

CHALMERS



Energieeffektiva bostäder i Kurdistan

Förslag på bostadshus i den kurdiska delen av Irak

CHALANG ABDULKADIR
DENNIS SIMONSSON

EXAMENSARBETE

Högskoleingenjörsprogrammet Byggingenjör
Institutionen för arkitektur
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2012

Energieffektiva bostäder i Kurdistan

Förslag på bostadshus i den kurdiska delen av Irak

CHALANG ABDULKADIR
DENNIS SIMONSSON

Energy efficient housing in Kurdistan
Proposals for residential buildings in the Kurdish part of Iraq
CHALANG ABDULKADIR, 1988
DENNIS SIMONSSON, 1991

© CHALANG ABDULKADIR, DENNIS SIMONSSON

Department of Architecture
Chalmers University of Technology
SE-412 96 Göteborg
Sweden
Telephone + 46 (0)31-772 1000

Omslag:
Rendering av vår lösning som en 3D modell framtagen i Revit Architecture.

Chalmers
Göteborg, Sweden 2012

Sammandrag

Staden Sulaymaniyah ligger i den kurdiska delen av Irak och har på senare år utvecklats då många valt att flytta från landsbygden till den centrala delen av staden. Nybyggandet sker under tidspress och långsiktigt hållbara lösningar prioriteras inte. Målet är att ta fram ett hus som är anpassat för majoriteten av befolkningen och samtidigt få ett bra och energieffektivt inomhusklimat.

En faktainsamling genomfördes för att ge bakgrundsinformation till projektet. Vidare gjordes en planlösning till huset i AutoCAD vilken har använts som grund till utformningen av huset och smarta lösningar. För att få en bättre överblick om hur huset kommer att påverkas under dessa förhållanden har en 3D modell ritats upp i Revit Architecture för att hjälpa få fram skuggstudier över detta område. Efter flera undersökningar av olika materials tillgänglighet på den lokala marknaden valdes material till stomme och isolering.

Arbetet har resulterat i ett förslag på ett hus som reflekterar lokal byggnadstradition och samtidigt en energieffektiv lösning på problematiken med för varmt inomhusklimat. Viktiga parametrar som tagits hänsyn till är tillgänglighet av material, klimat och lokal byggnadskultur.

Abstract

City of Sulaymaniyah is located in the Kurdish part of Iraq and has in later years established. Many have chosen to move from the countryside to the central part of town. New constructions are under time pressure and sustainable solutions do not have priority. The goal is to design a house that is appropriate for most people and also gain a good, energy efficient indoor climate.

A compilation of fact was conducted to provide background information to the project. Furthermore, a plan was created in AutoCAD software which has been used as the basis for the design of the house and smart solutions. To get a better view of how the house will be affected under these circumstances. A 3D model was created in Revit Architecture software for better studies about how sun and shadow will affect the object. After several studies on different materials availability in the local market, was material selected for the structure and insulation.

This work has resulted in a proposal of a house that reflects its local building traditions, while an energy efficient solution to the problem of too warm indoor climate. Important parameters taken into consideration are availability of materials, climate and local building culture.

Keywords: Sulaymaniyah, Iraq, Kurdistan, efficiency, indoor climate and culture

پوختە

شارى سوله يمانى كه ده كه وىته ناوچه ي كوردستان له عىراق ، كه له م سالانه ي دواي گورانكارى به ر چاوي به خووه بينيوه . خهلكانىكى زور له ده وروبهره به رو ناو گونده كان كوچيان كرد و له ناوچه رگه ي شاره كه نيشته جيپوون. چهندين دامه زراندي نوئ كه له گوشارى كات دان و ساغ كردنه وه و چاره سه ره كان تا ئىستاجى به جى نه كراون. ئامانجه كه ش بۇ نه خشه كيشانى خانووه كه گونجاو بن بۇ زورينه ي خهلك وه بۇ به ده ست هينانى خانوو و به ره و ئاووهه و ايه كي جاك، وه ووزه يه كي چالاك

يه كخستنى كرداره كه به ريوه بردرا بۇ به ده ست هينانى زانبارى بۇ پروژه كه و ههروه ها، پلانه كه دروست كرا به پروگرامى (AutoCad) كه به كار هينرا وه كو بنچينه بۇ نه خشه ي خانووه كان و چاره سه ر كردنى لىزانه بۇ به ده ست هينانى ديمه نىكي باشتىر ده ربارى ئه وهى كه چوون خانووه كه كارىگه رى ده يىت له ژىر ئه و بارودوخانه . وىنه ي 3D سى دوورى دروست كرا له پروگرامى (Revit Architecture) بۇ باشتىر خويندنه وه ده ربارى ئه وهى كه چوون خوور و سىبىر كارىگه ريان ده يىت له سه ر كاره كه . پاش چهندين خويندنه وه له سه ر چهندين مادده ي جوراوجور كه به رده ست بوون له فرؤشگاي ناوه خو، مادده كان هه لىزىردران بۇ پىكها ته و جياكار بيه كان.

ئه و كار له ئه نجامدا بووه هؤئ پيشنيازى خانوو كه كاردانه وهى هه بوو له سه ر تا پوى خانووه ناوه خو بيه كان، له و كاته دا چاره سه رى ووزه ي چالاك بۇ كيشه كه بۇ گه رم كردنى كه ش و هه واي خانوو و به ره كراوه . سنوورى گرنىگ دانرا بۇ لىكولينه وهى به رده ست بۇ مادده كان و كه ش و هه واو خانوو و به ره ي ناوخويى .

Förord

Detta examensarbete har pågått under perioden januari 2012 till och med maj 2012 och har utförts på institution för arkitektur, Chalmers. Arbetet har gett oss kunskaper om att tillgodose de aspekter som finns för oss i andra länder, dels i byggnation, klimat men även kulturen. Den regionala utvecklingen är stor sedan diktatorn störtades år 2003 och detta ger en möjlighet för många att kunna ta del av denna. Staden som vi fokuserat på har på senare tid blivit väldigt populär bland turister på grund av dess stora expansion. Resultatet av arbetet blev väldigt bra och vi är nöjda över att ha skrivit om ett annorlunda projekt.

Under projektets gång har vi fått hjälp av ett flertal personer som vi gärna skulle vilja tacka. Först och främst vill vi tacka vår handledare på WSP-environmental, Kurt Möller och examinatorn vid Chalmers institution för arkitektur, Magnus Persson. Vi vill även tacka vår kontaktperson vid Palkana Company i Irak, Rebwar Ali Aziz samt byggnadsingenjören Ari Samad i Borås för deras hjälp med att förstå stadens kultur och lokal byggnadsteknik.

Chalang Abdulkadir & Dennis Simonsson

Göteborg, 2012-05-28

Innehållsförteckning

Sammandrag.....	I
Abstract	II
Förord.....	V
Innehållsförteckning.....	V
1. Inledning.....	1
1.1. Bakgrund	1
1.1.1. Syfte, avgränsningar & mål.....	1
1.1.2. Metod.....	1
2. Regionen och staden Sulaymaniyah.....	2
2.1. Historia	2
2.1.1. Kultur.....	3
2.2. Geografi & Klimatdata	3
2.3. Arkitektur	4
3. Konstruktion i nuläget	5
3.1. Stomme.....	5
3.2. Ventilation, värme och kyla	6
3.3. Isoleringsmaterial	6
3.3.1. Mineralull.....	6
3.3.2. Cellplast.....	6
3.4. Brister	7
4. Effektivare bostad.....	8
4.1. Val av material	8
4.1.1. Stomme.....	8
4.1.2. Isolering.....	8
4.2. Planlösning	9
4.3. Effektivitet.....	11
4.3.1. Sol- & skuggstudier.....	11
4.3.2. Kulvert och ventilationssystem	16
4.3.3. Atrium	18
4.3.4. Solceller.....	19
4.3.5. Solfångare.....	20
5. Avslutning	22
5.1. Resultat.....	22
5.2. Diskussion	23
6. Referenser.....	24
6.1. Litteratur.....	24
6.2. Elektroniska källor	24
6.3. Muntliga källor	24

Bilagor

Bilaga 1: Ritningar, plan och sektion.

Bilaga 2: Solceller, dimensionering.

Bilaga 3: Solfångare, dimensionering.

Bilaga 4: Transmissionsförluster, uträkningar.

1. Inledning

Tanken med arbetet är att utveckla hus anpassade för ett klimat som skiljer sig från Skandinavien. Vi utgår ifrån staden Sulaymaniyah i den kurdiska delen av Irak. Sedan diktatorn störtades år 2003 har staden växt med cirka 60 procent och expansionen fortlöper. Trots detta finns det fortfarande brister i nybyggnationen av bostadshus då de inte lägger fokus på det välkända problemet med långsiktigt hållbara lösningar på inomhusklimatet.

1.1. Bakgrund

Staden Sulaymaniyah har på senare tid växt enormt mycket då fler och fler har valt att flytta från landsbygden till de stora städerna. Behovet av nya hus har varit stort, många företag och nya idéer har satt sin fot i samhället och kulturen. Dessa idéer och tankar gynnar inte alla då många inte har råd att bygga lyxiga hus med dyra material och avancerade konstruktioner. Samtidigt vill många bygga upp ett hus snabbt utan att tänka på komforten och dess problem som kan uppstå när dem väl bosätter sig i husen.

1.1.1. Syfte, avgränsningar & mål

Syftet med arbetet är att studera långsiktigt, hållbart och energieffektivt bostadsbyggande som är anpassade till lokalt klimat och kultur. Ytterligare en avgränsning är att ingen studieresa har kunnat planeras in då UD uppmanar turister att välja annan destination.

Målet med arbetet är att få fram en systemhandling till en bostad som skall komma att användas till framtida projekt.

1.1.2. Metod

- Handledning
- Referensprojekt (Masdar City)
- Litteratursökning
- Intervju
- Kontaktpersoner i Kurdistan
- Tillgänglighet- och kostnadsanalyser av material
- Klimatdataanalys
- Sol- och skuggstudier
- Analys av formgivning till huset

Under arbetets gång handleds vi av Kurt Möller på WSP-Environmental, för få ett framtidstänkande i metoderna som skall användas till att lösa bostädernas problem med inomhusklimat. Ett referensobjekt under handledningarna var att undersöka de senaste och mest effektiva lösningarna som behandlats i projekteringen av Masdar City i Abu-Dhabi. En viktig aspekt som vi har tagit hänsyn till är regionens kultur och historia, vilken har tagits fram med hjälp av litteratur- och internetsökningar. För att få en tydligare uppfattning av projektet i fråga har även intervjuat Ari Samad som är utbildad i Sulaymaniyah. Vi har även en kontaktperson, Rebwar Ali Aziz, i Irak som är chef på byggföretaget PALKANA Company i staden Sulaymaniyah. Rebwar Ali Aziz har hjälpt oss bekräfta de analyser som gjorts för tillgänglighet- och kostnader av material samt klimatdata. Sol- och skuggstudier har utförts i Autodesks program Revit Architecture och där analyserats för att formge bostäder på dessa breddgrader.

2. Regionen och staden Sulaymaniyah

I följande kapitel behandlas den bakgrundinformation som varit grunden till detta arbete, historik, kultur, geografi, klimat och stadens arkitektur. För att planera bebyggelse i ett annat land med annorlunda historik och kultur är det väldigt viktigt att kunna ta vara på dessa informationer för att på så sätt redogöra huruvida möjligheten är för eventuella ändringar i det arkitektoniska utseendet. Samtidigt är klimatet i landet en viktig aspekt för att kunna på så sätt försöka anpassa husets funktion och dess hållbarhet till aktuellt klimat i landet och staden.

2.1. Historia

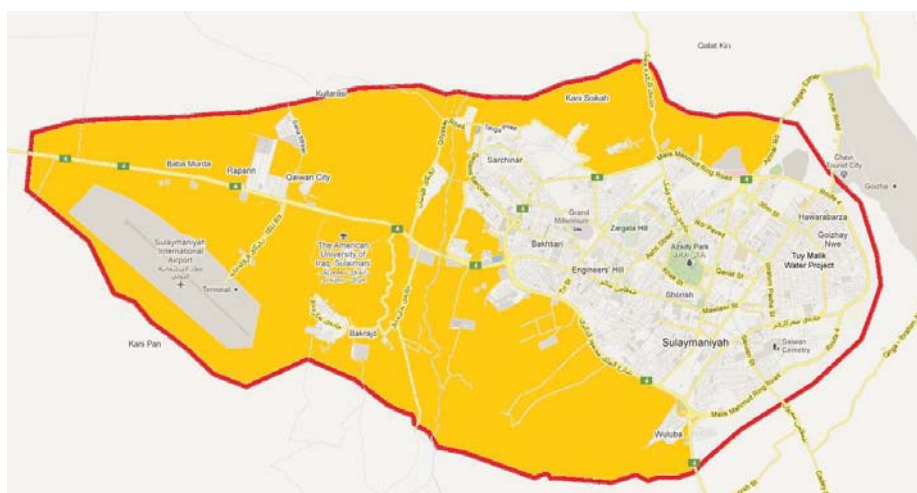
Sulaymaniyah är ett kurdiskt landskap beläget i den nordöstra delen av Irak. Landskapet har en folkmängd som överstiger 1,8 miljoner invånare på en yta av 17000 km² samt består av 10 distrikt och största staden heter Sulaymaniyah (GoI COSIT, est. for 2007). I denna rapport läggs fokus på staden Sulaymaniyah då den är under utveckling.

