

Solceller och likström

Förstudie om likströmsinstallationer i
flerbostadshus i kombination med
solcellsanläggning
Version: 2

Alla BeBo-rapporter finns att hitta på www.bebostad.se

2017_17

Peter Bennewitz

Granskad av: Charlotta Winkler

WSP Sverige AB

2018-02-07

Innehåll

Förord	3
Sammanfattning.....	3
Bakgrund	4
Mål och Syfte	5
Avgränsning.....	5
Genomförande.....	6
Fallbeskrivning, resultat och analys	7
Beräkningsfall.....	7
Fallstudie	13
Slutsatser och rekommendationer	16
Förslag på fortsatta studier och projekt:	17
Referenser.....	18
Bilaga - Förlustberäkningar.....	19

Förord

BeBo (Energimyndighetens beställargrupp för energieffektiva flerbostadshus) har funnits sedan 1989 och är ett nätverk av fastighetsägare och med Energimyndigheten som huvudfinansiär. BeBos aktiviteter ska genom en samlad beställarkompetens leda till att energieffektiva system och produkter tidigare kommer ut på marknaden. Utvecklingsprojekten ska visa på goda exempel med effektiv energianvändning samtidigt som funktion och komfort inte försämras utan snarare förbättras.

Denna förstudie gällande energieffektiviseringspotentialen vid användande av likströmsnät och likströmsapplikationer i flerbostadshus i kombination med en solcellsanläggning på ett och samma flerbostadshus har utförts av WSP med medverkan från Peter Bennewitz och Charlotta Winkler.

Version 1 av förstudierapporten daterades 2017-12-01. Efter granskningskommentarer är version 2 av rapporten daterad 2018-02-07.

Sammanfattning

Intresset för installation av solcellsanläggningar samt batterier för lagring av energi i fastigheter har ökat de senaste åren. Det faktum att solcellsanläggningar producerar likström och batterier laddas med likström ger att intresset för att installera lokala likströmsnät i fastigheter tillsammans med solceller, batterier och andra likströmsapplikationer för att minska omvandlingsförluster ökat.

I denna förstudie har en litteraturstudie utförts där befintligt material på ämnet kartlagts och analyserats. Vidare har olika typer av lokala likströmssystem med avseende på applikationer som är kopplade till systemet kartlagts och beskrivits. En fallstudie har genomförts för Örebrobostädens (ÖBO) huvudkontor där solceller, batterier samt elbilsladdare finns installerade. ÖBOs system skiljer sig något från de system som beskrivits i litteraturstudien eftersom det endast finns ett likströmsnät mellan solcellsanläggning och batterier. Elbilsladdarna är inte inkopplade på likströmsnätet. Litteraturstudien visar att det finns potentiella vinster att göra med införandet av lokala likströmsnät i fastigheter med solceller och batterilager men att storleken på dessa vinster beror på vilka energiflöden som dominerar i systemet. Vidare visar fallstudien att i ÖBOs fall finns fortfarande potential för fler energibesparingar genom att utöka likströmsnätet till att även inkludera likströmsladdare. Dock finns med stor sannolikhet ingen ekonomisk vinst för detta, då dagens kostnader för likströmsladdare är höga på grund av höga effektuttag samt låg en produktionsvolym.

Denna förstudie visar också att det finns en brist på likströmsdrivna produkter på marknaden. För att antalet applikationer inom likström skall kunna öka och därmed ge ökad nytta av användning av ett likströmsnät, måste fler produkter finnas tillgängliga på marknaden. Detta kräver att standardiseringar av IEC och IEEE görs vilket i sin tur kräver ökad samverkan mellan stat, myndigheter, industri och näringsliv.

Bakgrund

Bakgrunden till denna förstudie är att intresset för att installera solceller, likströmsanslutna snabbbladdare för elbilar samt i vissa fall energilagring i form av batterier ökar på marknaden. Parallellt med denna utveckling finns ett ökat intresse för användning av lokala likströmsnät kopplat till användningen av förnybara energikällor vilket framgår av Fredrik Lundströms föreläsning ”Likström i Energisystemet” från Energimyndigheten [Lundström, 2017] samt Anders Lindskogs föreläsning ”DC-FORSKNING För ett hållbart och konkurrenskraftigt Sverige” [Lindskog, 2017] och Patrik Ollas föreläsning ”Från Solel till användare med minsta möjliga förlust” från RISE [Ollas, 2017]. Vanligtvis uppstår omvandlingsförluster då producerad likström från solel omvandlas till växelström innan den används i olika applikationer i fastigheten så som framgår av företaget Ferroamps rapport ”Fördelar med likspänningsnät” från 2017-11-06 samt från Mats Karlströms föreläsning ”Energi och effekt-effektivisering med solel, energilager och ett smart DC nanogrid” [Ferroamp, 2017] [Karlström]. Ökad användning av likströmssnabbbladdare och batterier, som drivs med likström i fastigheter ger möjligheter att likströmmen från solel används direkt, utan omvandlingssteg. Utifrån detta utreds vilken energieffektiviseringspotential som kan uppnås genom att koppla ihop likströmsdrivna installationer med solceller i ett likströmsnät. Även intresset för att försörja andra applikationer så som belysning, ventilationsfläktar eller drift av hiss med mera ökat på senare år vilket exemplifieras av John Åkerlunds föreläsning ”Projekt ÅSALIDEN Green Power Electronics DE system i en miljövilla” år 2017 från UPN AB samt intervjuer med John Åkerlund via telefon och mail [Åkerlund Intervju] [Åkerlund, 2017]. Som en del av förstudien beskrivs ytterligare likströmsapplikationer som finns eller som förväntas komma ut på marknaden inom kort.

Nyttan med att ha ett lokalt likströmsnät i flerbostadshus förväntas öka i takt med att enskilda byggnader förväntas bli självförsörjande på el i högre grad med hjälp av solceller och batterier.

