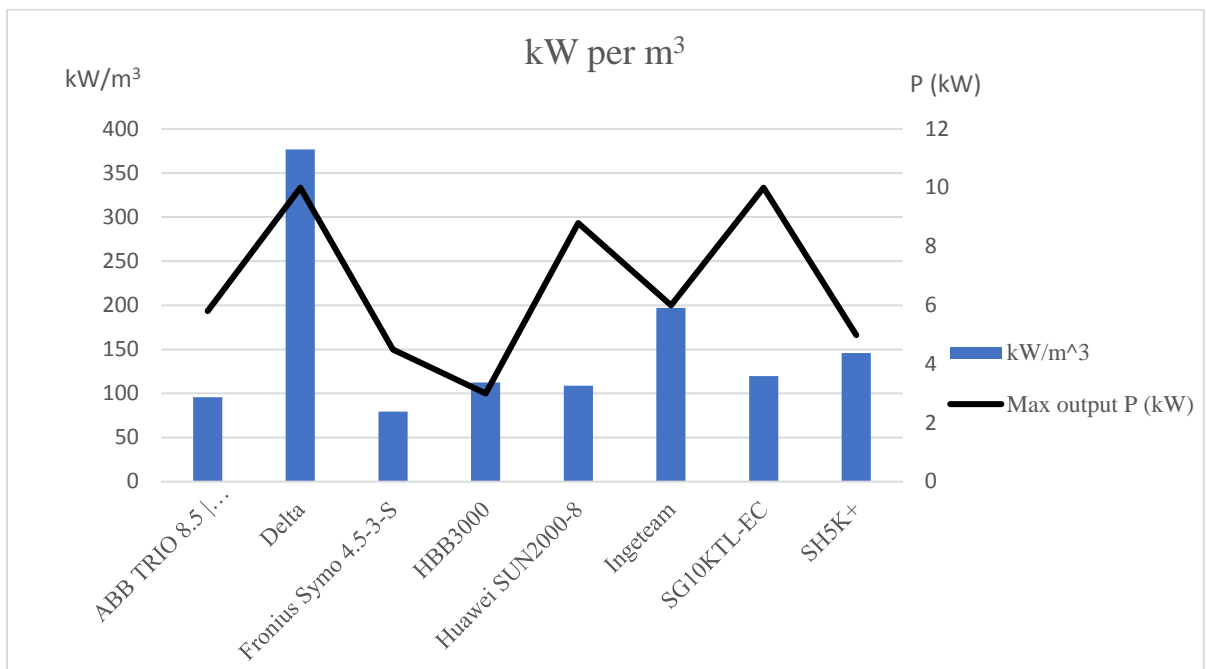
Alla dessa som presenteras nedanför är avsedda för hemmabruk. Det finns växelriktare som är anpassade för solceller som klarar av att leverera ännu högre uteffekter. Skillnaden är då att dessa är separata skåp vilket kan vara svårt att installera i begränsade utrymmen.