Staden Sulaymaniyah, med samma namn som regionen, grundades 1784 av den kurdiska prinsen Ibrahim Pasha Baban och namnet på staden kommer från hans far som hette Sulaiman Pasha. Staden är belägen cirka 880 meter över havet. Antalet invånare beräknades

till cirka 600 000 år 2003, efter att diktatorn Saddam Hussein störtades 2003 fick folket hopp om bättre liv och många flyttade från landsbygden till städerna. Utvecklingen och expansionen av städerna kom att bli en stor aspekt. Staden Sulaymaniyah har sedan 2003, enligt byggföretaget Palkana Company, ökat med cirka 60 % i yta (se gulmarkerat område på kartan nedan) och därmed har populationen blivit över en miljon invånare.



Figur 1: Karta över Irak, rödmarkering visar staden



Figur 2: En visualisering av Sulaymaniyahts utbredning under en 10 års period

Tomtmarknaden har under senaste tiden lett till att staden har expanderat och fler börjat bygga hus i form av bostäder, shoppingcenter och liknande. Många inspirationer togs från västvärlden då de ville efterlikna exempelvis europeiska städer.

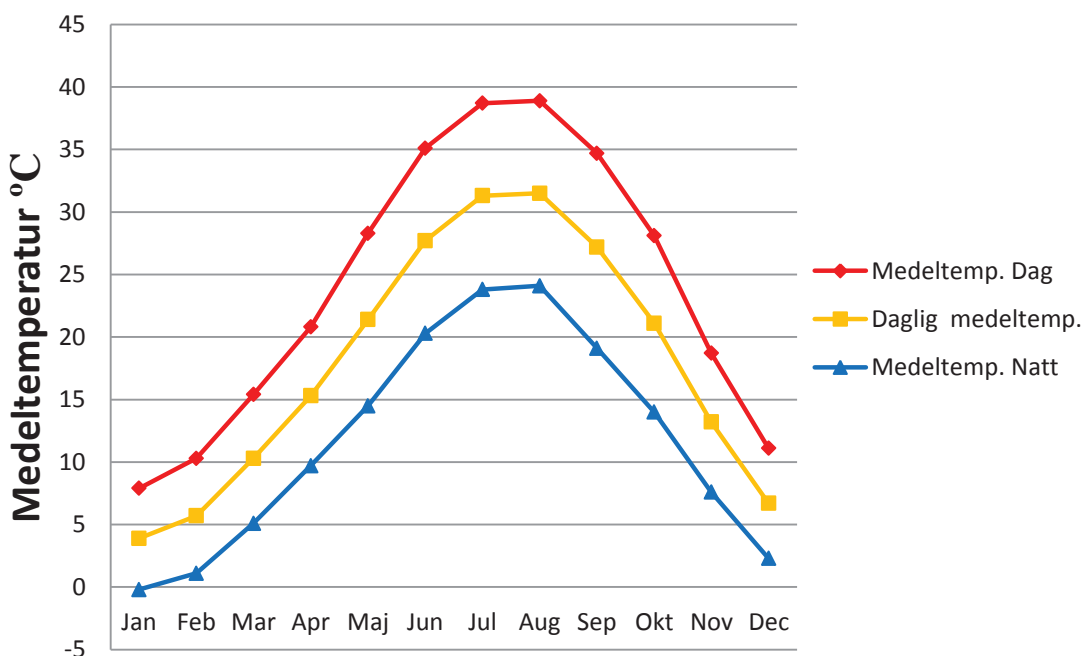
2.1.1. Kultur

Beroende på kulturell plats, tradition, tillgängligt material samt uppgiften med huset kan ett hus se ut på många olika sätt. Genom att se på husets utformning och konstruktion ger det en spegelbild av sin tid och kultur.

Kurdistan kultur och dess seder skiljer sig från den svenska då släkten och familjen har större betydelse, detta leder till att vissa väljer att bygga flervåningshus för att få familjen samlad på samma ställe. Det är också vanligt att familjer från början bor i ett hus och sedan köper en mark i närheten för att dels få det lite mer privat men ändå ha närhet samt kunna hjälpa sina föräldrar med arbetsysslor och liknande när de blir äldre. Majoriteten av alla hus har ett betongtak som utformas till en terrass för att ge en samlingsplats till familjen, släktingar och vänner. På grund av det varma inomhusklimatet brukar terrassen utnyttjas på kvällarna som sovplats. Då delar av hemmet anses som en privat och känslig plats väljer majoriteten av befolkningen att skärma av insynen till huset från gatan med hjälp av murar, staket och växter som samtidigt skapar en skuggad plats

2.2. Geografi & Klimatdata

Sulaymaniyah ligger i den norra delen av Irak. Klimatet varierar drastiskt mellan årstiderna. Enligt byggnadsingenjören Ari Samad är temperaturen på sommaren relativt hög då den kan stiga uppemot 40 grader Celsius, medan det på vintern kan gå ner mot fem minusgrader. Mellan november och maj är det regnperiod men även delvis snö under perioden december-januari. I diagrammet nedan visas medeltemperaturen som mättes mellan år 1950-2000 för staden (Worldclim Global Climate data). Vi har sökt efter aktuella klimatdatafiler men detta finns inte tillgängligt, troligtvis på grund av situationen i landet.



Tabell 1: Klimatdata Sulaymaniyah

2.3. Arkitektur

Traditionella byggmetoder var förr i tiden lerbaserade i Irak. En vanligt förekommande metod var att leran pressades i former som sedan murades upp, taket bestod av träbalkar med lera på ovansidan. Fördelen med lerkonstruktioner är dess termiska egenskaper som är gynnsamma för just det varma och torra klimat som råder i området. På sommaren var inomhusklimatet rätt svalt och på vintern kunde leran stänga ut den kalla temperaturen. Nackdelen med lerhus är att de idag är förknippade med ohyra.

Den sociala kulturen i mellanöstern är familjeorienterad och återspeglas tydligt i husets utformning. Att ha stora allrum och terrass ger möjligheten att samlas och umgås med släkt och vänner. En traditionell aspekt är att taken på husen är platta och formade som en enda stor uteplats. Användningen av taket som en sovplats är också en del av den kulturella traditionen. Detta var de dock tvungna till då elektriciteten inte var stabil förr i tiden, därför användes terrassen som sovplats för att undvika det varma inomhusklimatet. Även idag väljer folk att bygga med platta tak fast de används inte lika ofta som sovplats.



Figur 3: Översiktsvy och samhällsplanering av staden Sulaymaniyah (Ali, 2012)

När det gäller formerna på husen så brukar folk lägga mycket fokus på frontfasaden då oftast tre delar av huset är i vägg med grannarna och därmed finns inte möjlighet till fönster på dessa sidor. Hantverkare hyrs in och många väljer att ha olika mönster på betongen eller att ha pelare som bär upp på utsidan och påminner om en dekorerad tektonisk arkitektur som betyder att byggnaden eller byggnadsstommen används på ett medvetet sätt i designen (Samad, Amin, 2012).



Figur 4: Exempel på traditionella bostäder inom den Kurdiska kulturen (Ali, 2012)

3. Konstruktion i nuläget

Kapitlet nedan kommer att beskriva stadens tillgänglighet till material, dess konstruktion samt beskriva de brister som finns i dagens byggnationer.

I dagsläget byggs det mycket och ofta prioriteras byggtid framför långsiktig hållbarhet. Detta leder till att ventilation, isolering och energieffektivt inomhusklimat utesluts. Materialtillgängligheten utspeglar sig mycket på dess klimat och levnadsstandard. Betong och tegel är de vanligaste materialen medan trä är mycket sällsynt i dessa områden, dock syns enstaka nybyggda hus i trä som har mer av ett västerländskt utseende. Detta klassas som ett finare hus och byggs oftast ute vid turistområden. På grund av den höga temperaturen används väldigt speciella trämaterial som oftast är dyra. I den centrala delen av Sulaymaniyah är cirka 70 % av husen byggda i betong medan cirka 30 % är byggda med tegel (Palkana Company, 2012).

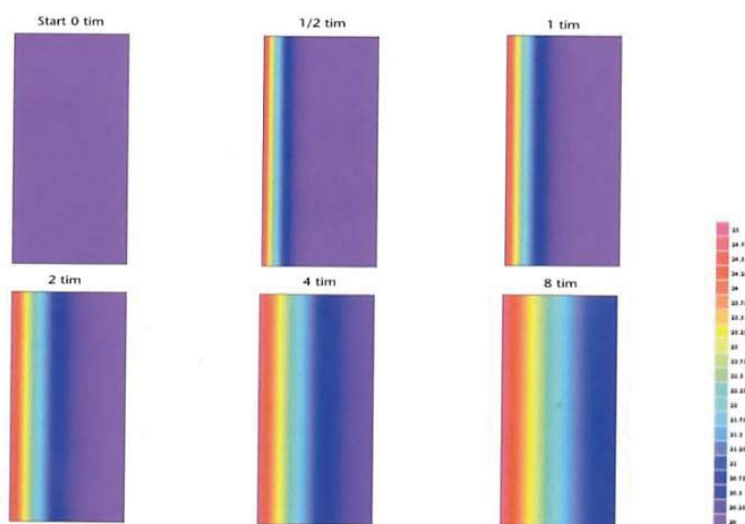
3.1. Stomme

Den vanligaste stommen som används till bostäder i Irak och delar av mellanöstern är betongstomme. Materialet är även det billigaste alternativet då många cementfabriker finns i landet och efterfrågan är stor. Betongen levereras till byggherren i form av betongblock (se figur 5) som efter leverans muras upp med murbruk.



Figur 5: Betongblock (Ali, 2012)

Betong är en tung stomme som kan lagra energi bättre än lätta stommar som till exempel ett trähus. Ur värmesynpunkt är en tung betongvägg ett bra alternativ då väggen fungerar som en buffert som lagrar energi. Detta ger huset ett stadigare inomhusklimat eftersom att väggarna håller kvar värmen. Det är en av flera anledningar till varför betong ofta används som stomme i Irak. I figur 6 visas betongens förmåga att lagra värme respektive kyla. (Hagentoft, 2011).



Figur 6: Figur som visar hur betong lagrar värme under dagen

När regeringen i Irak bygger hus kan dock även tegel vara ett alternativ. Tegel är också en tung stomme som buffrar upp väggen med värme då solen skiner på den för att sedan släppa ut på kvällen. Anledningen till att det nästan bara är regeringen som bygger med tegel i Sulaymaniyah är för att tegel är en mycket dyrare produkt att köpa och används därför sällan till att bygga privathus. Tegel har dock en längre livslängd, mindre underhållsarbeten och ett finare utseende än vad betong har.

3.2. Ventilation, värme och kyla

Som tidigare nämnts i rapporten har husen i landet och staden många problem med ventilationen då ventilationssystem inte används i någon större utsträckning. Det som används är eldrivna AC-aggregat för att kunna tillgodose huset med ett komfortabelt inomhusklimat. Då det är mycket varmare ute än inne går det inte att vädra genom att öppna fönster på dagen, det leder till att behovet av AC-aggregat för att kyla ner huset blir stort då temperaturen utomhus kan nå 40 grader Celsius.

På vintern styrs värmen av elektriskt drivna element för att kunna värma inomhusklimatet. Strömförsörjningen har blivit stabilare nu men för inte längesedan var elnätet väldigt instabilt, vilket leder till problem för de inneboende då inomhusklimatet endast regleras av elektricitet. Än idag har vissa delar av staden problem med elektriciteten, då ett strömavbrott i detta klimat leder till ett dåligt inomhusklimat alla årstider måste det ske ändringar för att erhålla ett komfortabelt inomhusklimat (Palkana, 2012).

3.3. Isoleringsmaterial

För att behålla en behaglig inomhustemperatur samt slippa onödiga avgifter, är det viktigt att huset är bra isolerat. Ett materials isoleringsförmåga baseras på dess U-värdet och Lambda-värdet (λ). Det förstnämnda är en transmissionskoefficient och anger en byggnadsdels isoleringsförmåga. Ett lambda värde är en värmekonduktivitet som anger ett materials värmeledningsförmåga (Bergsäker, 2009).

3.3.1. Mineralull

Ett vanligt isoleringsmaterial är mineralull som är ett syntetiskt framställt oorganiskt material. Materialet består av mineralfiber, dessa fibrer är långa och tunna som bildar en porös massa. Mineralullen har förutom bra värmeisoleringsförmåga även bra ljudisoleringsförmåga. Det finns två huvudtyper av mineralull dessa är glas- och stenull. Dessa material tillverkas av glas respektive sten, vilka i sin tur smälts och spinns till tunna trådar. Trådarna besprutas av ett bindemedel och härdas genom att isoleringen läggs i en ugn. Efter att isoleringen härdat formges den till önskad storlek (Isover AB).

Glasull är böjbart och består av glas samt plast. Stenull består av den magmatiska bergarten diabas och fungerar bra ur brandskyddssynpunkt. Därför kommer dessa att användas som isolering till ventilationsrör i huset (Isover AB).

3.3.2. Cellplast

Ett annat isoleringsmaterial som är vanligt är cellplast. Inom byggindustrin har cellplasten stor betydelse då man oftast använder det till att isolera grunden till huset eller väggar. Cellplasten tillverkas i olika skalor av hårdhet och skivor, detta för att kunna använda materialet för olika tillämpningar. Återigen tas hänsyn till de viktiga aspekterna såsom hållfastheten, värmekonduktiviteten och fuktupptagningen vid val av skiva för att på så sätt undvika problem i konstruktionen.