Mål och Syfte

Målet med denna förstudie är att kartlägga och sammanställa befintlig kunskap och erfarenheter inom användningsområdet för likströmsapplikationer vid användningen av solceller i flerbostadshus samt att beskriva ett system för ett fallobjekt, Örebrobostädernas huvudkontor. Syftet är att kunna ta reda på om det finns energibesparingspotential i att använda ett lokalt likströmsnät i flerbostadshus med solcellsanläggning. I första hand utreds eventuell energibesparingspotential vid användning av solceller kombinerat med ett batterilager samt snabbbladdare för elbilar. Där utöver utreds ytterligare likströmsapplikationer som skulle kunna användas i ett lokalt likströmsnät och vilken eventuell besparingspotential detta kan ge. Exempel på andra applikationer är belysning, ventilation, hissar med mera.

Vidare beskrivs en fallstudie på Örebrobostädernas huvudkontor på Fredsgatan 20 i Örebro, där upplägg och planer inom ÖBO beskrivs. Vid huvudkontoret finns installerade laddstolpar med likströmsdrift från solceller och batterilager. Med den allmänna litteraturstudien som grund, undersöks och beskrivs åtgärder som skulle kunna bidra till ökad energieffektivisering i byggnaden samt vid liknande projekt. Syftet är att definiera behov av djupare utredning och analys samt att beskriva uppslag för test i ett pilotprojekt.

Avgränsning

Denna förstudie är exklusivt inriktad på att beskriva potential för energieffektivisering och energibesparing som finns i flerbostadshus vid användning av likströmsnät och likströmsapplikationer i kombination med solcellsanläggningar. Ytterligare nyttor som inte berör frågan om energibesparing på fastighetsnivå och som således inte har utretts närmare är följande:

- Samhällssäkerhetsmässiga vinster i form av användning av likströmsnät med energilagring och solcellsanläggningar som reservkraft.
- Telesäkerhetsmässiga vinster i form av uppbackning av IP telefoni och Interkommunikation med batterier laddade med solceller vid strömavbrott.
- Ökad flexibilitet på systemnivå för kraftsystemet till följd av användning av lokala DC nät.
- Minskat behov av material på systemnivå.
- Möjligheter att på systemnivå bygga ett medeleffektnät istället för ett topp effektnät till följd av energilagringspotential i enskilda fastigheter.
- Påverkan på funktion på produktnivå vid övergång från växelström till likströmsapplikationer.

[Åkerlund, 2017][Åkerlund Intervju]

Genomförande

Denna förstudie har genomförts genom intervjuer och litteraturstudier samt en analys av dessa. Underlaget till förstudien utgörs av artiklar, handlingar, rapporter samt intervjuer via telefon och mail. Använt material är föreläsningmaterial från ett DC - symposium på RISE i Borås i september 2017, material från och intervjuer med John Åkerlund på NetPower samt material från Tobias Lund på Energimyndigheten. Utöver detta har en artikel från OCHNO använts. Information från Ferroamp, Garo, Chargestorm, Schneider electric, Philips och Siemens har också inhämtats. Kunskaper inom WSP och deltagande experter i förstudien har också bidragit med inlägg. För att kunna beskriva fallstudien innehållande ÖBOs huvudkontor med kontor och bostäder med solcellsanläggning, snabbbladdare för elbilar och batterier har material och intervjuer med ÖBOs samarbetspartner InnoEnergy gjorts. Rapporter som använts som underlag till förstudien presenteras i referenslista i slutet av förstudierapporten.

Ingående intervjuer via telefon och mail har gjorts med John Åkerlund från NetPower, Mats Karlström från Ferroamp samt Camilo Tapia från InnoEnergy. Intervjuer med olika representanter för Chargestorm och Garo har gjorts via telefon. Kontakt har tagits med Schneider electric, Philips och Siemens för att utreda vilka eventuella produkter de har tillgängliga på marknaden. Skriftliga intervjuer har gjorts med Philips Senior Scientist Ulrich Boeke på "Philips Lighting Research Laboratories" i Nederländerna. Schneider electric och Siemens har inte inkommit med information om vilka likströmsapplikationer de har i sitt utbud. Vidare har analyser av litteraturstudie och intervjuer gjorts.

Fallbeskrivning, resultat och analys

Beräkningsfall

Nedan beskrivs 3 olika fall där lokala likströmsnät skulle kunna användas. I samtliga fall antas solceller och energilagring med batterier vara installerat i fastigheten. Fallen skiljer sig åt genom att det i "Fall 1" endast finns en typ av likströmslast, laddstolpar, medan det i "Fall 2" läggs till övriga högspända likströmsapplikationer och i "Fall 3" övriga lågspända likströmsapplikationer.