Graf 1 Jämförelse växelriktare



Graf 2 Jämförelse av växelriktare från JFY

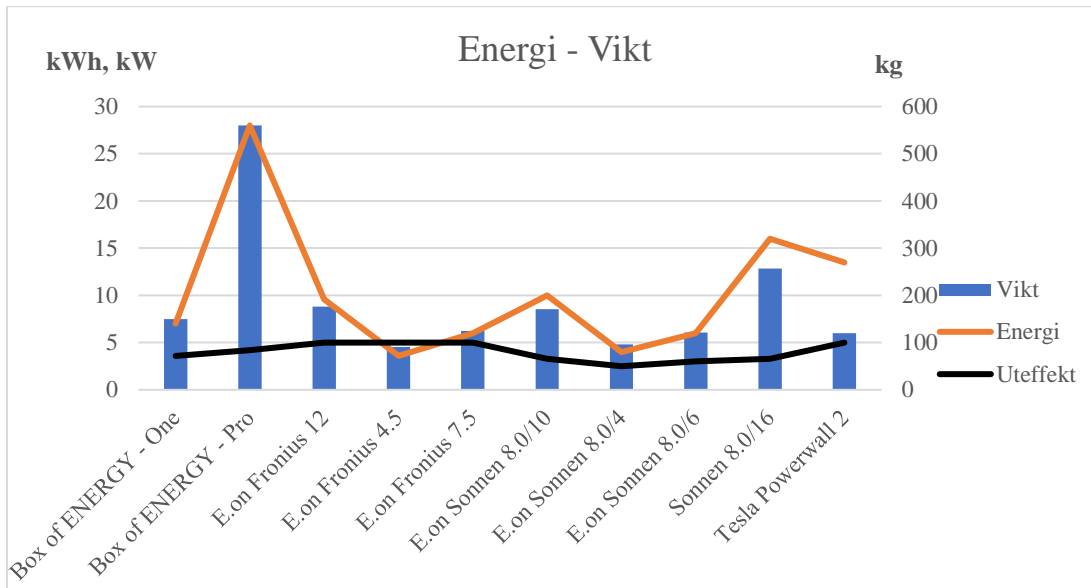


Graf 3 Uteffekt i förhållande till volym

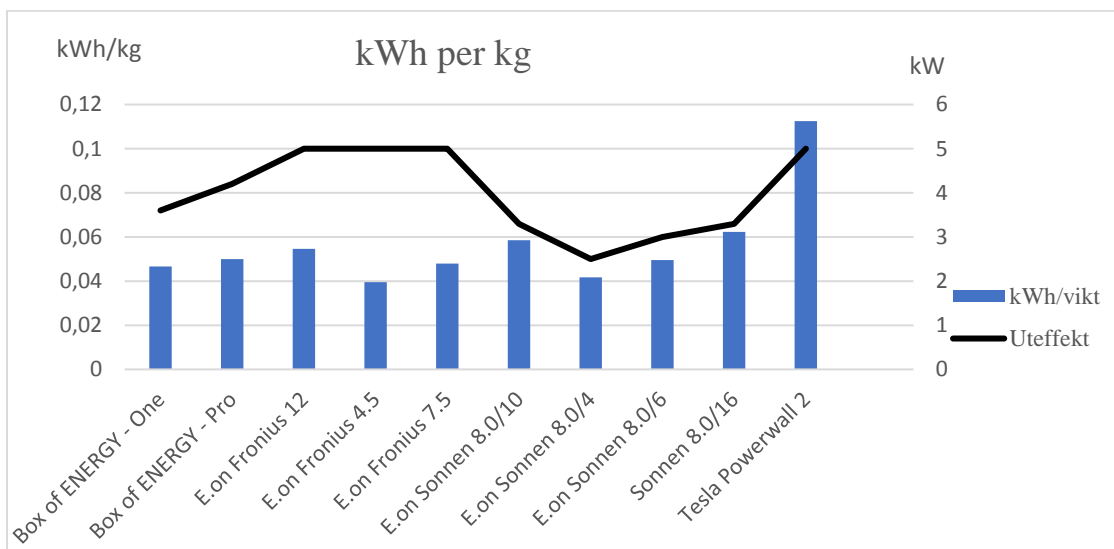
6.2 Marknadsundersökning batterilagrar

I den här jämförelsen har inte något pris tagits i beaktning utan enbart specifikationerna för de olika batterilagren har undersökts. Beroende på vilka preferenser användaren har på sitt batterilagrar varierar det vilket som passar bäst. För privatpersoner som inte har behov av en stor energikapacitet och som värdesätter utseendet på själva lådan så är Teslas Powerwall eller Sonnen det bästa valet. Om man jämför dessa två har dock Powerwall bättre specifikationer. Om man behöver större energikapacitet och har utrymme för ett stort skåp så är Box of Energy - Pro rätt val. Fast om ens system behöver klara en hög uteffekt faller man tillbaka till Powerwall alternativt Fronius, dock skiljer det inte mycket mellan dessa två och Box of Energy. Graf 4 till 7 visar relationen mellan volymen på batterilagret och energikapaciteten samt relationen mellan vikten och energikapaciteten. Tesla Powerpack återfinns inte i någon av graferna nedan då dess värden är så pass mycket större att det blir svårt att urskilja de andra batterilagren. I grafen kan man direkt se att Tesla Powerwall är både yteffektiv och vikteffektiv. Både