För tillverkning av cellplast används två olika metoder enligt nedan.

EXP(Expanderad Polystyren)

Kolväta utsätts för värme tillsammans med små pärlor av polystyren. När pärlorna expanderar till en kula som består av 98 % tomrum smälts de ihop till skivor. När kolväten ersätts av luft ger det materialet de goda egenskaperna för värmeisolering.

XPS (Extruderad Polystyren)

För att tillverka extruderad polystyren smälts polystyren ner samtidigt som koldioxid tillförs under tryck. Smältan expanderar sedan när trycket släpps och då har en skiva bildats med massa små hål. Dessa tekniker finns tillgängliga i Irak och kommer att användas som isolering av väggarna till huset (Burström, 2001).

3.4. Brister

Den snabba byggprocessen leder till otäta och dåligt isolerade byggnader. Ett betonghus utan isolering, dålig ventilation samt otäta delar är vanligt i bostadsbyggandet. Otätheten leder även till att luften som kylts ner av exempelvis AC-aggregat tar sig ut via otätheter och leder till ostabilt inomhusklimat (Samad, 2012)

4. Effektivare bostad

Följande kapitel beskriver val av material med hänsyn till den tillgänglighet som finns i landet, förklaring till planlösning av huset, studier som visar husets effektivitet i form av sol- & skuggstudier samt lösningar på ett energieffektivare alternativ.

4.1. Val av material

4.1.1. Stomme

För att få fram den optimala stommen för ett hus på dessa breddgrader finns det flera olika aspekter att ta hänsyn till. De aspekter som är viktigast är materialets tillgänglighet, funktion samt kostnad. Anledningen till att dessa aspekter har valts är för att om inte materialet är tillgängligt i landet kommer det tillkomma dyra importkostnader, om dess funktion inte tillfredsställer de kulturella drag en byggnad skall ha i detta område kommer det inte att bli accepterat samt om kostnaden blir för hög kommer inte majoriteten av befolkningen kunna använda sig av detta hus. Nedan visas i en tabell en kortfattad utredning om de olika materialen som kan komma att användas som stomme till huset.

	Tillgängligt byggmaterial	Ekonomiskt	Ur värmesynpunkt
Betong	+	+	+
Tegel	+	-	+
Trä	-	-	-
Stål	+	+	-

Tabell 2: I denna tabell visas de material som det finns god respektive dålig tillgång till.

Som visas i tabellen ovan är betong och tegel de två bästa material som kan användas i Sulaymaniyah. Detta för att betong och tegel finns och används som byggmaterial i stor utsträckning samt båda är en tung stomme och kan därmed utjämna temperatursvängningarna.

Det material som kommer användas till huset är betong. Detta för att det uppfyller alla aspekter om ett billigt och energieffektivt hus. Detta kommer därför accepteras samt kunna konstrueras av majoriteten av befolkningen.

4.1.2. Isolering

I nuläget ser inte alla isolering som en nödvändighet när de bygger hus, detta främst för att de inte finns någon större planering samt tankar på hur inomhusklimatet skall vara. I detta hus kommer dock isolering planeras in för att hjälpa huset att tillfredsställa ett energieffektivt inomhusklimat. De isoleringsmaterial som kommer användas i huset är cellplast och glasull. Cellplast kommer att användas i ytterväggarna samt taket då det har bäst egenskaper. Cellplast är även det material som är lättast och därmed billigast att framställa. Dock kommer glasull att användas för att isolera de ventilationsrör som är planerade till huset. Detta för att glasull är lättare att forma.

4.2. Planlösning

Efter flera studier om landets och stadens kultur framgick att eventuella förändringar på husets form inte passar in i kulturen då husets utseende är en spegelbild av sin tid och kultur. Nedan visas och beskrivs ett förslag som har använts till grunderna för ett effektivare hus, detta förslag baseras på de studier och information som mottagits från ett byggföretag i Sulaymaniyah. Den viktigaste aspekten har varit att bevara kulturen och traditionen som finns i landet, Men samtidigt ge möjlighet till ett effektivare och mer komfortabelt hus med hänsyn till de brister som finns i dagens konstruktion.

Det vanligaste bland medborgare i Irak är att köpa tomter som ligger mellan 100-200 m². För att hålla projektet inom rimliga ramar av vad en vanlig medborgare har råd med har en markyta på 200 m² blivit grunden till projektet. Tillgängligheten är väldigt viktigt då det oftast bor stora familjer i husen och barnen brukar bo hemma tills de gifter sig. Enligt kontaktpersonen på byggföretaget Palkana company har ett beslut framkommit av regeringen om att 10 % av en markyta på 100 m² skall vara obebyggt, det vill säga uppifrån sett skall 10 % av marken vara en öppen yta. Dessa utrymmen kan dock utnyttjas som utegård.

Det som begränsade arbetet är att huset bara har en fri fasad för fönster, resterande sidor av huset täcks av andra hus. Detta leder till att mörka utrymmen uppstår då ljus endast kommer in från en fasad. En lösning som används är att placera mindre atrium liknande öppningar på olika ställen i huset för att på så sätt kunna ventilera och få in dagsljus.

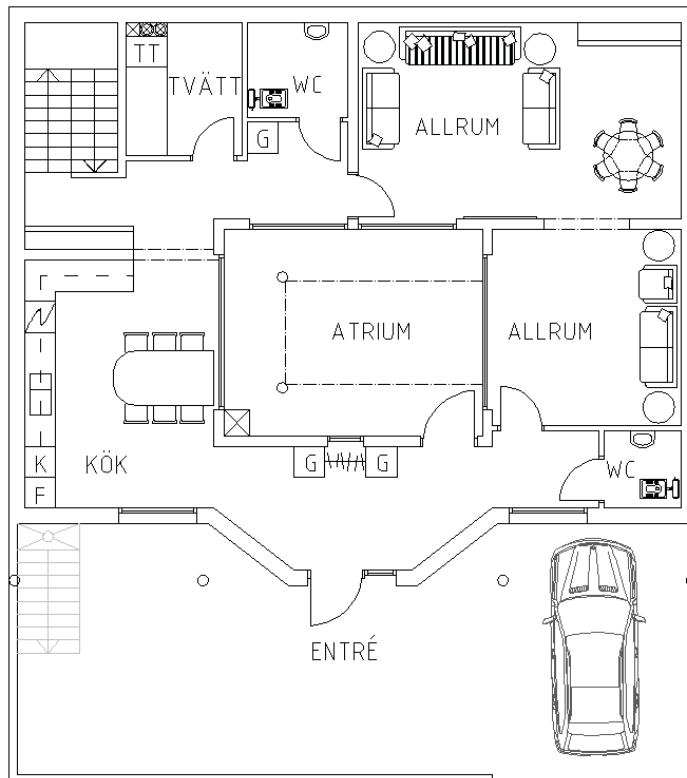
Planlösningen har projekterats efter dess tradition och levnadsstandard. Efter att studerat flera ritningar från företaget Palkana Company har en planlösning tagits fram som anses tillgodose en kurdisk familjs levnadsstandard. Vilket presenteras nedan.

Plan 1:

Framför huset finns en gård med en parkeringsplats samt grönyta för socialt umgänge. För att göra denna yta mer privat har en mur med höjden 1,6 meter planerats in vid tomtgränserna. Som visas i figur 7 finns en diskret trappa ner till kulverten i hörnet av grönområdet. Vid entrédörren finns en korridor för avhängning av plagg, en direkt utgång till husets atrium och en gästtoalett. På grund av kulturen är de rum som gäster vistas i tillgängliga direkt till höger från entrén och de mer privata delarna till vänster. Anledningen till att det finns två allrum beror återigen på kulturen, oftast används det större allrummet av de vuxna i umgänget och det mindre av barnen för att båda parterna skall trivas. På denna våning finns även en till mer privat toalett samt ett tvättrum. Husets atrium skall i första hand förse husets

mörka utrymmen med dagsljus men är också en viktig del av ventilationssystemet.

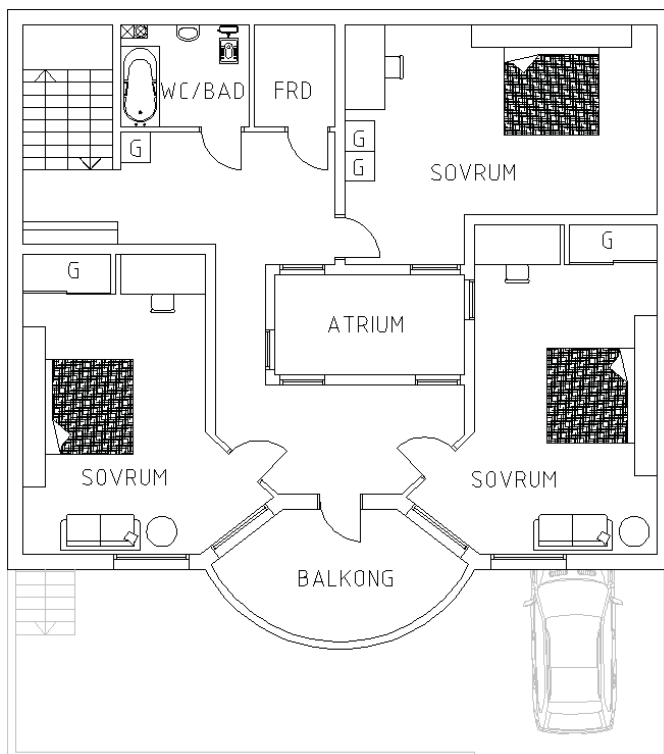
För att erhålla ett svalare klimat i atriet kommer inte golvet i husets atrium att gjutas av betong då en grönyta som vattnas gör att ytan blir svalare på grund av avdunstningen.



Figur 7: Planlösning, entréplan

Plan 2:

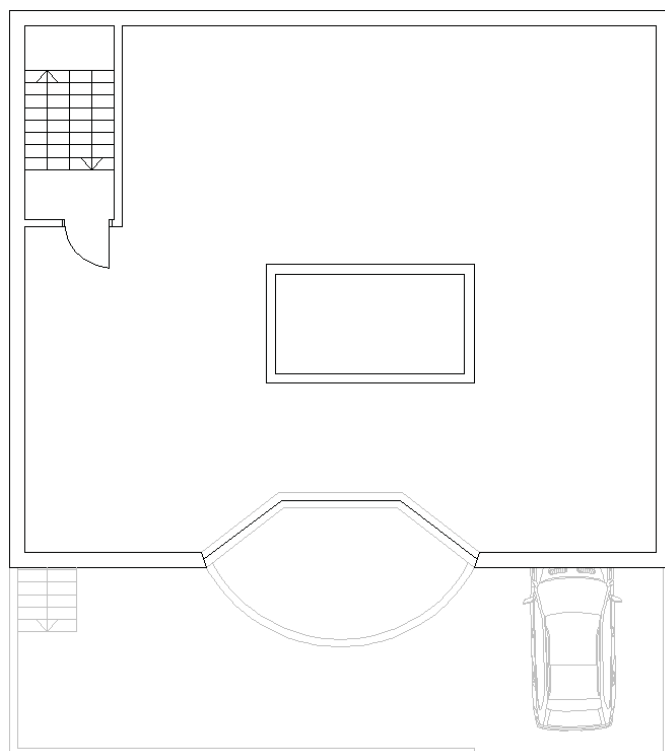
Plan 2 är privat med undantag för trappan som leder till terrassen. På denna våning har tre sovrum planerats in varav två sovrum har direkt anslutning till husets atrium för att få in dagsljus. Som figur 8 visar finns det även ett badrum med tillgång till badkar och toalett för familjen samt en balkong för privat bruk. Här är husets atrium betydligt mindre och bärs upp av pelare från första våningen, detta dels för att få en större planlösning men även för att bryta det direkta solljuset tidigare. För att undvika externa solavskärmningar har planlösningen på denna våning dragits ut en meter framför entréplanetets väggar för att då skapa en permanent solavskärmning för de fönster som finns på entréplan. För att inte få en allt för avancerad konstruktion kommer dessa väggar bäras upp av pelare. På samma sätt ger balkongen solavskärmning till entrédörren.



Figur 8: Planlösning, andra våningen

Plan 3:

På takplanet kan större släkträffar arrangeras då det finns stora ytor att vistas på. Dock kommer takplanet användas delvis för installationer av solfångare och solceller. Som tidigare nämnts i rapporten kommer det att byggas hus runt detta hus och därför finns det en mur av betongblock för att göra denna del mer privat. Som figur 9 visar har muren inte dragits hela vägen på syd fasaden utan istället ersatts av ett räcke för att ge fasaden ett finare intryck.



Figur 9: Planlösning, takplan

4.3. Effektivitet

I detta avsnitt kommer de olika funktionerna som hjälper huset att få ett behagligt inomhusklimat att beskrivas.

4.3.1. Sol- & skuggstudier

Med hjälp av skuggstudierna som är gjorda i Autodesk Revit Architecture kan vi få fram hur det direkta solljuset i Sulaymaniyah påverkar vårt hus.

Solstudierna är till för att få fram ett resultat om hur det direkta solljuset kommer att påverka husets uppvärmning. Då klimatet i Sulaymaniyah varierar kraftigt under året har huset fått en utformning som släpper in ljuset på de kallare månaderna och håller det ute under de varmare månaderna. Då huset även är anpassat efter lokal byggnadskultur kommer det bara att finnas en fasad som är fri och där har fönster placerats omsorgsfullt. Dessa fönster är i liv med innerväggen då den tjocka betongväggen kommer att fungera som en solavskärmning på den varmare delen av året när solen står högt.