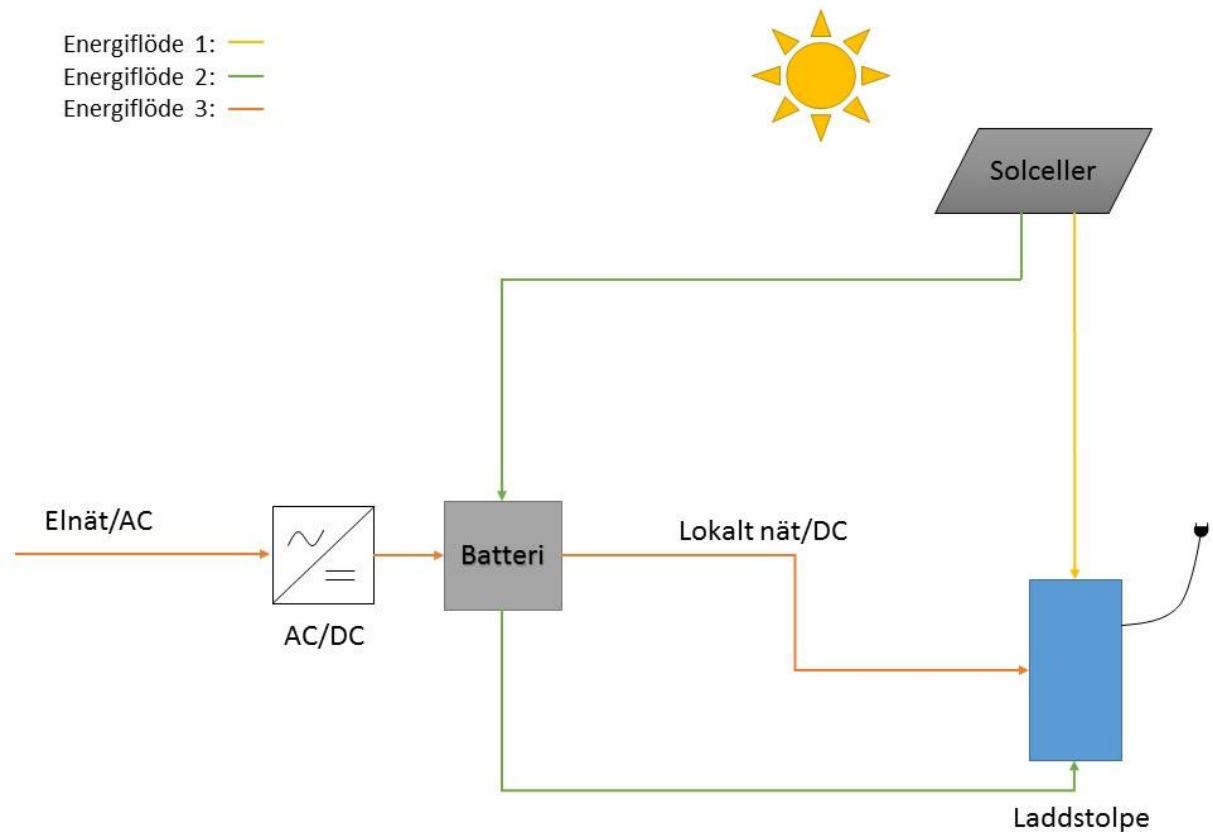
Fall 1: Flerbostadshus med solceller, energilagring med batterier och laddstolpar.

Här finns huvudsakligen tre kedjor av energiflöden som kan gå genom likströmsnätet.

Storleken på förluster inom DC-applikationer såsom lokalt DC-nät eller växelriktare och likriktare mellan DC-applikationer, beror på vilka energiflödeskedjor som studeras. [Karlström, 2017] [Ferroamp, 2017]. De tre energiflödeskedjorna som studeras är:

- Energiflöde 1: Solceller-Laddstolpar för elbilar
- Energiflöde 2: Solceller-Batteri-Laddstolpar för elbilar
- Energiflöde 3: Nätet-Batteri-Laddstolpar för elbilar

De olika kedjorna av energiflöde illustreras i figur 1 och totala förluster i dessa energiflödeskedjor skiljer sig åt beroende på om ett lokalt DC-nät används eller inte. Förlusterna redovisas i tabell 1.



Figur 1: översikt över energisystem i Fall 1

Tabell 1 Beräknade förluster för tre energiflöden för beräkningsfall 1

	Förluster med lokalt likströmsnät [%]	Förluster utan lokalt likströmsnät [%]	Förbättring vid användning av DC nät [%]
Energiflöde 1	1	6	5
Energiflöde 2	7	18	11
Energiflöde 3	10	15	5

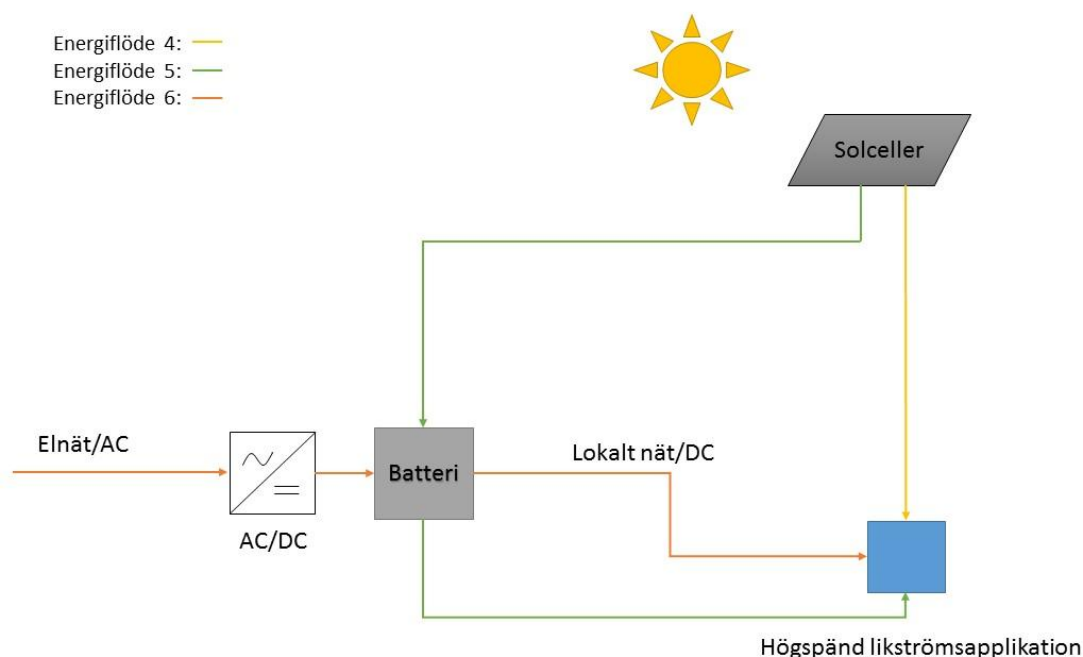
Källa till beräkningarnas indata: [Karlström, 2017][Ferroamp, 2017] se även Bilaga 1

Fall 2: Flerbostadshus med solceller, energilagring med batterier, laddstolpar samt fler högspända likströmsapplikationer så som fläktar och pumpar [Karlström, 2017][Wunder, 2013].