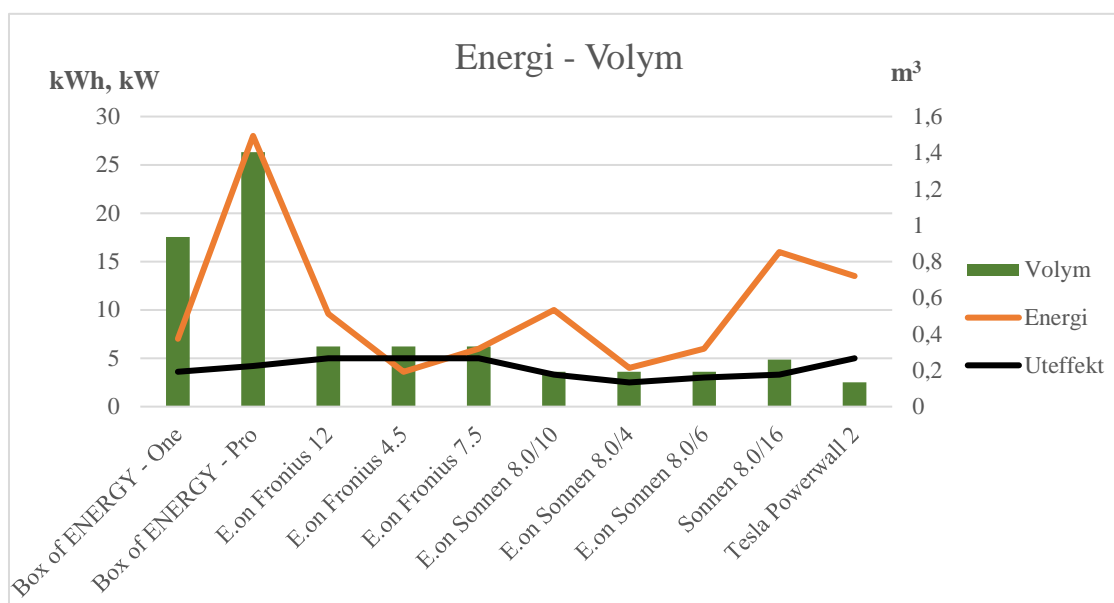
Sonnen 8.0/16 och 8.0/10 är mycket yteffektiv men dock mycket tyngre än Powerwall. Fronius 4.5 är den som presterar sämst i de fyra graferna.



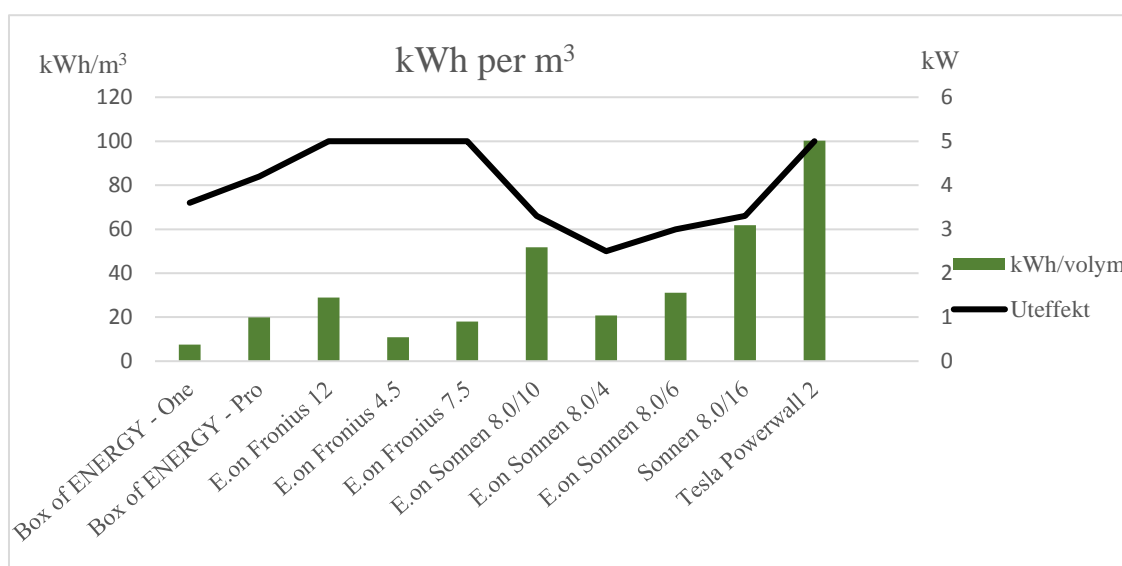
Graf 4 Jämförelse av olika batterilager sätt till energi och vikt