De som delvis har styrt utformningen av huset är enligt följande punkter:

- Under den relativt kalla perioden (november-april) har huset planerats för att ta in så mycket direktsolljus som möjligt då detta är en gratis energikälla till värme.
- Under den varma perioden (maj-oktober) har huset planerats för att få in minimalt med direktsolljus så att huset inte värms upp.

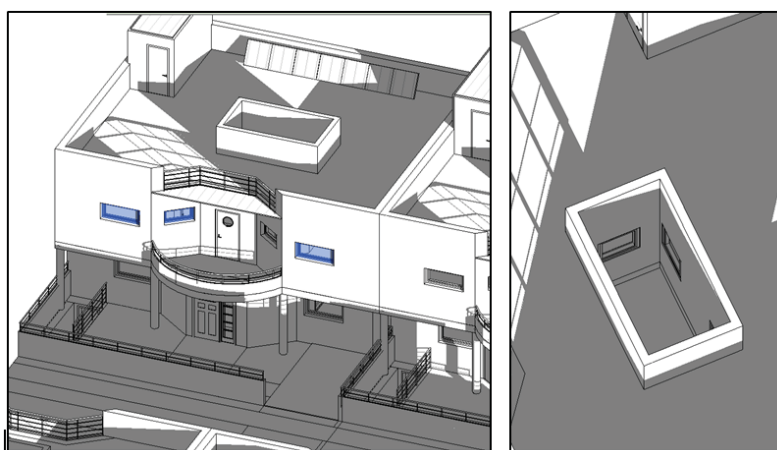
För att kunna uppfylla dessa kriterier har:

- Fönster på fasaden lagts i liv med insida vägg.
- Låga fönster placerats på övervåningen.
- Ett skärmtak placerats över balkongen.
- Övervåningen dragits ut över de höga fönstren på undervåningen.
- Ett atrium placerats centriskt i huset som är större på första våningen än vad det är på övre våningen. På andra våningen sticker bjälklaget ut en meter över den undre våningen för att bryta det direkta solljusets instrålning i undervåningen. Därmed bara låta dagsljuset ta sig in i de omkringliggande rummen på första våningen.
- Väggarna som omringar husets atrium på andra våningen förlängts upp till takplanet och går upp 1.2 meter där ifrån. För att fungera som ett räcke samt bryta det direkta solljuset tidigare.
- Balkongen utnyttjats som ett diskret solskydd för entrédörren.

Studier har gjorts för att få fram det direkta solljuset mot husets fönster och atrium under hela året. Här visas hur detta hus reagerar i ett söderläge i den centrala delen av Sulaymaniyah.

November-april:

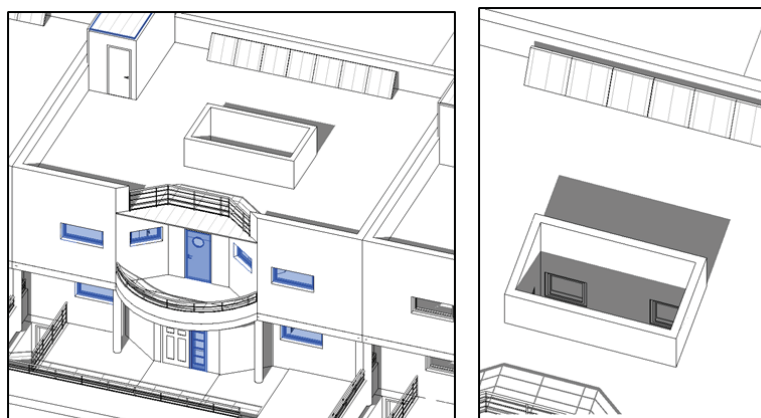
Under de kallare månaderna på året (november-april) är inte direkt solinstrålning ett problem. Detta gynnar istället byggnaden genom att vara en gratis energikälla till värme. Som solstudierna visar är planeringen av huset nästan optimalt då solen har en lägre position dessa årstider går ljuset in genom fönster och värmer huset. När huset vetter mot syd under januari månad klockan 09.00 ligger skuggan enligt figur 10.



Figur 10: Sol- & skuggstudier, januari klockan 09.00

Figuren visar att 3 av 4 fönster på övervåningen får direkt solinstrålning och gynnar därför värmeförseln redan tidigt på morgonen till huset. Denna studie gäller även på eftermiddagen fast då spegelvänd skugga mot fasaden.

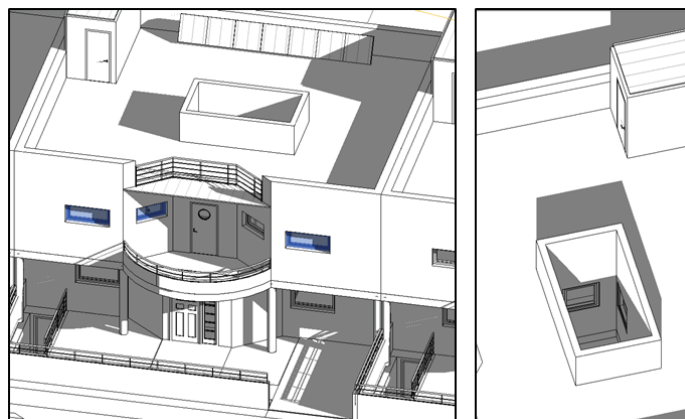
Mitt på dagen klockan 13.00 ligger skuggan enligt figur 11.



Figur 11: Sol- & skuggstudier, januari klockan 13.00

Här visas att samtliga fönster får direkt solinstrålning under dagen i januari. Då solen ligger lågt dessa årstider kommer inte husets atrium få någon direkt solinstrålning.

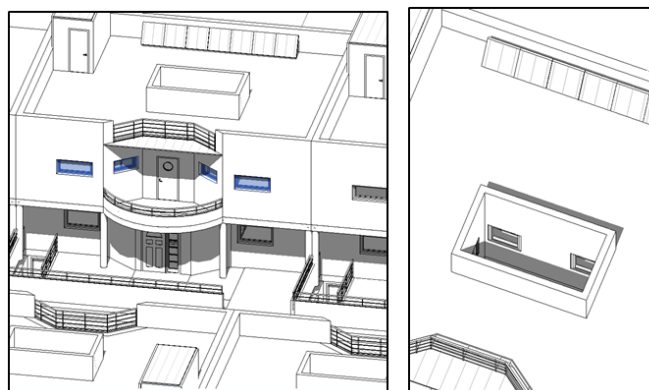
I april börjar temperaturerna stiga men det finns fortfarande inget behov av att kyla huset och därför gynnar det huset om direkt solljus kommer in i huset. Ytterligare studier har gjorts den 1 april klockan 09.00 som visar att skuggan ligger enligt figur 12:



Figur 12: Sol- & skuggstudier, april klockan 09.00

Solen står nu högre på himlen redan klockan 09.00 och förändrar skuggans position. Direkt solljus når tre fönster av fyra på övervåningen, dock inte hela fönsterna. Denna studie gäller även på eftermiddagen fast då spegelvänd skugga mot fasaden.

Mitt på dagen klockan 13.00 ligger skuggan enligt figur 13.

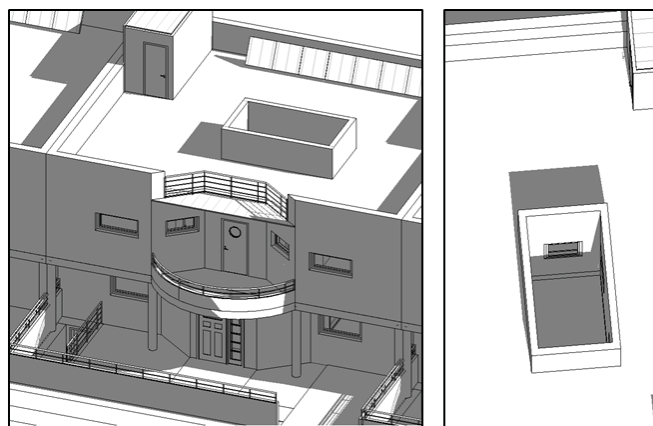


Figur 13: Sol- & skuggstudier, april klockan 13.00

Här visas att mitt på dagen i april når det direkta solljuset in i den övre våningen. Men den undre våningen ligger helt i skugga.

Maj-Oktober:

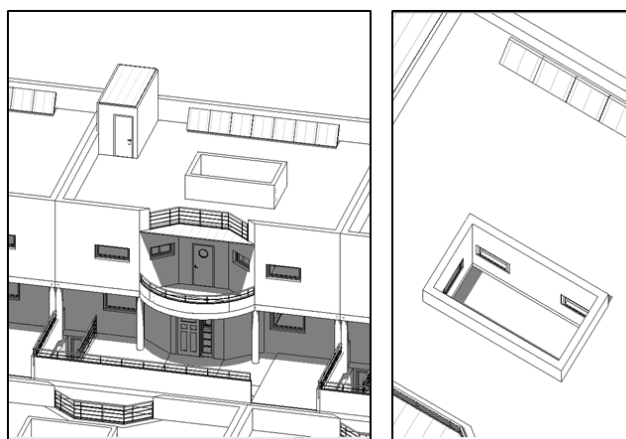
Under de varma månaderna (maj-oktober) är direkt solinstrålning ett problem då det leder till att husets insida värms upp drastiskt. Dessa sol- och skuggstudier visar hur det direkta solljuset påverkar fasaden och dess fönster. Figur 14 nedan visar en skuggstudie klockan 09.00 den första juli.



Figur 14: Sol- & skuggstudier, juli klockan 09.00

På grund av formen på huset medför det att de flesta fönster inte får direkt solljus. Dock visas att solen tar sig in i ett av fönsterna i husets atrium vilket kan leda till att huset värms upp under morgontimmarna. Men eftersom det endast är ett fönster under ett fåtal timmar så kommer inte detta ha så stor inverkan på inomhusklimatet.

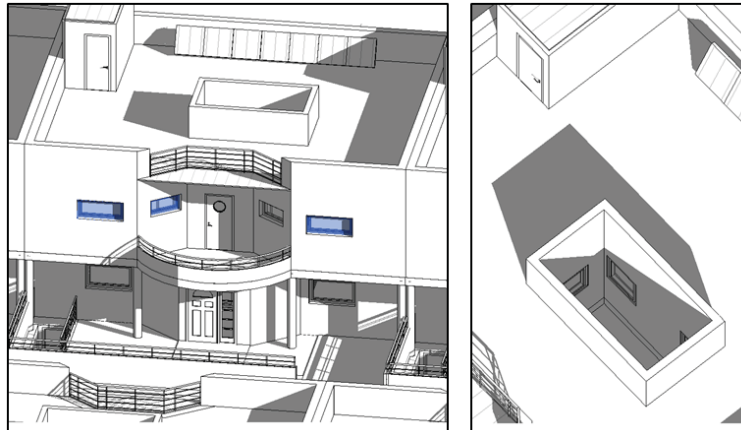
Studerar man längre fram under dagen så medför det förändringar i de områden som drabbas av direkt solljus. Mitt på dagen klockan 13.00 den första juli, då solen står som högst får man direkt solljus på övre våningen samt direkt solljus in i husets atrium (se figur 15).



Figur 15: Sol- & skuggstudier, juli klockan 13.00

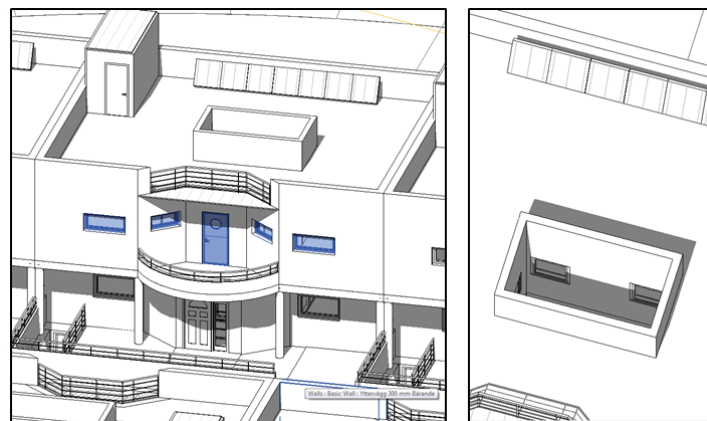
Men eftersom fönstren på övre plan sitter i liv med insidan av väggen medför det att direkta solljuset träffar bara karmarna runt fönstren. När det gäller husets atrium så består marken av vegetation. Det området kommer inte att påverka husets inomhusklimat då det kyls ner av marken samt av att området kommer att vattnas för att hålla vegetationen vid liv.

Närmare in mot hösten och månaden oktober blir klimatet svalare. Detta leder till att det direkta solljuset är bra för att hålla huset i lagom temperatur. Den första oktober klockan 09.00 visas att det direkta solljuset kommer in i tre fönster av fyra enligt figur 16.



Figur 16: Sol- & skuggstudier, oktober klockan 09.00

På eftermiddagen klockan 13.00 får man in direkta solljuset i samtliga sovrum på övervåningen, dels genom fönstren på framsidan men även genom husets atrium enligt figur 17.