Förutom de tre energiflöden som beskrivs i "Fall 1" uppstår ytterligare tre energiflöden:

- Energiflöde 4: Solceller-Högspänd likströmsapplikation
- Energiflöde 5: Solceller-Batteri-Högspänd likströmsapplikation
- Energiflöde 6: Nätet-Batteri-Högspänd likströmsapplikation

Dessa tre energiflöden illustreras i figur 2. Laddstolpe utelämnas ur Figur 2 eftersom energiflöden till och från laddstolpe i DC nät redovisats i "Fall 1" ovan. Totala förluster i de olika energiflödeskedjorna skiljer sig åt beroende på om ett lokalt DC-nät används eller inte. Tabell 2 redovisar skillnaden.



Figur 2: Översikt över energisystem i fall 2. Laddstolpe utelämnas ur figur eftersom energiflöden till och från laddstolpe redovisats i "Fall 1" ovan.

Tabell 2 Beräknade förluster för tre energiflöden för beräkningsfall 2

	Förluster med lokalt likströmsnät [%]	Förluster utan lokalt likströmsnät [%]	Förbättring vid användning av DC nät [%]
Energiflöde 4	1	6	5
Energiflöde 5	7	18	11
Energiflöde 6	10	15	5

Källa till beräkningarnas indata: [Karlström, 2017][Ferroamp, 2017] se även Bilaga 1

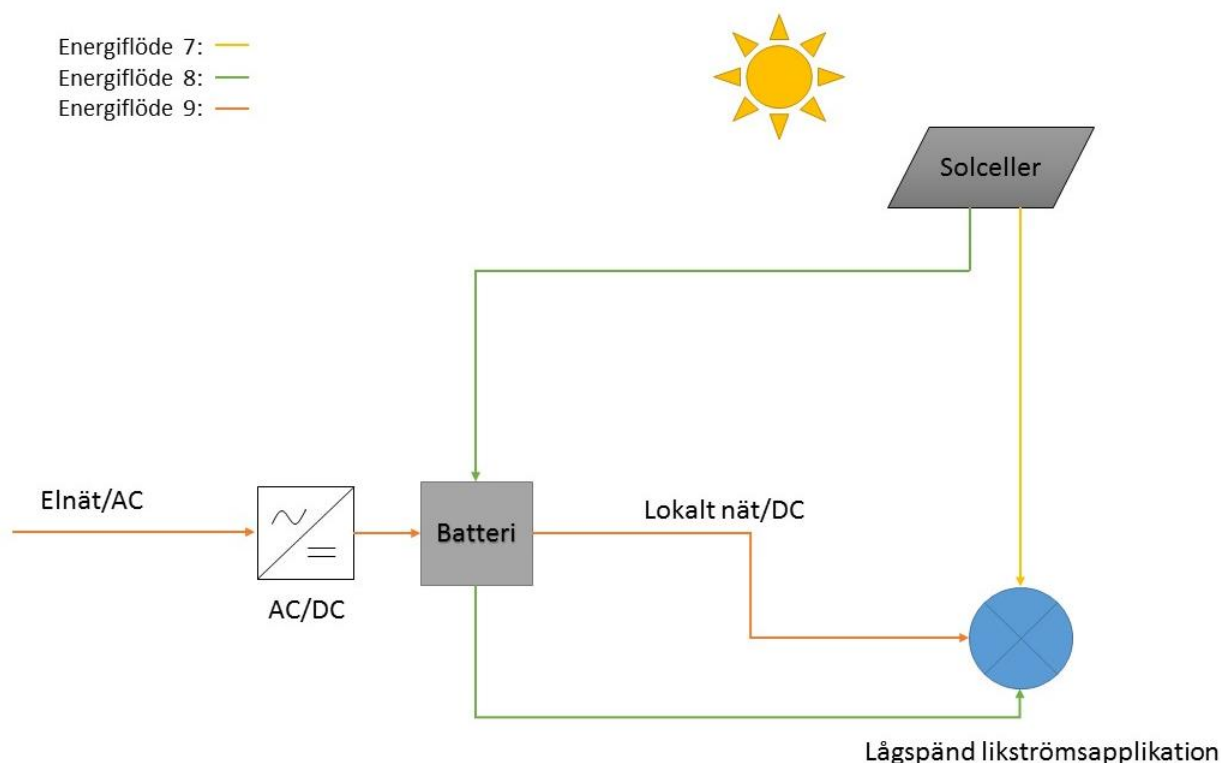
Tabell 2 redovisar energibesparingspotentialen för fall 2. Den procentuella besparingen för energiflöde 4-6 i tabell 2 är samma som den procentuella besparingen för energiflöde 1-3 i tabell 1. Detta beror på att en högspänd likströmsapplikation inte skiljer sig från en likströmsladdstolpe för elbilar. De är båda högspända och vilket resulterar i att omvandlingsförluster för omvandling av likström till en spänningsnivå till en annan undviks.

Fall 3: Flerbostadshus med solceller, energilagring med batterier, laddstolpar, högspända likströmsapplikationer samt fler lågspända likströmsapplikationer så som belysningsystem.

I ”fall 3” finns förutom de sex energiflöden som beskrivs i ”Fall 1” och ”Fall 2”, ytterligare tre energiflöden:

- Energiflöde 7: Solceller-Lågspänd likströmsapplikation
- Energiflöde 8: Solceller-Batteri-Lågspänd likströmsapplikation
- Energiflöde 9: Nätet-Batteri-Lågspänd likströmsapplikation

Dessa tre energiflöden illustreras i Figur 3. Laddstolpar och högspända likströmsapplikationer utelämnas ur Figur 3 eftersom de presenterats i ”Fall 1” och ”Fall 2”. De totala förlusterna i energiflödeskedjorna skiljer sig åt beroende på om ett lokalt DC-nät används eller inte. Tabell 3 redovisar förlusterna.