Graf 5 Jämförelse av olika batterilager sett till antal kWh per kilogram



Graf 6 Jämförelse av olika batterilager sätt till energi och volym



Graf 7 Jämförelse av olika batterilager sett till antal kWh per kubikmeter

6.3 Resultat av projektet

Diskussionen kring de resultat som erhöles i projektet kommer delas upp i tre avsnitt. Ett för vad konsekvensen blir om man utelämnar batterilager, ett avsnitt för vad konsekvensen blir om man installerar batterilager och ett avsnitt om vad konsekvensen skulle kunna bli om man implementerade ett mjukvarusystem som styr laddningen av bilarna under natten.

6.3.1 Utelämnande av batterilager

Genom att observera tabell 3 så ser man snabbt att den säkring på 16 A som finns installerad inte kommer att vara tillräcklig. Det kommer därför vara nödvändigt att höja säkringen för att möjliggöra laddning av el- och laddhybridbilar. Vidare kommer inte heller de kablar som finns förlagda att klara

av den belastningsström som uppstår vid laddning. De kablarna var dimensionerade efter de förutsättningar som gällde när garagen byggdes. Detta innebär alltså att den kabel som redan finns nedgrävd inte kommer att klara den belastningsström som kommer att krävas vid laddning. Dessutom krävs det en ökning av både säkring i kabelskåpen och för huvudsäkringen i garagen. Värt att nämna är att detta enbart är en uträkning för 16 garage. I bostadsområdet finns det 150 villor vilket innebär att det finns minst 150 garage. Om man antar att de tidigare nämnda förutsättningarna gäller för hela bostadsområdet så kan detta bidra till mer än enbart omläggning av kablar. Det är inte orimligt att anta att kabelskåpen och transformatorstationen kan behövas bytas ut eftersom de dimensionerades efter att enbart en 16 A säkring per garagelänga skulle vara tillräckligt.

Tabell 3 Lägsta huvudsäkring för de olika fallen

Fall	Laddningsström [A]	Antal som laddar	Total ström [A]	Lägsta huvudsäkring [A]
Fall 1	16	6	96	100
Fall 2	10	8	80	100
Fall 3	32	8	256	300
Fall 4	10/32	4/4	40+128=168	200

6.3.2 Installation av batterilager

I tabell 13 presenteras kostnader för installation av batterilager vid år 2017 och 2021. Med dagens förutsättningar så skulle batterilager vid fall 1 vara lönsamt redan från början, sett till engångskostnaderna. Vid fall 2 så skulle ett batterilager vara lönsamt efter ungefär 2 år. Detta beror på den nätavgift som tillkommer varje år när man installerar en säkring på 100 A. Vid fall 3 och fall 4 är tiden tills att investering är lönsam betydligt längre. Vid fall 4 dröjer det drygt 20 år tills att investeringen är lönsam och då finns det ingen garanti på att batterilagren fortfarande går att använda. Box of Energy har i dagsläget en livslängdsgaranti för deras batterilager på 10 år. När det gäller kostnader för säkringar i nivå med 300 A, alltså fall 3, har det inte gått att få fram en prisbild då de olika elföretagen endast kunde leverera dessa uppgifter via en offert. Går man vidare till år 2021 så ser man att installation av batterilager är en lönsam investering i fall 1, 2 och 4 från början. Det är antagligen även en lönsam investering i fall 3 men det går inte att verifiera då en kostnadsuppskattning saknas.

Tabell 13 Kostnadsjämförelse mellan med eller utan batterilager

	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 4
Kostnad för batterilager vid 2017	700 000 kr	980 000 kr	3 010 000 kr	1 960 000 kr
Kostnad för batterilager vid 2021	413 343 kr	459 270 kr	642 978 kr	413 343 kr
Kostnad utan batterilager	945 038 kr	945 038 kr	-	1 002 252 kr

6.3.3 Implementering av smart laddningssystem

Genom implementering av mjukvara som fördelar laddningen av bilar jämnt under dygnet så minskar belastningen på elnätet avsevärt vilket illustreras i tabell 16. Ett sådant system är dock högst hypotetiskt och är inget som finns utvecklat ännu. I fall 3 och fall 4 måste man höja säkringen från 16 A till 32 A. Denna kostnad är avsevärt mindre än vad det skulle kosta att uppgradera säkringen till 300 A respektive 200 A. Alltså kan man konstatera att om ett sådant system skulle utvecklas så kan man göra stora ekonomiska besparingar.