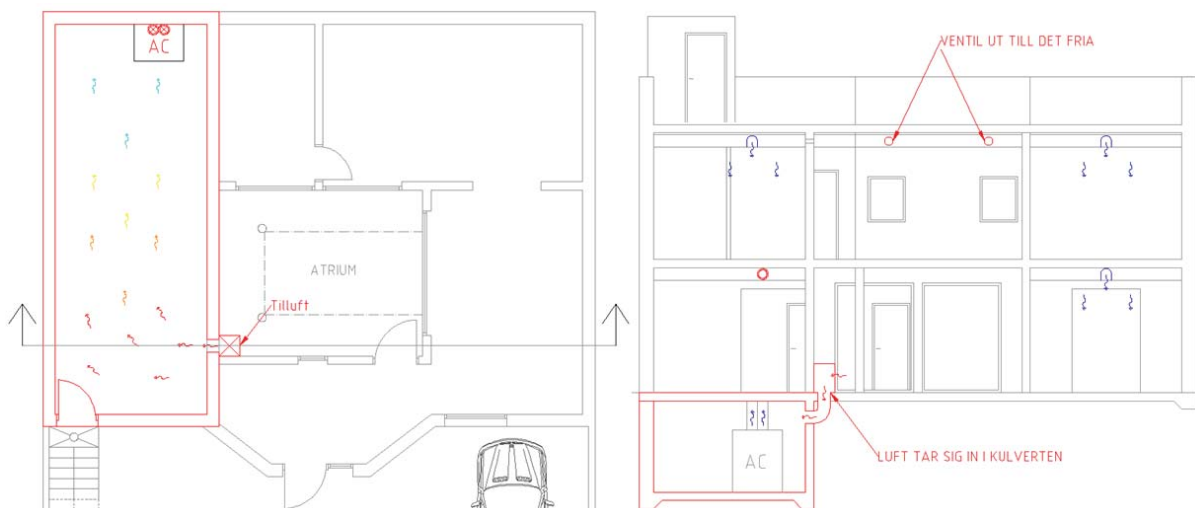


Figur 17: Sol- & skuggstudier, oktober klockan 13.00

4.3.2. Kulvert och ventilationssystem

En kulvert är en anlagd underjordisk gång eller tunnel som i detta fall kommer att tillföra kyla från marken. Det finns flera användningsområden i detta sammanhang då kulverten kommer att användas delvis som källare till huset samt att luften kommer förkylas respektive förvärmas innan den pumpas ut i huset. Att använda en kulvert för att värma respektive kyla ner luft har använts i flera år då det är ett väldigt effektivt sätt att behandla lufttemperaturen till ett utrymme utan att tillföra någon energi (Möller, 2012). Luften kommer att transporteras enligt följande:

För att utnyttja atriet så mycket som möjligt är ett ventilationsrör draget från kulverten till husets atrium. Denna öppning sitter under det utgående bjälklaget på våning två som visas i figur 18.



Figur 18: Luftens transport i huset

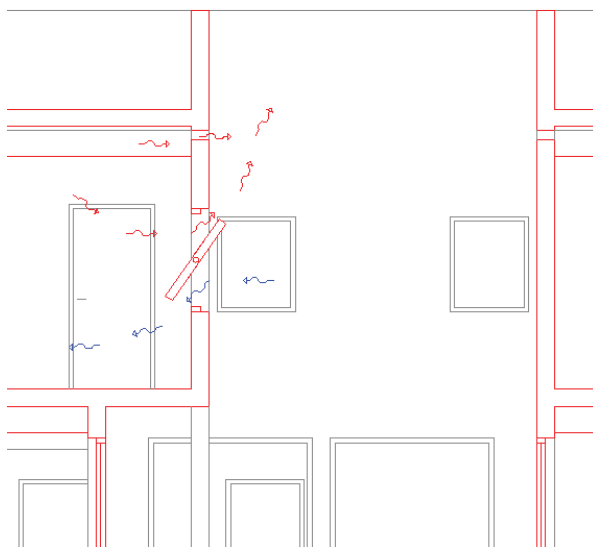
Denna position är vald då detta område alltid kommer att befinna sig i skugga. Igenom detta rör kommer den något nerkylda luften vandra ner i kulverten enligt figur 18. Väl nere i kulverten kommer luften att vandra sakta igenom kulverten enligt figur 18 och där kylas ner. Denna värmeminskning sker då marken under kulverten kommer att hålla en betydligt kallare temperatur än den luft som finns utomhus. Golvet och de kringliggande väggarna i kulverten kommer att buffras upp med kyla hela tiden och därmed kyla ner den luft som befinner sig i detta utrymme. I änden av kulverten är ett centralt AC-aggregat placerat för att pumpa ut den nerkylda luften till ventilationsrören som fördelar kylan i huset.

Huset kommer att fungera enligt principerna slutet hus och öppet hus. Med slutet hus menas att på dagen kommer inte fönster och dörrar att användas för att ventilerat huset; detta för att undvika att få in den varma utomhusluften. På nätterna kommer däremot huset att öppnas upp av de som använder huset för att ventilerat huset samt utnyttja nattetemperaturen för att kyla ner huset. Denna process beskrivs nedan:

På dagen kommer ventilationssystemet att fungera som beskrivs tidigare i denna utredning men då under de förutsättningar som gäller för ett "slutet hus". Den varma utomhusluften kommer vandra ner genom husets atrium och där kylas ner i skuggan och sedan ledas vidare ner i kulverten och kylas ner av den kyla som har lagrats under natten samt från jorden under hela dygnet. Men eftersom att lufttemperaturen är så hög på somrarna kommer det inte att räcka med att marken kyler kulverten. Så principen öppet hus är tillämpligt under nattetid vilket betyder och utförs genom följande:

På dagen värms kulverten sakta upp av den höga lufttemperaturen som under augusti månad ligger på 40 grader Celsius på dagen. Under denna tid fungerar huset enligt principen "slutet hus". När solen gått ner kommer huset att öppnas för att låta den mycket kallare nattluften (som har en temperatur på 24,1 grader Celsius) ta sig in i huset och kulverten för att hjälpa buffra upp de tunga väggarna med kyla som används dagen efter för att sänka temperaturen på luften.

För att få in luften i huset under natten krävs det att de pivåfönster som i sig har en funktion öppnas nattetid. Dessa fönster sitter på andra våningen i husets atrium. Den funktion som pivåfönsterna har illustreras i figur 19.



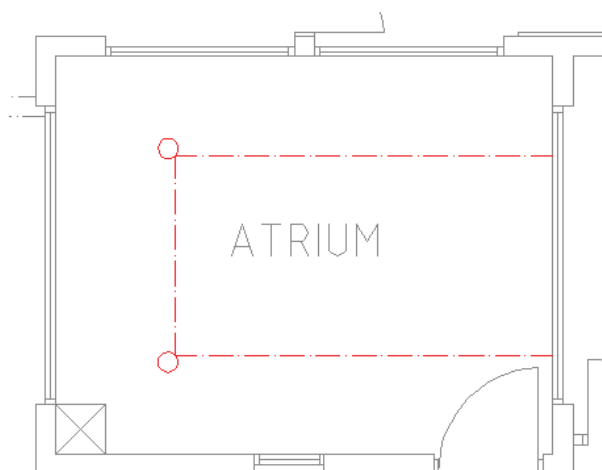
Figur 19: Beskrivande figur på funktionen kring pivåfönster

De tryckskillnader som sker över och under fönstret kommer att räcka för att få detta fenomen som leder till en balanserad ventilation (Möller, 2012).

4.3.3. Atrium

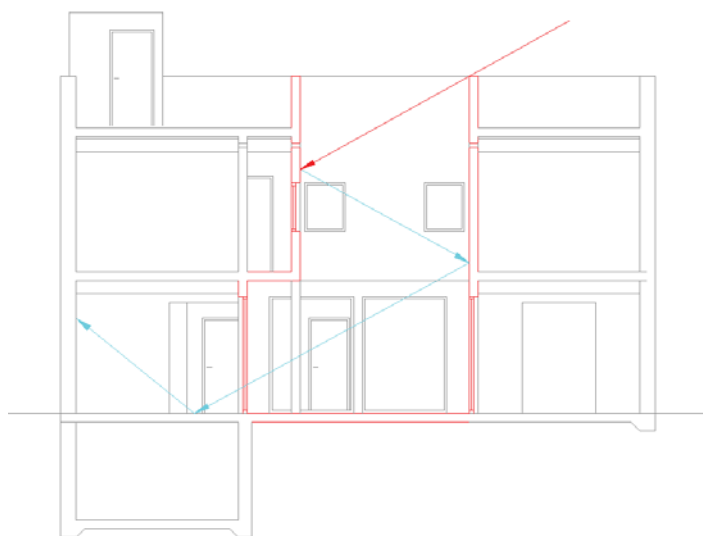
Huset har ett atrium som är placerat centralt i planlösningen. Det ligger flera tankar bakom varför det är placerat där det är samt varför det ser ut som det gör.

På första plan är husets väggar mot dess atrium till största del av stora glaspartier. Detta för att få in dagsljus till våningens alla rum samt för att skapa en känsla av att huset är större. Fönsterna gör även att atriet inte känns lika instängt som det skulle kunna upplevas då bjälklaget på våning två går ut en meter över bottenvåningens uteplats. Enligt figur 20 visas att det bjälklag som går ut över första våningen endast är på tre sidor av fyra.



Figur 20: Beskrivande figur på husets atrium

Detta för att skuggstudierna har visat att det inte kommer att ge någon ytterligare hjälp att ha denna sida utdragen med tanke på det direkta solljuset. Eftersom att bjälklaget går ut så som det gör har även ett uteluftsintag till huset placerats i detta skuggade område för att få ner temperaturen så mycket som möjligt innan den behandlas. Detta leder även till att atriet inte blir lika instängt samt att planlösningen på plan 2 får ett bättre upplägg. På takplanet går väggarna från plan 2 upp 1,2 meter för att bryta det direkta solljuset tidigare och därmed kan i detta fall mindre fönster planeras in för att ge dagsljus till de omkringliggande sovrummen och korridoren. Alla väggar skall ha en matt färg med ljus kulör för att hjälpa spegla ner dagsljuset till rummen enligt figur 21.



Figur 21: Beskrivande figur kring teorin om hur dagsljus kommer in i husets atrium

4.3.4. Solceller

De solceller som kommer att användas till att försörja AC-aggregatet kommer att placeras på högsta punkt vilket är taket till trapphuset. På denna placering kommer solcellerna aldrig bli skuggade av någon annan del på huset och kommer därför att ge ut maximal effekt. Solcellerna är bara tänkt att användas som energikälla till det centrala AC-aggregatet vid de tillfällen som det lokala elnätet inte fungerar. Det centrala AC-aggregatet är placerat i kulverten och även då har solcellerna en fördel av att stå över trapphuset eftersom att kabellängden då blir som kortast.

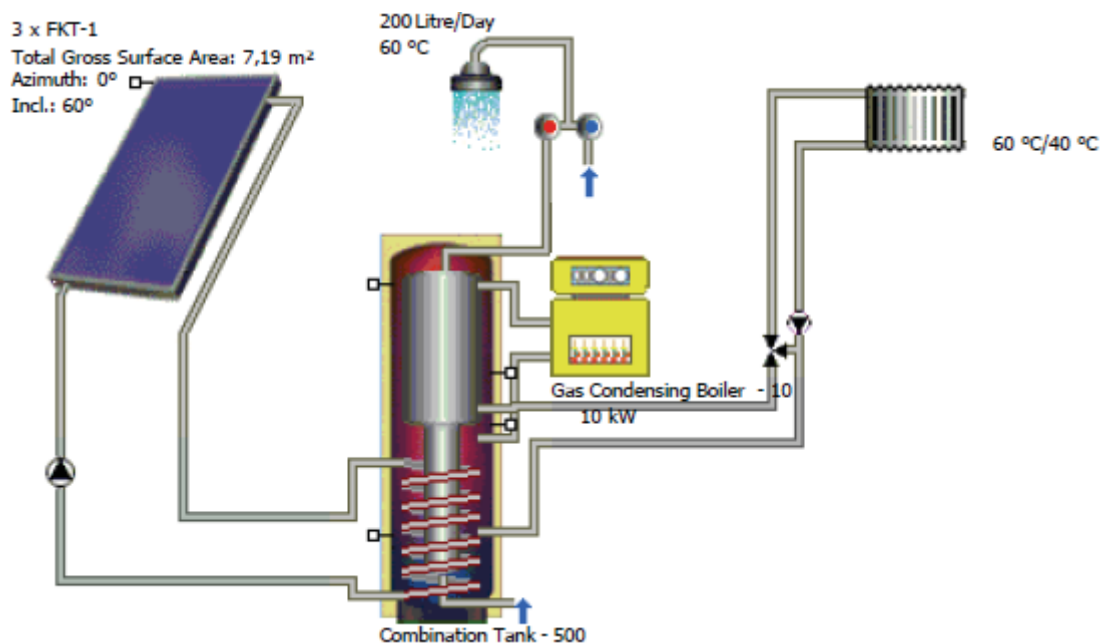
Det centrala AC-aggregatet kommer att behöva en energikälla på max 1,4 kWh. För att komma upp till denna energi behövs en solpanel på 11 m² (Boxwell,2012). Enligt "Solar Electricity Handbook" kommer solcellerna att producera mest energi när de ligger plant, då solen på dessa breddgrader står högt på sommarhalvåret.

Solcellerna är dock inte alltid direktanslutna till AC-aggregatet. Tanken med solcellerna är att de laddar upp ett batteri som är en reservkälla till AC-aggregatet när det blir strömavbrott i området. Detta batteri kommer enligt "Solar Electricity Handbook" att kunna försörja det centrala AC-aggregatet i 15 timmar, under denna tid är oftast strömfelet i området återställt samt inomhusklimatet förblir oförändrat.