Figur 3: Översikt av energisystem i fall 3. Laddstolpe och högspända likströmsapplikationer utelämnas ur figur eftersom energiflöden till och från laddstolpe redovisats i "Fall 1" och "Fall 2" ovan.

Tabell 3 Beräknade förluster för tre energiflöden för beräkningsfall 2

	Förluster med lokalt likströmsnät [%]	Förluster utan lokalt likströmsnät [%]	Förbättring vid användning av DC nät [%]
Energiflöde 7	2	6	4
Energiflöde 8	8	18	10
Energiflöde 9	11	15	4

Källa till beräkningarnas indata: [Karlström, 2017][Ferroamp, 2017] se även Bilaga 1

Ur tabell 1-3 framgår att det finns energibesparingspotential i att använda lokala likströmsnät i fastigheter i kombination med solcellsanläggning, batterilager samt andra likströmsapplikationer. Utmaningen med att realisera denna typ av projekt ligger i bristen på marknaden tillgängliga likströmsapplikationer anpassade för användning i fastigheter. Likströmssnabbladdare för elbilar finns på marknaden och dessa förekommer platser så som köpcentrum, bensinmackar och parkeringshus. I flerbostadshus är växelströmsdrivna elbilsladdare vanligast. Detta beror på att likströmssnabbladdare är dyra och kostar i storleksordningen 250 000 SEK per installerad 50 kW DC laddare enligt material från Garo samt intervjuer med

representanter från Garo [Garo, 2017] [Follin, 2017] [Garo Intervju]. Dock förväntas prissänkning för denna teknik, liksom är brukligt för ny teknik som införs. Enligt företaget Ferroamp utvecklar de en likströmssnabbladdare med effektkapaciteten 50 kW som kommer att ligga i prisklassen 250-300 000 SEK enligt Ferroamp [Karlström, 2017] [Follin, 2017]. Philips har utvecklat LED armaturen Xitanium som kan drivas med likström, den är dock inte i första hand anpassad till bostadshus utan snarare industrilokaler [Boeke] [Boeke, 2017] [Boeke, 2014] [Philips, 2015]. Utrustning med frekvensstyrda elmotorer såsom fläktar, kompressorer och pumpar fungerar de ansluts till 350-380 VDC på 230 VAC anslutning, även om de inte är testade till en specifik standard. Den enskilde leverantören av dessa applikationer att godkänner inkoppling mot ett likströmsnät [Karlström, 2017]. Utöver detta har inga specifika applikationer eller produkter anpassade för flerbostadshus kunnat kartläggas på marknaden. Företagen Philips, Schneider, Siemens och Ferroamp uppger att idéer kring likströmsapplikationer för fastigheter är ännu på ett utvecklingsstadium [Boeke, 2017] [Siemens, 2017] [Schneider electric, 2017] [Karlström, 2017] [Karlström intervju] [Waffenschmidt & Böke] [Emerge Alliance, 2015].

En intressant produkt i sammanhanget är USB-C porten. Den introducerades på marknaden år 2015 av företaget Ochno AB och gör det möjligt att använda en adapter för ett stort antal lågspänningsapplikationer såsom mobiltelefoner och laptopdatorer. En USB-C port kan användas för matning av el i båda riktningar. De kan alltså tjäna till upprättande av uttag som passar USB-C kontakten i en fastighet där uttaget ger likström. USB-C portar kan spänning mellan 5-20 V och upp till 100 W effekt enligt en artikel skriven av Ochno ABs grundare och VD Olof Ermis [Ermis, 2017]. Under våren 2018 kommer Ochno AB att göra ett pilotprojekt med sina USB-C portar i kontorsfastigheter där USB-C porten är tänkt att koppla belysning och all IT utrustning så som skärmar, datorer, mobiler med mera till ett likströmsnät. Rent konceptuellt kan USB-C portarna lika gärna användas i flerbostadshus enligt intervju med Olof Ermis [Ermis Intervju].