När man höjer säkringen eller använder sig utav batterilager så kan varje enskild individ ladda sin bil när man så önskar. Om man däremot använder sig av detta mjukvarusystem så bestämmer programmet när varje bil laddar. För att detta ska fungera behöver man ha sin bil inkopplad hela den tid tar för att alla bilar ska bli fullt uppladdade. Till exempel i fall 2 måste bilarna vara inkopplade i 467 minuter för att säkerställa att varje bil laddas. Alltså förhindrar man individen att ladda sin bil när man vill om ett sådant system implementeras.

Tabell 16 Fördelning av laddning över natten

	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 4
Tillgänglig laddningstid i minuter (17:00-07:00)	840	840	840	840
Laddningstid per bil på maximal effekt [min]	110	58	18	58 respektive 18
Total laddningstid om enbart en bil åt gången (undantag för enfas, då tre bilar samtidigt) [min]	293	467	146	306
Säkring [A]	16	16	32	32

De antaganden som är gjorda ovan visar på ett väldigt primitivt system. Skulle ett sådant system utvecklas kan man anta att det skulle vara mer sofistikerat och fortfarande ge individen lite svängrum gällande när man vill ladda sin bil.

7 Miljöaspekter

Detta avsnitt kommer att ta upp lite tankar kring hur pass miljöeffektiva el- och laddhybridbilar egentligen är samt fördelar och nackdelar med utvinning av litium.

7.1 El- och laddhybridbilar

Som tidigare nämnts i denna rapport så blir det allt mer populärt med el- och laddhybridbilar. I Sverige erbjuds man en supermiljöbilspremie för att välja en bil av dessa modeller. Allt detta för att gå ifrån de fossila bränslen som används i vanliga bilar. Företagen som säljer el- och laddhybridbilar använder ofta argumentet att man gör miljön en tjänst. Detta kan dock ses som en sanning med modifikation. Givetvis är dessa bilar koldioxidneutrala när de körs fram på vägarna men måste också ta hänsyn till hur den elektricitet som bilarna använder produceras. Tar man Sverige som exempel så är den nästan helt koldioxidneutral. Enligt Svensk Energi så är 4 % fossila bränslen i elproduktionen [11] vilket alltså innebär att väljer man el- och laddhybridbilar så står man praktiskt taget inte för något utsläpp alls.

Rör man sig däremot lite längre söderut i Europa jämfört med Sverige kan det se väldigt annorlunda ut. Tar man Tyskland som ett exempel så skiljer det sig markant. Fram till och med 2015 så bestod Tysklands elproduktion av 44 % kol, 1 % olja och 10 % naturgas [12]. Detta innebär att väljer man att köra el- eller laddhybridbil i Tyskland så är inte besparingen för miljön inte lika stor eftersom själva produktionen släpper ut mycket koldioxid.

Dock är det värt att nämna att Tyskland investerar väldigt mycket resurser för att göra sin elproduktion mer miljövänlig. År 2010 lanserades ett politiskt program vid namn Energiewende [13]. Genom detta program har man valt att satsa mycket på förnyelsebara energikällor. År 2050 har de som mål att 80 % av produktionen ska komma från förnyelsebara energikällor. De jobbar även för att den totala konsumtionen ska minska och har som mål att minska den med 25 % fram till år 2050 jämfört med 2008 [13]. Skulle de uppnå dessa mål så skulle el- och laddhybridbilars påverkan på miljön i Tyskland definitivt minska.

7.2 Litium i batterier

Ett annat problem när det kommer till el-och laddhybridbilar och även batterilager är att de använder sig utav litiumjonbatterier. Enligt Deutsche Bank så kommer marknaden för litium att tredubblas inom de tio närmsta åren [14]. När man utvinner litium går det åt väldigt mycket vatten. Tar man saltöknen, Salar De Uyuni, i Bolivia som exempel så kan det få stora konsekvenser, detta eftersom vatten i en öken redan är en bristvara. Det kan även få konsekvenser för landskapet i stort då gruvdrift sällan är bra för miljön [14].