Tanken med att solcellerna enbart skall användas som försörjning till AC-aggregatet är för att de kompletterar sig så pass bra. När himlen är molnfri är det som varmast och då skiner solen som starkast på solcellerna och producerar mest energi samtidigt som AC-aggregatet belastas som mest för att kyla huset.

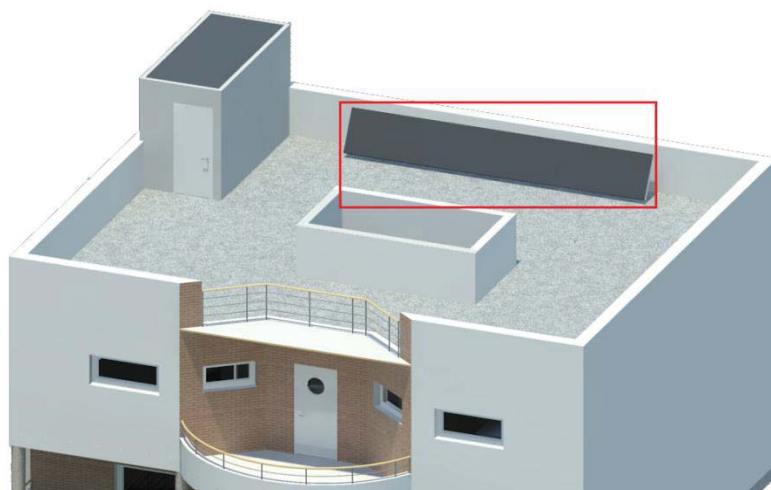
4.3.5. Solfångare

Solfångare används i första hand till att värma upp tappvatten till kranarna men kan även vara en extra hjälp till att värma upp huset (Bosch termoteknik, 2012). I Sulaymaniyah är temperaturen väldigt varierande över året som nämnts innan under klimatdata. På vinterhalvåret kan temperaturen gå ner mot noll grader Celsius. Under dessa årstider måste husen värmas upp och med tanke på att elnätet i förhållande till Skandinavien är instabilt kan inte elektriciteten vara källan till värmen. Därför har solfångarpaneler dimensionerats till detta hus.



Figur 22: Beskrivande figur om hur bostadens värmesystem är kopplat

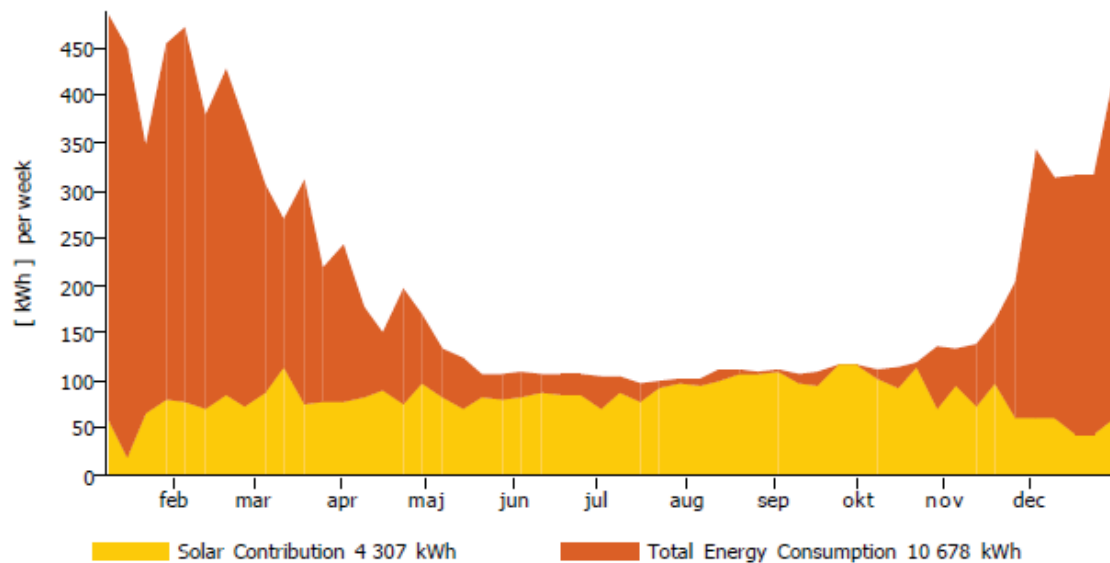
Som bilden illustrerar räcker det inte med att enbart använda solfångare, därför installeras även en gasbrännare för att värma upp den vätskan som solfångarna tillför ackumulatortanken. För detta hus kommer 7 m² solfångare behövas, dessa kommer att placeras så långt norr ut på taket som möjligt samt vara riktade mot söder, som visas i figur 24



Figur 23: Figur som visar placeringen av solfångarna

Valet av dimensioner på solfångarna har påverkats av husets form, då räcket som går runt huset är 1,2 meter högt har solfångarenheterna fått måtten 1 x 1 meter. Lutningen på solpanelerna är 60 grader för att få ut maximal effekt för att producera värme till huset (Bosch termoteknik, 2012).

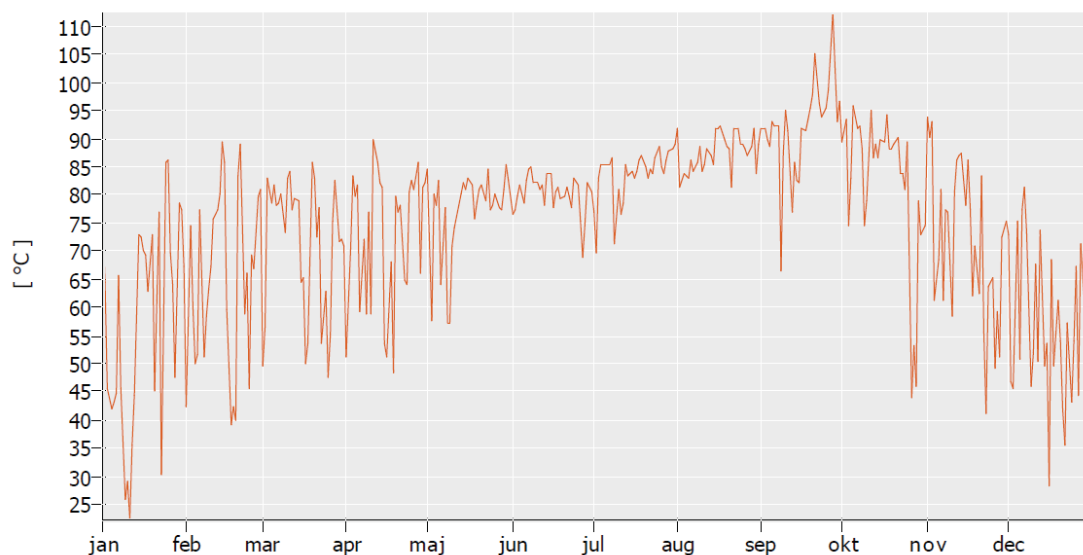
Solar Energy Consumption as Percentage of Total Consumption



Tabell 3: Ett diagram som visar hur mycket solfångarna kommer att bidra med till värmeförseln till bostaden

Här visas hur mycket solpanelen kommer att bidra till att värma huset under hela året i en procentsats. På de kallare delarna av året kommer solfångarna bidra med ungefär 75 kWh, övrig värmeförsel kommer gasbrännaren att användas för att komplettera. På de varma delarna av året kommer som diagrammet visar solfångarna tillgodose i princip hela den nödvändiga värmeförseln huset behöver. Vid dessa årstider kommer dock solfångarna inte värma upp huset utan bara värma tappvatten (Bosch termoteknik, 2012).

Daily Maximum Collector Temperature



Tabell 4: Ett diagram som visar den maximala temperaturen solfångarna kommer att nå vid denna vinkel

Detta diagram visar hur hög värme solpanelerna kommer att kunna stiga upp till under hela året. Som diagrammet visar kommer max temperaturen vara runt 110 grader Celsius, då temperaturerna för solfångarpanelerna håller sig inom rimliga gränser kommer vätskan Tyfocor® L att kunna användas som har en kokpunkt på + 150 grader Celsius samt en fryspunkt på -50 grader Celsius att användas (TYFOROP Chemie GmbH, 2012).

5. Avslutning

Avslutningsvis kommer följande kapitel att beskriva resultatet av det framtagna förslaget på ett effektivare hus. Även kommer det att diskuteras huruvida förslagen kunde bearbetas på ett bättre sätt samt tankar och idéer om framtida utvecklingar.

5.1. Resultat

Förslaget som tagits fram i rapporten visade sig vara ett alternativ som kan komma att bli en energieffektiv lösning på de problem som finns i Irak. Den form som huset gavs blev bra ur flera perspektiv, formgivningen av huset skapade naturliga solavskärmningar samt behagliga grönytor att vistas på. Det atrium som skapats i mitten har fått flera användningsområden vilka har lett till ett effektivt sätt att få in dagsljuset men inte det direkta solljuset. En mer detaljerad beskrivning finns i kapitlet 4.3.3 Atrium i denna rapport. Planlösningen varierade med atriets placering, då atriets funktion till större del var att ge dagsljus till alla rum i huset. Eftersom att kulturen är mer privat än i Norden kom planlösningen att se ut enligt kapitlet 4.2 Planlösning.

Då valet av byggmaterial är viktigt har de vanligaste materialen framlagts och valts ut för att användas till stomme samt isolering. Bärande väggar är betongblock (kap. 3.1 Stomme) som muras upp på plats (denna teknik används redan). Bjälklag görs av armerad betong. Betong som stomme på dessa breddgrader är även en bra lösning då betong lagrar energi och bryter därför de kraftiga klimatförändringar som sker. För att ytterligare effektivisera stommen har isoleringsmaterial planerats in, fler studier har gjorts (kap. 3.3 Isoleringsmaterial) för att få fram det effektivaste isoleringsmaterialet för stommen vilket är cellplast.

För att få ett slutgiltigt resultat till formgivningen, tjocklekar av väggar samt atriets position har sol- och skuggstudier (kap. 4.3.1 Sol- & skuggstudier) gjorts för att få fram hur solen kommer att påverka husets alla funktioner med dess direkta solljus. Enligt solstudierna som gjorts i Revit Architecture har de funktioner som strävats efter kunnat tas fram så som att de naturliga solavskärmningarna som finns i husets konstruktion räcker för att inte få in direkt solljus, samt att solfångarna och solcellerna inte blir påverkade av skuggan. Som sol- och skuggstudierna även visar är taket till huset väldigt påverkat av direkt solljus och kommer fungera som ett element till huset under den varma perioden av året.

För att minska energibehovet till husets inomhusklimat har flera kombinationer av olika teorier framlagts. Husets kulvert är kärnan till den effektiva lösningen kring det komfortabla inomhusklimatet (kap. 4.3.2 Kulvert och ventilationssystem). Resultatet blev att utnyttja den naturliga kyla som uppstår från skuggade områden, jordens lägre temperaturer samt nattluftstemperaturen. Detta för att förkyla utomhustemperaturen innan den behandlas av AC-aggregatet och på så sätt få en lägre belastning på husets centrala AC-aggregat.

För att erhålla ett kontinuerligt och komfortabelt inomhusklimat, trots det relativt instabila elnätet har solceller dimensionerats och placerats på taket. Solcellerna kommer att försörja den centrala AC-anläggningen vid eventuella strömavbrott. Detta för att ett strömavbrott påverkar inomhusklimatet drastiskt (kap. 4.3.5 Solceller). På taket har också solfångare installerats för att på den kallare perioden assistera gasbrännaren till att värma huset och på så sätt få ett energieffektivt inomhusklimat (kap. 4.3.6 Solfångare).

5.2. Diskussion

I början av rapporten var det svårt att komma in i kulturen och klimatet på dessa breddgrader. Efter att ha undersökt och frågat diverse folk fick vi veta att staden är under stor utveckling och många nya tankar och idéer ställs fram men fortfarande finns det brister i byggnationen.

I början var tanken att projektera ett förslag till ett bostadshus som skulle förberedas för framtida tilläggsisolering, installationer och liknande då levnadsstandarden kan komma att förändras. Efter att ha förstått staden bättre framgick det att materialtillgängligheten samt kunskapen om mer avancerad teknik existerar. Istället lades fokus på att utnyttja de valmöjligheter som finns för att erbjuda ett effektivare förslag på bostadshus med bättre inomhusklimat. En viktig aspekt i rapporten har varit att spegla kulturen i det framtagna förslaget för att på så sätt kunna accepteras av invånarna. Enligt oss tycker vi att denna aspekt är uppnådd. Formgivningen av huset togs fram med hjälp av snabbt skissade planer på en yta av 200 m² för att få en uppfattning av hur mycket mark huset kommer täcka då 20 % av marken sett uppifrån skulle vara obebyggt. När den enligt oss bästa planen valdes började skissandet på planlösningen. Lokal byggnadstradition ger endast en fri fasad mot gatan. Detta gav svårigheter i planlösningen då huset får mörka rum utan dagsljus. Då planlösningen till ett hus med atrium är svårt att planera fick vi ta fram förslag på olika planlösningar och se vad som var bra respektive dåligt, för att sedan försöka ta alla fördelar och sammanställa dessa till en komplett planlösning. Planlösningen kunde blivit bättre i form av att få ännu färre döda ytor genom att framställa fler alternativa lösningar till planlösningen.