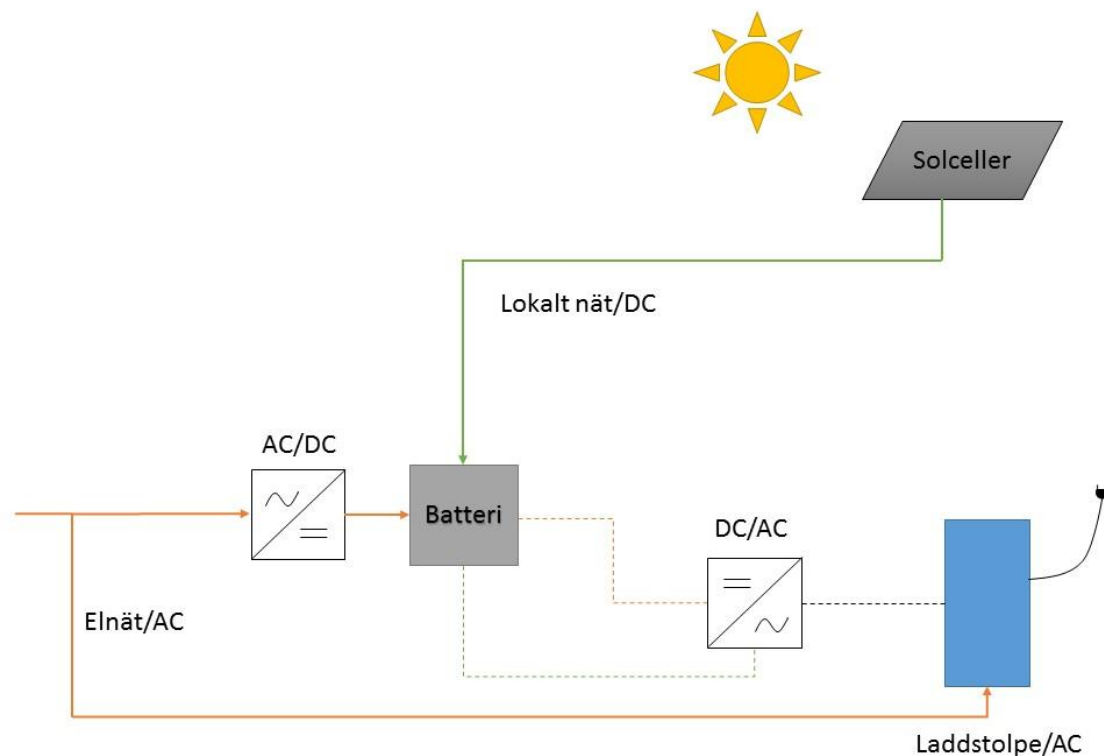
Fallstudie

På Örebrobostäders huvudkontor på Fredsgatan 20 i Örebro finns installerat solcellsanläggning, batterilager samt laddstolpar för elbilar. Byggnaden innehåller 6 072 m² kontorsarea och 48 lägenheter. Den installerade effekten för solcellerna är 8,8 kW_p. Batterisystemet består av fyra batterier av typen Ferroamp Energy Hub ESM 7,2, vilket ger en nominell batterikapacitet på 28,8 kWh. I batterisystemet ingår en växelriktare på 28 kW. Detta är inte att förväxla med en växelriktare som är direkt dimensionerad gentemot solcellsanläggningens storlek. Fem EVA-Connected 1 fas 16 A/3,7 kW laddstolpar från chargestorm är installerade. De har två uttag på varje box, vilket möjliggör laddning av 10 bilar samtidigt. Det finns även en EVA-Connected 3 fas 32 A/22kW med ett uttag. Samtliga laddstolpar har uttag av typ 2. Örebrobostäder har för närvarande fem elbilar. Samtliga installerade laddstolparna är växelströmsladdare. I byggnaden finns två elmätare. En mätare mäter verksamhetselen och en mätare mäter fastighetselen för hela byggnaden, vilket inkluderar fastighetselen i både kontorsdelen och bostadsdelen. Här ingår således alla fläktar, pumpar, hissar, utomhusbelysning med mera. Denna information har inhämtats via intervjuer via telefon och mail med Camilo Tapia på InnoEnergy[Tapia, 2017]

Kopplingarna mellan solceller, batterier samt laddstolpar i detta fallexempel är inte identiskt med det system som beskrivs under den allmänna litteraturstudien. Mellan solceller och batterier finns det ingen växel- eller likriktare. Solcellsmoduler och batterier är ihopkopplade i ett likströmsnät. Solcellsmodulerna är endast kopplade till batteriet, det finns ingen direktkoppling till laddstolparna. ÖBOs planerar att primärt koppla laddstolparna direkt till AC-nätet. I förlängningen finns även planer att koppla laddstolparna så att de skall kunna försörjas från batteriet, se vidare i avsnittet *Förslag på fortsatta studier och projekt* nedan. I övrigt ska batteriet kunna mata fastighetens huvudcentral för fastighetsel. [Tapia, 2017]

ÖBO planerar att utföra liknande åtgärder på andra byggnader. Aktuellt ingår fem byggnader i ett projekt med liknande åtgärder där huvudkontoret är först ut. Vid samtliga fem byggnader kommer solcellsanläggningar och batteri installeras samt troligtvis elbilsladdare installeras. Huruvida elbilsladdare ska installeras är dock inte fastställt än. [Tapia, 2017]

I Figur 4 illustreras det energisystem med lokalt likströmsnät mellan solceller och batterier som är installerat i ÖBOs huvudkontor. Energisystemet skiljer sig här åt från ”Fall 1”, ”Fall 2” och ”Fall 3” ovan på så sätt att inga likströmslaster är inkopplade på likströmsnätet. Laddstolparna som är installerade på Fredsgatan 20 försörjs som tidigare nämnts med växelström från elnätet.



Figur 4: Översikt av energisystem på Fredsgatan 20, ÖBOs huvudkontor. Streckade linjer representerar framtida tänkt system som ännu inte installerats.

Solcellersanläggningen på ÖBOs huvudkontor producerar cirka 8 400 kWh per år givet att antalet fulleffekttimmar är 950 h. Eftersom den installerade effekten endast är 8,8 kW_p och ett energilager är kopplat till det antas att samtlig producerad solel konsumeras inom byggnaden. För att räkna på vilka energibesparingar ÖBO skulle kunna göra om de gick över till det lokala DC-nät som beskrivs i fall 1 ovan, redovisas här beräkningar för tre scenarion. I dessa scenarion antas att laddstolparna kan drivas med likström.

Scenario 1: All solel matas direkt till laddstolpar

Scenario 2: 25 % av solelen matas direkt till laddstolpar och 75 % av solelen matas till laddstolpar via batterilager.

Scenario 3: 25 % av solelen matas direkt till laddstolpar och 25 % av solelen matas till laddstolpar via batterilager. 50 % av solelen försörjer andra växelströmsapplikationer i fastigheten via huvudcentral.