Tesla håller i dagsläget på att bygga en fabrik i Nevada som de kallar för Gigafactory [15]. I denna fabrik ska de producera sina olika typer av batterier. Genom att samla de olika moment som ingår vid produktion av batterier så förväntar sig Tesla att sänka priset för batterier med 30 % per kWh [15]. Tanken är också att man ska installera förnyelsebara energikällor, i form av sol- och vindenergi, i anslutning till fabriken. Detta för att minska underskottet i energibalansen [15]. Genom att bygga denna fabrik kommer påverkan på miljön att minska då de utför i stort sett alla moment av produktionen på ett och samma ställe. Det betyder till exempel att utsläpp för transport av olika delar kommer att minska.

7.3 För- och nackdelar med förnyelsebara energikällor

Ofta när man installerar förnyelsebara energikällor så tänker man att man bidrar till minskade utsläpp av koldioxid. Men det är inte det enda som bör tas i beaktning när man väljer sol- eller vindkraft. Vad gäller solenergi så är den största fördelen solen. Det är en energikälla som inte kommer att försvinna under den närmsta tiden. Själva produktionen av el har inte heller någon direkt påverkan på naturen, alltså avger den inga växthusgaser. Nackdelen med solceller ligger inte i produktionen av elektricitet.

Istället är det solcellerna själva och hur de tillverkas som har en negativ påverkan på miljön. Giftigt material och giftiga kemikalier används ofta när man framställer solceller [16].

Ett annat exempel på en förnyelsebar energikälla är vindkraft. Även detta är en miljövänlig energikälla som inte avger några utsläpp av växthusgaser vid produktion. Nackdelen med vindkraft är att det är en intermittent energikälla, den är beroende av det blåser för att det ska genereras någon elektricitet över huvud taget. Sedan bör man även ta i beaktning var man placerar vindkraftverken då de dels har en ganska hög ljudnivå när bladen roterar samt att de kan påverka djur- och naturlivet till viss del.

8 Slutsats

Som tidigare konstaterats så finns det en uppsjö av växelriktare för solceller på marknaden. Det är inte en fråga om det finns någon som passar ändamålet utan snarare vilken man ska införskaffa. Under den marknadsundersökning som genomfördes så kunde det konstateras att en växelriktare från Sungrow power som heter SG10KTL-EC var den som bäst lämpad för ändamålet. Vid anslutning till batterilager finns det växelriktare som passar flera olika typer av batterier. Eftersom solenergi blir allt mer populärt så har allt fler leverantörer dykt upp. Detta har i sin tur lett till att priserna för växelriktare minskat. Om denna utveckling fortsätter så kan det leda till ännu lägre priser men även bättre utvecklade produkter då konkurrensen säkerligen kommer att öka.

Vad gäller de olika batterilagersystemen så är det också något som blir allt mer populärt. Privatpersoner införskaffar solceller och med förhoppningen om att kunna installera ett batterilager för att reducera sina kostnader. Problemet i dagsläget är att dessa lösningar fortfarande är ganska kostsamma och det tar många år innan investeringen är återbetald. Däremot kan batterilager vara en lönsam investering vid större fastigheter, garageplatser och bostadshus. Detta genom att elkostnaderna sjunker då batterilagrena reducerar effektopparna.

Genom att observera de resultat som erhållits så ser man snabbt att de kablar och säkringar som redan finns installerade inte kommer att klara av de effekter som uppstår vid laddning. I projektet har det presenterats två möjliga lösningar för att människor ska kunna ladda sina bilar. Ett alternativ är att installera nya säkringar och kablar som är dimensionerade för de ökade effektkraven. Det andra alternativet är att installera batterilager mellan elnätet och det fordon som behöver laddas. Väljer man det första alternativet kan man konstatera att en ganska kraftig kostnad kommer att tillkomma och då har inte hänsyn tagits till uppgradering av nätstationer och dylikt. Väljer man istället att installera ett batterilager så kan man pressa ner priserna. Dels slipper man ökade kostnader i form av kabelförläggning men även ökade nätavgifter. Framförallt blir kostnaderna mindre om man lyckas öka uteffekterna av batterilagren. Dels genom att en prisreducering på 10 % per år på Box of Energys batterilager förväntas men också att det helt enkelt inkrävs lika många. Det dyraste fallet är om man enbart har elbilar i garagen. Problemet med dem är att de kräver en väldigt hög laddningseffekt och ska flera ladda samtidigt så kommer belastningen bli väldigt hög. För att komma runt detta problem så skulle ett slags mjukvarusystem för när varje individ får ladda sin bil kunna implementeras. Kanske skulle det inte vara populärt men det är en alternativ lösning och det skulle antagligen sänka kostnaderna ytterligare.