Med hjälp av vår handledare Kurt Möller på WSP har bland annat idéer tagits fram angående kulvert och ventilationssystem. Dessa förslag är beprövade och fungerar i verkligheten, dock kan det hända att vissa detaljer kan komma att bli annorlunda vid detta klimat då temperaturskillnaderna är väldigt stora.

Det förslag till hus som vi har tagit fram kan göras bättre om inte ekonomin sätter gränser. Vårt förslag riktar sig till majoriteten av befolkningen och kan därför inte använda allt för avancerad konstruktion och teknik då det blir höga kostnader. Dessa studier och antaganden är inte helt färdigställda då det saknas beräkningar på ventilationssystem, konstruktionen i sig samt att de energiberäkningar som gjorts inte är helt samordnade.

Avslutningsvis anser vi att det arbete vi har påbörjat har goda möjligheter att hjälpa invånarna i Sulaymaniyah till ett mer energieffektivt hus samt att få ett behagligare inomhusklimat.

6. Referenser

6.1. Litteratur

Burström, P (2001), Byggnadsmaterial; *Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper*. Studentlitteratur, Lund.

Petersson, B (2001), *Tillämpad byggnadsfysik*. Studentlitteratur, Lund.

6.2. Elektroniska källor

Governorate Profile (2010), IOM IDP and returnee assessment-Sulaymaniyah
<http://www.iomiraq.net/Documents/IOM%20Iraq%20-%20Governorate%20Profile%20-%20Sulaymaniyah.pdf>

Governorate Profile (2007), Sulaymaniyah
<http://www.iauiraq.org/gp/sulaymaniyah/default.asp>

WorldClim Global Climate Data (2000)
<http://en.wikipedia.org/wiki/Sulaymaniyah>

Bergsäker (2009), *lär dig om byggmaterial – isoleringsmaterial*
http://www.bergsaker.se/news.asp?r_id=8890

Isover (2012), *Vad är mineralull?*
<http://www.isover.se/produkter/vad+%C3%A4r+mineralull-c7->

ThermiSol (1998), *SPS- och ESP-cellplast; Material- och miljöfakta*.
http://www.thermisol.se/pdf/SPS_%20och_EPS_cellplast.pdf

Hagentoft, C, Svensson, C, *Bygg och Teknik*,
<http://www.mur.se/subcategories/Aktuellt/Energiartikel%20Bygg%20och%20Teknik.html>

Energihandboken, Jernkontoret (2008)
<http://energihandbok.se/x/a/i/10673/Tabell---Varmeledningsformaga-och-U-varden-for-olika-material.html> (16 maj 2008)

TYFOROP Chemie GmbH, (2012)
http://www.tyfo.de/docs/TI-TYFOCOR-L_gb_2011.pdf

6.3. Muntliga källor

Möller, K, konsult, WSP Environmental. Möte 2012

Ali, R, VD, Palkana Company (Sulaymaniyah), telefon- och e-postkontakt

Samad, A, byggnadsingenjör, Intervjuad av författarna den 18 maj 2012 i Borås.

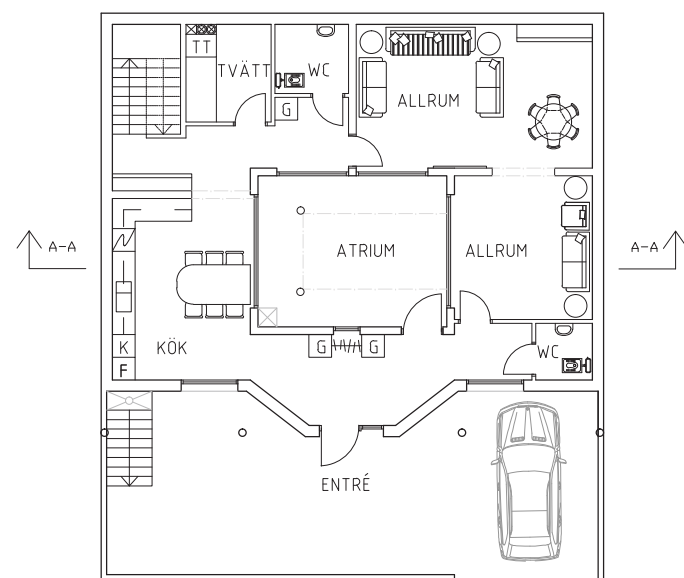
Bilagor

Bilaga 1: Ritningar, plan och sektion.

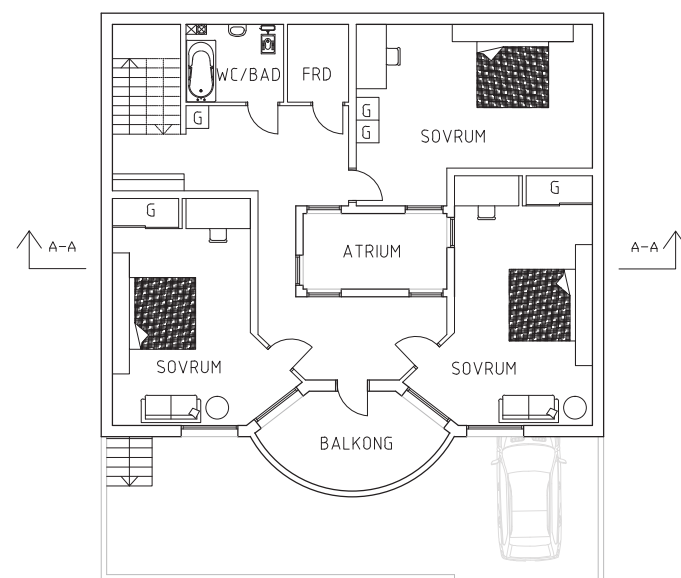
Bilaga 2: Solceller, dimensionering.

Bilaga 3: Solfångare, dimensionering.

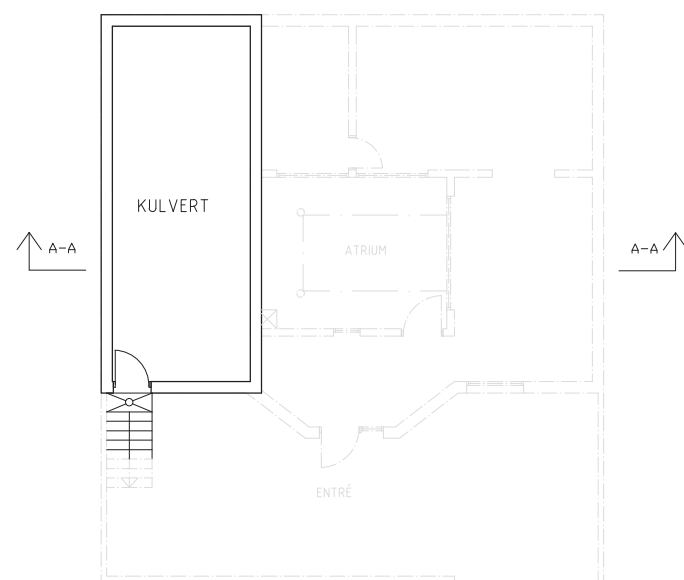
Bilaga 4: Transmissionsförluster, uträkningar.



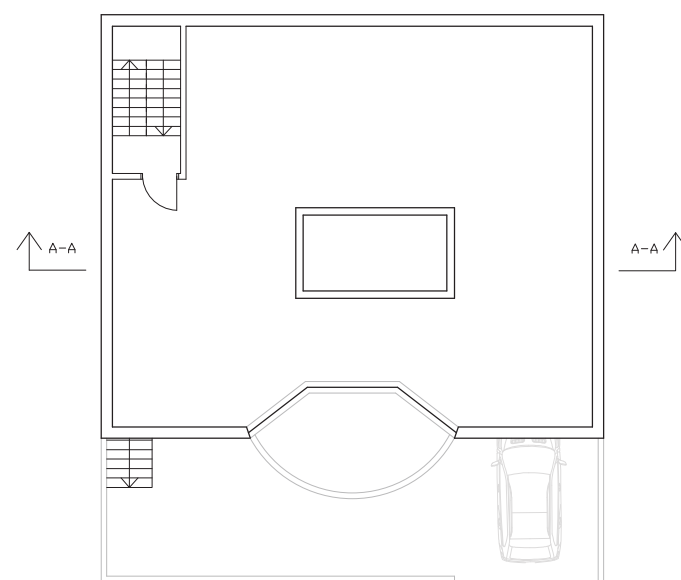
PLAN 1



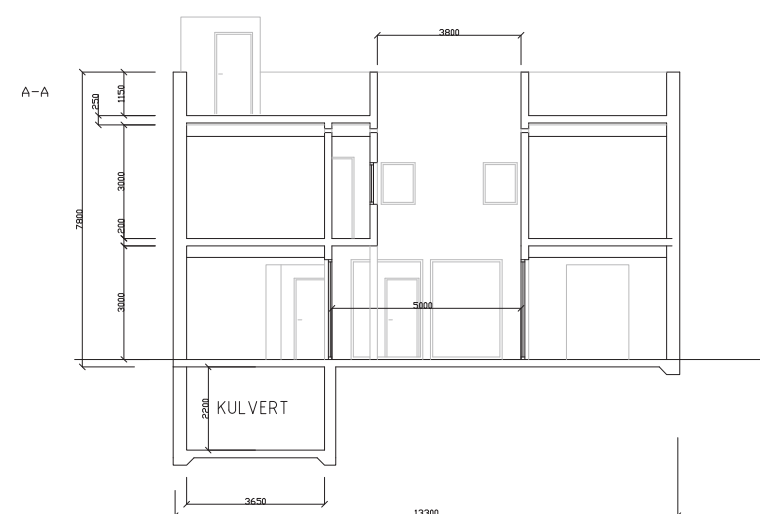
PLAN 2



KULVERT



TAKPLAN



SEKTION A-A

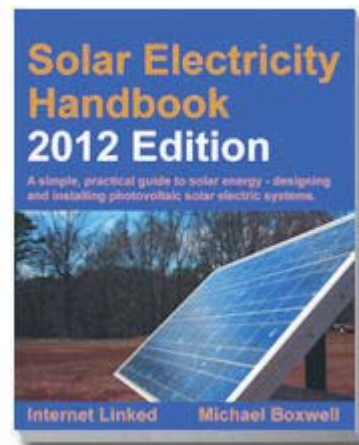
XREF: 2012-54-20, kl:16:54 / Filnamn: X:\Kurdistan-Chalang_Dennis\CAD\--A4-10_Ram.dwg

Energy efficient housing in Sulaymaniyah

Off-Grid Solar Electricity Analysis

**Report compiled for
Chalang Abdulkadir & Dennis
Simonsson**

Written by Michael Boxwell
author of *The Solar Electricity Handbook*



<http://www.SolarElectricityHandbook.com>

Greenstream Publishing
12 Poplar Grove
Ryton on Dunsmore
Warwickshire
CV8 3QE
United Kingdom

www.greenstreampublishing.com

Copyright © Michael Boxwell 2012.

This *Off-Grid Solar Electricity Analysis* report has been produced by Greenstream Publishing.

Michael Boxwell asserts the moral right to be identified as the author of this work.

Whilst we have tried to ensure the accuracy of the contents in this book, it is a computer generated report based on information entered on the Solar Project Analysis web page on the Solar Electricity Handbook website. The information is provided free of charge, 'as is' and without warranty. The

author or publishers cannot be held responsible for any errors or omissions found therein.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publishers.

Introduction

Solar electricity is wonderful. Taking power from the sun and using it to power electrical equipment is a terrific idea. It is no wonder that solar power captures our imagination: no ongoing electricity bills, no reliance on an electrical socket. Free energy that doesn't harm the planet.

Of course, the reality is a little different from that and solar certainly isn't suitable for every application. Yet solar energy is an excellent and practical resource that can be harnessed relatively easily and effectively. This is especially true where comparatively small amounts of electricity is required.

To get the best out of solar it is important to do your planning first. You need to be meticulous with detail. Only then can you be assured that your Solar Power Station will deliver exactly what you need.

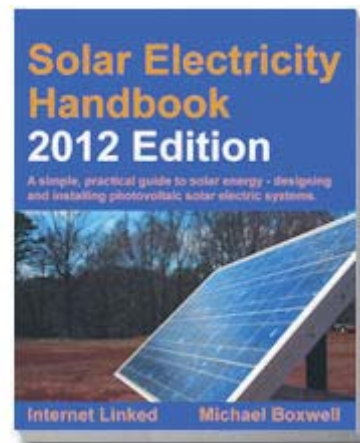
This Solar Electricity Analysis for your Energy efficient housing in Sulaymaniyah project provides you with a feasibility study that will allow you to judge whether or not an off-grid solar electricity system is suitable for your project. It takes into account your electrical load and the level of solar energy available in and around As Sulaymaniyah throughout the year to analyse whether solar electricity could be utilised.

What it cannot do, of course, is take into account your actual site and this report does not eliminate the need for a full and thorough site survey. For the purposes of this report, it is assumed that you have a suitable location for mounting solar panels, where direct sunlight is not obstructed at any point during daylight hours.

This report has been compiled based on a questionnaire filled in online by Chalang Abdulkadir & Dennis Simonsson. By its very nature, it is not possible for every factor for a solar power system to be taken into account simply through an online questionnaire. Various aspects of a successful photovoltaic design can only be undertaken after careful analysis of requirements and surveying the site where the system is to be installed.