Tabell 4 Energibesparingspotential för de tre scenarion som beskrivs ovan

	Förluster med likströmsnät enligt fall 1 [kWh]	Förluster med ÖBOs system[kWh]	Energibesparing, kolumn 1 jämfört med kolumn 2 [kWh]
Scenario 1	84	502	418
Scenario 2	460	1254	794
Scenario 3	293	627	334

Källa till beräkningarnas indata: [Karlström, 2017][Ferroamp, 2017] se även Bilaga 1

Tabell 4 visar att för scenario 2 ger störst energibesparingspotential i absoluta tal. ÖBO betalar aktuellt 0,49 SEK/kWh el [Tapia, 2017]. För scenario 2 görs alltså en ekonomisk besparing på cirka:

$$0,49 \cdot 794 = 389 \text{ SEK/år}$$

För att kunna ha ett system likt det som beskrivs i "Fall 1" med likströmskopplingar mellan solceller, batterier och laddstolpar krävs att laddstolparna drivs med likström, vilket inte är fallet för fallstudiens byggnad. Att investera i totalt 6 laddstolpar som drivs på likström skulle innebära investeringskostnad på cirka 108 000 SEK [Follin, 2017]. Chargestorm tillsammans med Ferroamp utvecklar en prototyp på en likströmssnabbladdare för elbilar som kommer att kosta cirka 250-300 000 SEK med effekten 2 x 150 kW [Källa: Chargestorm]. Om en sådan laddare skulle köpas in som ersättning för de 6 laddstolpar som finns skulle återbetalningstiden med en rak återbetalningstid för denna investering bli

$$\frac{(250\,000 - 107\,745)}{389} = 366 \text{ år}$$

Orsaken till att prototypen av denna snabbladdare är dyr är dels det höga effektuttaget, dels att det är en prototyp samt att det i prototypen ingår en kostsam robotarm. Krafterelektroniken i en likströmsladdare är inte dyr. Med ökade volymer och sänkta effektuttag från likströmsladdaren bör priset kunna sjunka och ge rimliga kalkyler på återbetalningstid. [Karlström, 2017]

Sammanfattningsvis är det för närvarande inte en ekonomiskt hållbar lösning för ÖBO att gå över till likströmssnabbladdare i ett lokalt likströmsnät istället för växelströmsladdare. Det ekonomiska läget för ett utökat likströmsnät hade sett annorlunda ut om man räknat på att byta ut andra applikationer mot högspända likströmsapplikationer så som fläktar. Detta givet att prisskillnaden mellan DC matade fläktar och AC matade fläktar inte är av motsvarande storlek som skillnaden mellan DC och AC matade laddstolpar. En större solcellsanläggning ger en bättre återbetalningstid eftersom energibesparingen blir större i absoluta tal. Det saknas erfarenhet på marknaden för att kunna upprätta en ekonomisk bedömning.

Slutsatser och rekommendationer

Användning av likströmsnät i fastigheter tillsammans med solcellsanläggning och energilager i form av ett batteri samt eventuella likströmslaster såsom likströmsladdare för elbilar har energibesparingspotential. Storleken på energibesparingen beror på fastighetens energiflöde, vilket redovisas i denna förstudie. Fallstudien exemplifierar även utan detaljerad ekonomisk kalkyl att likströmsnät blir mer lönsamma ju större solcellsanläggning man har kopplat in på det.

I fallstudien har exemplet Örebrobostäders huvudkontor studerats. Byggnaden innehåller ett likströmsnät mellan solcellsanläggning och batterilager, men inte mellan solcellsmoduler och elbilsaddare eller mellan batterilager och elbilsaddare. Likströmsnätet i fallstudien är således mindre omfattande än det som har utretts i litteraturstudien och ger således teoretiskt en lägre energibesparing jämfört med om även elbilsaddare hade varit inkopplat på likströmsnätet med direktkoppling mellan solceller och laddare. Problemet med att införa ett sådant lokalt likströmsnät i praktiken är att kostnaderna för likströmsladdare för elbilar för närvarande är hög jämfört med kostnader för växelströmsladdare för elbilar. Detta visar att det är svårt att uppnå lönsamhet i en utbyggnad av likströmsnätet som studerats i fallstudien.

Att som Örebrobostäder gjort i sitt huvudkontor, övergå till att ha ett likströmsnät som endast kopplar ihop en solcellsanläggning med ett batterilager bedöms vara mer ekonomiskt lönsamt eftersom det varken innebär dyrare batterier eller dyrare solceller. Skillnaden blir att inköp av två växelriktare kan undvikas samt att växelströmskabeln mellan solcellerna och batteriet byts ut mot en likströmskabel.

Det finns likströmsapplikationer utöver likströmsladdare som skulle kunna kopplas in på ett lokalt likströmsnät. Det finns inga tekniska hinder för att öka tillverkningen av applikationer såsom belysning eller fläktar som drivs med likström. Det finns dock få likströmsdrivna applikationer på marknaden. I de fall de finns, är det upp till den enskilda leverantören av produkter att garantera om den levererade produkten innehåller kvaliteten kan kopplas in på ett likströmsnät. Takten och omfattning för implementering av likströmsnät i fastigheter är beroende av i utsträckning leverantörer av elektriska applikationer till fastigheter klarar av att ta fram fler funktionella likströmsapplikationer till ett konkurrenskraftigt pris. Här finns en marknadslucka. En teknikupphandling skulle kunna driva denna utveckling framåt.

Det krävs att standarder för likströmsapplikationer från IEC (International Electrotechnical Commission) och IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) upprättas. Standarderna kan bidra till utveckling av en internationell standard för dessa produkter, som i sin tur kan starta en storskalig produktion som leder till sänkta priser [Karlström, 2017][IEEE, 2017]. Utöver detta behövs det statliga

investeringar i forskning och utveckling av DC-system och applikationer. Detta bör inkludera forskning om säkerhetsaspekter kring lokala DC-nät. Ekonomiskt stöd kan möjliggöra utveckling i samarbete mellan offentliga och privata aktörer samt forskare och industri för att stimulera utvecklingen av nya DC- produkter anpassade för användning i flerbostadshus.