Slutligen är det värt att nämna att de resultat som erhållits angående förläggning av nya kablar bör användas med viss försiktighet. Även om uträkningarna stämmer så är det vissa parametrar som är okända. Då framförallt avstånd mellan kabelskåp och garage, vilka effekter klarar transformatorstationen av idag och hur ser den egentliga effektförbrukningen av för hela området. Skulle dessa parametrar varit kända hade man kunnat göra flera beräkningar i de olika anslutningspunkterna och på sätt faktiskt komma fram till om den transformator som finns för området är tillräcklig.

- [1] "Miljöbilar", transportstyrelsen [online]. Tillgänglig: <https://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/Miljo/Klimat/Miljobilar1/>
[Hämtad: 2017-05-04]
- [2] "The litium difference", Powertechsystems [online]. Tillgänglig: <https://www.powertechsystems.eu/home/tech-corner/lithium-ion-battery-advantages/>
[Hämtad: 2017-05-16]
- [3] Md. R. Islam, F. Rahman, W. Xu, *Advances in Solar Photovoltaic Power Plants*, Springer Berlin Heidelberg, 2016. [online].
Tillgänglig: <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-662-50521-2>
[Hämtad: 2017-05-05]
- [4] A. Labouret, M. Villoz, *Solar Photovoltaic Energy*, Institution of Engineering and Technology, 2010. [online].
Tillgänglig: <http://digital-library.theiet.org/content/books/po/pbrn009e>
[Hämtad: 2017-05-05]
- [5] "Solar Power Harvesting, Optimization and Monitoring System", SolarEdge [online]. Tillgänglig: <https://www.solaredge.com/us/products/overview>
[Hämtad: 2017-05-12]
- [6] "How are hybrid inverters used in solar projects?", Solar power World [online]. Tillgänglig: <http://www.solarpowerworldonline.com/2015/01/hybrid-inverters-used-solar-projects/>
[Hämtad: 2017-05-06]
- [7] "Tesla quietly brings online its massive – biggest in the world – 80 MWh Powerpack station with Southern California Edison", Electrek, [online]. Tillgänglig: <https://electrek.co/2017/01/23/tesla-mira-loma-powerpack-station-southern-california-edison/>
[Hämtad: 2017-05-28]
- [8] "Körsträckedata", RUS (Regional utveckling och Samverkan) [online]. Tillgänglig: <http://extra.lansstyrelsen.se/rus/Sv/statistik-och-data/korstrackor-och-bransleforbrukning/Pages/default.aspx>
- [9] Elinstallationsreglerna SS 436 40 00 utgåva 2 med kommentarer, SEK Svensk Elstandard, 2010
- [10] "Kostnadskatalog 2017, lokalnät 0,4-24 kV samt optonät", EBR [online]. Tillgänglig: <http://www3.svenskenergi.se/Templates/Public/Pages/ArticlePage.aspx?id=13508&epslanguage=sv>
[Hämtad: 2017-05-20]
- [11] "Sverige i topp för fossilfri el", Svensk energi [online]. Tillgänglig: <http://www.svenskenergi.se/Elsajten/>
[Hämtad: 2017-05-20]
- [12] "Germany's renewables electricity generation grows in 2015, but coal still dominant", U.S. Energy Information Administration [online]. Tillgänglig: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=26372>
[Hämtad: 2017-05-21]
- [13] "Goals of Energiewende", Agora Energiewende [online]. Tillgänglig: <https://www.agora-energiewende.de/en/die-energiewende/goals-of-energiewende/>
[Hämtad: 2017-05-21]
- [14] "Dagen gryr i litiumland", Sveriges natur [online]. Tillgänglig: <http://www.sverigesnatur.org/aktuellt/dagen-gryr-i-litiumland/>
[Hämtad: 2017-05-23]
- [15] "Tesla Gigafactory", Tesla [online]. Tillgänglig: https://www.tesla.com/sv_SE/gigafactory
[Hämtad: 2017-05-23]
- [16] "Solar Explained", U.S. Energy Information Administration [online].
https://www.eia.gov/energyexplained/?page=solar_environment
[Hämtad: 2017-05-23]

Bilagor

Bilaga A

Tabell 17 Olika växelriktare från marknadsundersökning

	SG10KTL-EC	Ingeteam	Delta	SH5K+
Max inström [A]	33	30	25	20
Uteffekt [kW]	10	6	10	5
Max utström [A]	15,3	26	14,5	21,6
Antal MPPT	2	1	2	2
Dimensioner [cm]	53,5 x 71,0 x 22,0	47,0 x 36,0 x 18,0	51,0 x 44,5 x 11,7	44,7 x 51,0 x 15,0
Vikt [kg]	36	23,3	26	20
Hybrid	Nej	Ja	Nej	Ja
Antal fasor	3	1	3	3

Tabell 18 Olika växelriktare från marknadsundersökning

	ABB TRIO 8.5	Huawei SUN2000-8	Fronius Symo 4.5-3-S	HBB3000
Max inström [A]	18,9	18	16	13
Uteffekt [kW]	6	9	5	3
Max utström [A]	10	13,4	6,5	13,1
Antal MPPT	1	2	1	-
Dimensioner [cm]	64,1 x 42,9 x 22,0	52,0 x 61,0 x 25,5	64,5 x 43,1 x 20,4	43,5 x 50,7 x 12,1
Vikt [kg]	28	40	16	15,5
Hybrid	Nej	Nej	Nej	Ja
Antal fasor	3	3	3	3

Bilaga B

Tabell 19 Data för box of Energys batterilager

	Box of ENERGY - Pro	Box of ENERGY - One
Energi [kWh]	28	7
Uteffekt [kW]	4,2	3,6
Fas	Trefas	Enfas
Dimensioner (HxBxD) [cm]	195 x 80 x 90	130 x 80 x 90
Vikt [kg]	560	150
Extern hybrid växelriktare	Nej	Nej
- Dimensioner (HxBxD) [cm]	-	-
- Vikt [kg]	-	-

Tabell 20 Data för Teslas batterilager

	Tesla Powerwall 2	Tesla Powerpack 2
Energi [kWh]	13,5	210
Uteffekt [kW]	7 top/5 kontinuerligt	50
Fas	Enfas	Trefas
Dimensioner (HxBxD) [cm]	115 x 75,5 x 15,5	130,8 x 82,2 x 218,5
Vikt [kg]	120	1622
Extern hybrid växelriktare	Nej	Ja
- Dimensioner (HxBxD) [cm]	-	101,4 x 125,4 x 219,2
- Vikt [kg]	-	1200

Tabell 21 Data för de batterilager som E.on säljer

	E.on Sonnen 8.0/4	E.on Sonnen 8.0/6	E.on Sonnen 8.0/10	Sonnen 8.0/16
Energi [kWh]	4	6	10	16
Uteffekt [kW]	2,5	3	3,3	3,3
Fas	Trefas	Trefas	Trefas	Trefas
Dimensioner (HxBxD) [cm]	137 x 64 x 22	137 x 64 x 22	137 x 64 x 22	184 x 64 x 22
Vikt [kg]	96	121	171	257
Extern hybrid växelriktare	Nej	Nej	Nej	Nej
- Dimensioner (HxBxD) [cm]	-	-	-	-
- Vikt [kg]	-	-	-	-

Tabell 22 Data för de batterilager som E.on säljer

	E.on Fronius 4.5	E.on Fronius 7.5	E.on Fronius 12
Energi [kWh]	3,6	6	9,6
Uteffekt [kW]	3-5 (beroende på extern växelriktare)	3-5 (beroende på extern växelriktare)	3-5 (beroende på extern växelriktare)
Fas	Trefas	Trefas	Trefas
Dimensioner (HxBxD) [cm]	95,5 x 57 x 61,1	95,5 x 57 x 61,1	95,5 x 57 x 61,1
Vikt [kg]	91	125	176
Extern hybrid växelriktare	Ja	Ja	Ja
- Dimensioner (HxBxD) [cm]	64,5 x 43,1 x 20,4	64,5 x 43,1 x 20,4	64,5 x 43,1 x 20,4
- Vikt [kg]	19,9	19,9	19,9