Förslag på fortsatta studier och projekt:

- En studie innehållande en LCC-kalkyl som undersöker scenariot endast likströmsnät mellan solcellsanläggning och batterilager. Alltså det system som ÖBO idag har i sitt huvudkontor.
- En studie innehållande en LCC-kalkyl innehållande en utvidgning av likströmsnätet till att använda snabbladdare för elbilar samt andra lågspända och högspända likströmsapplikationer. Denna studie bör ta hänsyn till förändrad kostnadsbild som resultat av att inte använda växelriktare, byta ut växelströmskablar mot likströmskablar samt förändrad kostnad för kraftelektronik då lokalt likströmsnät används.
- En studie som utvärderar specifikt likströmsladdare för fastigheter och som utreder och kartlägger trender för kommande produkter, kostnadsutveckling genom ökad en marknad och tidsaspekt för utvecklingen.
- Teknikupphandling.
- Ett pilotprojekt som testar användning av applikationer såsom hissar, fläktar, belysningssystem med mera drivna på likström genomförs.
- En genomgång av vilken typ av forskning som behövs för att påskynda implementeringen av likströmsnät i flerbostadshus.

Referenser

Boeke, U. 2014. Low voltage DC power grid system and applications. Philips Reserarch

Boeke, U. Comparison of low voltage AC and DC power grids (Rapport och presentation). Philips Reserarch

Boeke, U. 2017. Intervjuer med Ulrich Boeke via LinkedIn. Philips Reserarch

Emerge Alliance. 2015. Perspective on the Use of LVDU Power.

Ermis, O. 2017. The Future of smart power for Buildings, OCHNO.

Ermis, O. 2017. Intervju med Olof Ermis via telefon 2017, OCHNO.

Länk: <http://www.ochno.se/2017/09/29/smartpower/>

Follin, L. Intervjuer med Lenar Follin via telefon och mail 2017. Chargestorm.

Ferroamp. 2017. Fördelar med likspänningsnät v2.

Garö. 2017. Intervju med representant för Garö via telefon 2017.

Garö. 2017. Snabbladdare 50 kW.

Länk: http://www.garö.se/ladda-din-elbil_1/laddstationer/publika-snabbladdare/snabbladd-50kw-rfid-chaccsac22

InnoEnergy. 2017. InnoEnergy task force aims to revolutionise the energy sector. InnoEnergy.

Länk: <http://www.innoenergy.com/innoenergy-task-force-aims-to-revolutionise-the-energy-sector/>

IEEE. 2017. DC Electricity Distribution in the European Union: An Opportunity for Energy Efficiency in Europe.

Karlström, M. 2017. Intervjuer med Mats Karlström via telefon och mail 2017. Ferroamp.

Karlström, M. Energi och effekt-effektivisering med solel, energilager och ett smart DC nanogrid.

Lindskog, A. 2017. DC-FORSKNING För ett hållbart och konkurrenskraftigt Sverige. RISE.

Lundström, F. 2017. Likström i Energisystemet. Energimyndigheten.

Nygren, K. 2014. HUSAREN – Energiberäkningar, sammanställning 2014 08 25. Örebro Byggstatik AB

Nygren, K. 2014. Energiberäkning Husaren 3 zoner 20140825. Örebro Byggstatik AB

Ollas, P. 2017. Från Solel till användare med minsta möjliga förlust. RISE.

Philips. 2015. Xitanium LED drivers-linear HV non-isolated.

Schneider electric. 2017. Mail skickat till Schneider electric 2017.

Siemens. 2017. Intervju med representant för Siemens via telefon 2017.

Tapia, C. 2017. Intervjuer med Camilo Tapia via telefon och mail. InnoEnergy

Wunder, B. 2013. 380 V DC in Commercial Buildings and Offices. Fraunhofer.

Waffenschmidt, E & Böke, U. Low Voltage DC Grids. Cologne University of Applied Science & Philips Research

Åkerlund, J. 2017. Projekt ÅSALIDEN Green Power Electronics DC system i en miljövilla. UPN AB.

Åkerlund, J. Intervjuer med John Åkerlund via telefon och mail 2017. UPN AB.

Bilaga - Förlustberäkningar

Förluster i växelströmskopplat system (cirkavärden)

Solceller till AC	3 %
AC till batteri	3 %
Förlust i batterikemi	6 %
Batteri till AC	3 %
Kvar till förbrukare AC	85 %
AC till DC laster (>3%)	3 %

Förluster i likströmskopplat system (cirkavärden)

Solceller till DC	1 %
DC till batteri	1 %
Förlust i batterikemi	6 %
Batteri till DC	1 %
Kvar till förbrukare DC	91 %
DC till DC laster <>V (1-2%)	1 %
DC till DC laster = V	0 %

Solenergiproduktion/kWh: 8360

Baseras på: 8,8 kW installerad effekt, 950 fulleffekttimmar

Källor:

Ferroamp. 2017. Fördelar med likspänningsnät v2.

Karlström, M. 2017. Intervjuer med Mats Karlström via telefon och mail 2017. Ferroamp.

Tapia, C. 2017. Intervjuer med Camilo Tapia via telefon och mail 2017. InnoEnergy

Beräkningsresultat:

Tabell 1

	Förluster med lokalt likströmsnät [%]	Förluster utan lokalt likströmsnät [%]	Förbättring vid användning av DC nät [%]
Energiflöde 1	1	6	5
Energiflöde 2	7	18	11
Energiflöde 3	10	15	5

Tabell 2

	Förluster med lokalt likströmsnät [%]	Förluster utan lokalt likströmsnät [%]	Förbättring vid användning av DC nät [%]
Energiflöde 4	1	6	5
Energiflöde 5	7	18	11
Energiflöde 6	10	15	5

Tabell 3

	Förluster med lokalt likströmsnät [%]	Förluster utan lokalt likströmsnät [%]	Förbättring vid användning av DC nät [%]
Energiflöde 7	2	6	4
Energiflöde 8	8	18	10
Energiflöde 9	11	15	4

Tabell 4

	Förluster med likströmsnät enligt fall 1/kWh	Förluster med ÖBOs system/kWh	Energibesparing, kolumn 1 jämfört med kolumn 2/kWh
Scenario 1	84	502	418
Scenario 2	460	1254	794
Scenario 3	293	627	334