In particular the positioning of the solar panels on the site and the overall design of the system are critical factors in the success of implementing a solar power system. Neither of these factors has been taken into account in the compilation of this report.

The report is written to be used in conjunction with *The Solar Electricity Handbook* written by Michael Boxwell and published by Greenstream Publishing. The Solar Electricity Handbook is a simple, practical guide to designing, installing and using photovoltaic solar power. The book assumes no previous experience with solar electricity and guides you through the whole process of designing and installing solar power systems from first principles.



***The Solar Electricity Handbook*, published by Greenstream Publishing, is priced at US \$17.99 and is available from Amazon and all good booksellers.**

Setting Expectations for Solar Power

If you are new to solar electricity, it is worth spending a little time understanding what is practical and achievable with solar power and what is not.

Solar power is a useful way of generating modest amounts of electricity where there is a good amount of sunlight available and where your location is free from obstacles such as trees and other buildings that may shade your solar panels.

The amount of energy you need to generate has a direct bearing on the size and cost of a solar power system: the more electricity you need the more difficult and more expensive your system will become.

If your requirements for solar electricity are to run a few lights, power some relatively low power electrical equipment such as a laptop computer, a small TV and a few other small bits and pieces, then you can probably achieve what you want with solar electric power at a reasonable price. If your ambitions are rather bigger, then the costs for implementing solar power can very quickly get out of hand.

Solar electricity is not well suited to generating heat: heating rooms, cooking and heating water all take up significant amounts of energy. Using electricity to generate this heat is extremely inefficient. Instead, you should consider a solar hot water heating system and heating and cooking with gas or solid fuels.

Solar Electricity Analysis

Energy Table

From the information provided on the Energy efficient housing in Sulaymaniyah project, the solar power system will need to power the following devices:

High Voltage Devices

High voltage devices will require an inverter in order to work. These add a level of inefficiency into a solar power system (although this can be offset by the reduced cable resistance associated with higher voltage appliances).

Total Energy Requirements

Your total system energy requirement is 7000 watt-hours per day. All power is required at mains voltage.

Solar Energy calculations

Solar energy is a combination of the hours of sunlight you can expect at your site and the intensity of that sunlight. Solar energy varies depending on the time of year and the position of the earth relative to the sun.

This combination of hours of sunlight and intensity of sunlight is called insolation, and the results can be expressed as an average *irradiance* as watts per square meter (W/m^2), or as kilo-watt hours per square meter spread over the period of a day ($kWh/m^2/day$).

Of course, not every day is the same and insolation figures will vary depending on the weather. You'll get far better power generation on a sunny day than you will on a cloudy, overcast day. For this reason, the batteries used to store the solar electricity generated must be large enough to be able to store enough excess energy to cover a few days of under-performance from the solar panels.

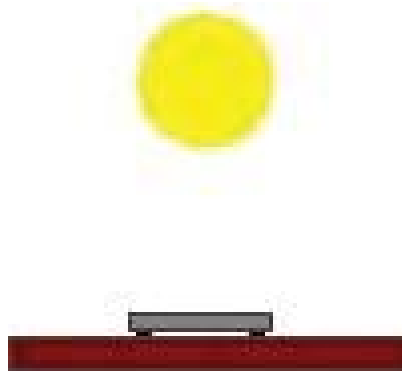
The amount of solar energy also varies dramatically depending on the tilt of the solar panels in relation to the sun. For example, if a solar panel is laid flat on the ground, you can get dramatically different power outputs compared to the same panel being mounted upright against a wall or tilted to face the sun to capture as much sunlight as possible.

The amount of solar energy you can capture also varies considerably depending on the directions that the solar panels are facing. As you have indicated that you will be facing your solar panels directly south, your panels will be facing in the optimum position to give you the best solar performance.

From the perspective of solar energy, insolation figures show how much energy per day a solar panel will capture in any given month.

For example, in the table below, May shows an insolation figure of 6.64kWh/m²/day. This means that on an average day in May, a 100 watt solar panel would generate 6.64 x 100 watts = 664.00 watt-hours of energy throughout the day.

The irradiance figures used here are based on the region in and around As Sulaymaniyah with the panels mounted flat (horizontal).



Average solar isolation figures for your area, shown as kilowatts per square meter per day. For further information about solar insolation, please refer to The Solar Electricity Handbook.

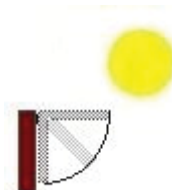
Getting the right angle - how much difference it makes to have the solar panels tilted towards the sun

To get the absolute best out of solar, you need your solar panels facing due south. Anything more than a slight deviance towards this can have quite a significant impact on the performance of the solar array.

For example: if your solar panels were facing due east or west, you could expect a drop of between 18-22% in solar power generation. When filling in the solar calculator questionnaire, you indicated that you will be installing your panels so they are facing directly south. This is the optimum direction for your solar panels.

The vertical angle solar panels are mounted at can also make a very big difference to their performance - especially during the winter months. For example, here is the comparative

performance of a solar panel in As Sulaymaniyah, facing due south and mounted at different angles:



Variable Tilt Adjusting the tilt throughout the year to get the best performance each month	5.33 kWh/m ² per day 54° angle	7.63 kWh/m ² per day 78° angle	6.32 kWh/m ² per day 54° angle	4.00 kWh/m ² per day 30° angle
---	---	---	---	---

As you can see, there can be some really big differences in the amount of energy you can capture depending on the vertical tilt of your solar array.

Assumed Efficiency Values

For the purposes of producing a basic sizing estimation, we are assuming the following efficiency values:

Solar Panel Power Point Efficiencies

Solar panels are rated on their 'peak power output'. Peak power on a solar panel in bright sunlight is normally generated at between 17-20 volts. However, a 12 volt battery only requires around 14 volts to charge it. Most solar controllers effectively 'lose' the voltage difference, and as a consequence, around 25% of the power generation is lost.

More expensive solar controllers use a technology called 'Maximum Power Point Tracking' (MPPT), which converts this excess voltage into extra current at a lower voltage, thereby ensuring more power goes into the battery. The size of your project means that it is recommended that you buy a MPPT controller, as this will ensure greater efficiency and reduce the

overall cost of your project.

Power point efficiencies do vary from one product to another and information about a specific panel is available from the panel manufacturer. For the purposes of this report we are assuming a 95% solar panel power point efficiency using a MTTP controller.

Battery Storage

We are assuming 90% battery efficiency from our system. In other words, 90% of the energy stored in the batteries can be used by the system. New batteries should be able to exceed these figures. However, older batteries, or batteries stored at sub-optimal temperatures may provide significantly lower efficiency levels.

We are also assuming that batteries should not be discharged below a 20% state of charge (sometimes shown as an 80% depth of discharge).

Power Inverters

You have indicated that you require 7000 watt-hours of mains electricity a day in your design.

Solar panels generate electricity at low voltages (nominally 12v per panel). To increase the voltage to mains power a power inverter is required. We are assuming a 90% efficiency for a power inverter in this report.

Resistance

Resistance is the opposition of an electrical current. The higher the current through a length of wire, the higher the resistance

(and therefore the greater inefficiencies) you will generate.

Positioning and Installation

A full site survey must be done before planning and installing a solar power system.

You have indicated that the panels will be facing due south. For the purpose of this report, we are assuming that there are no obstacles that will shade the solar panels at any time during daylight hours.

The solar values have been based on the panels being mounted flat (horizontal). It is worth noting that a completely flat solar panel can get dirty extremely quickly and can collect water during rainfall, which should then be wiped off. You will need to ensure that your panel is fitted in an accessible location and is regularly cleaned.

For more information on site surveys, solar positioning and installation please refer to the chapter on *Surveying your Site* in The Solar Electric handbook.

Size and Costs

Solar Panels

This system has been sized to provide enough power to cope with a full electrical load for May, June, July, August and September. Outside these months the system will continue to generate some electricity, but depending on the time of year this may not be enough to provide a full electrical load over an extended period.

Based on our calculations, and assuming your site is suitable with no obstacles shading the solar panels at any time during daylight hours, you will require a 1600w solar array (which will be made up of several panels) in order to provide your electricity requirements.

The solar panels will take up approximately 10.7 square metres of surface area.

Battery Technology

To provide a suitable battery store with 3 days of reserve power, you will require 29.2kWh of energy storage.

If you are running your solar electric system at 12 volts, this equates to a 2431Ah battery pack.

If you are running your solar electric system at 24 volts, this equates to a 1215Ah battery pack.

Industrial traction deep-cycle batteries are recommended for

your Energy efficient housing in Sulaymaniyah project. These are available from battery specialists and suppliers of solar photovoltaic panels.

For more information on battery technology, please refer to *The Solar Electricity Handbook*.

Estimated costs

The cost for all the materials and hardware for your project are likely to be in the region of US \$5040 - US \$7560.

As a rough guide, we would estimate that it should take a relatively competent DIY installer around 4 days to install this system. Because of the weight and size of the individual solar panels, it would be a good idea to have a second person available to help install the solar array.

Keeping to a budget

It is not uncommon to discover at this stage that a solar electric system is simply unaffordable. When this happens you can do one of three things: you can walk away, you can revisit your original scope and see what can be changed, or you can fine tune your design in order to make your system more cost effective.

It is very common for a first draft for a solar electric project to turn out to be too expensive. However, a careful analysis of requirements and a detailed design will normally result in cost savings. Quite often, these savings can be very dramatic.

You may want to look at installing your solar panels at a different angle. If you can mount them so that they are angled more closely towards the noonday sun, the efficiency of your panels will increase, thereby reducing the size of solar array that you require.

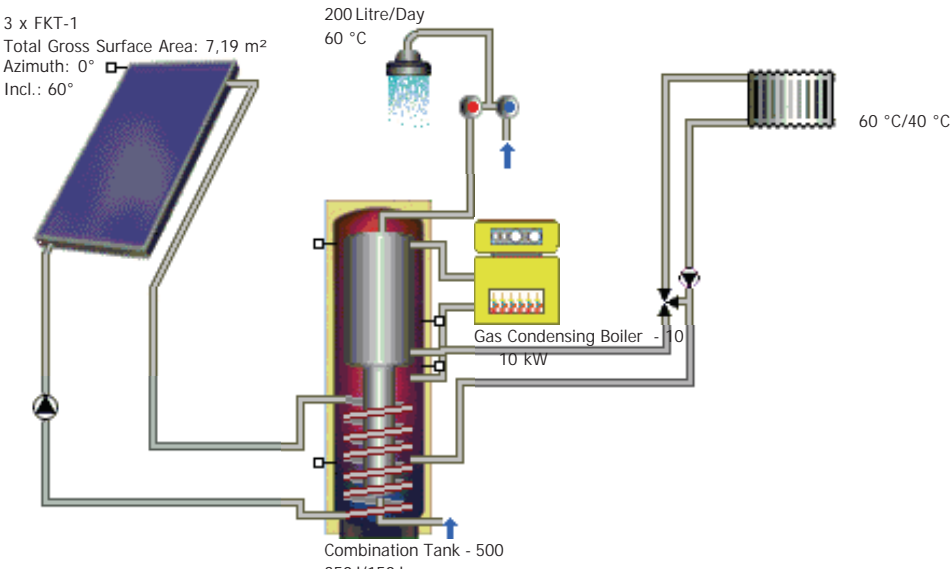
The Solar Electricity Handbook describes various techniques and tips for fine-tuning your solar power system to make it both affordable and effective.

For further information

For further information about solar electric systems, *The Solar Electric Handbook*, written by Michael Boxwell and published by Greenstream Publishing is a comprehensive guide for designing and implementing photovoltaic solar power. The book assumes no prior experience of solar energy systems and has been written as a simple, practical guide to designing, installing and using solar power systems.

***The Solar Electricity Handbook*, published by
Greenstream Publishing and is available from Amazon
and all good booksellers.**

www.SolarElectricityHandbook.com



Results of Annual Simulation

Installed Collector Power:	5,03 kW	
Installed Gross Solar Surface Area:	7,19 m ²	
Collector Surface Area Irradiation (Active Surface):	11,64 MWh	1 721,11 kWh/m ²
Energy Produced by Collectors:	4,86 MWh	718,76 kWh/m ²
Energy Produced by Collector Loop:	4,31 MWh	636,63 kWh/m ²
DHW Heating Energy Supply:	4,31 MWh	
Space Heating Energy Supply:	4,78 MWh	
Solar Contribution to Combination Tank:	4,31 MWh	
Energy from Auxiliary Heating:	6,37 MWh	

Natural Gas (H) Savings:	539,1 m³
CO2 Emissions Avoided:	1 140,09 kg
Total Solar Fraction:	40,3 %
Fractional Energy Saving (EN 12976):	33,7 %
System Efficiency:	37,0 %



Basic Data

Climate File

Location:	Antalya
Climate Data Record:	"Antalya"
Total Annual Global Radiation:	1795,15 kWh
Latitude:	36,7 °
Longitude:	-30,73 °

Domestic Hot Water




Average Daily Consumption:	200 l
Desired Temperature:	60 °C
Load Profile:	Detached House (evening max)
Cold Water Temperature:	February: 8 °C / August: 10 °C
Circulation:	No

Space Heating

Standard Building Peak Heating Load:	6 kW
Standard External Temperature:	1 °C
Design Temperatures :	60 °C/40 °C

System Components

Collector Loop

Manufacturer:	  Junkers
Type:	 FKT-1
Number:	3,00
Total Gross Surface Area:	7,19 m ²
Total Active Solar Surface Area:	6,77 m ²
Tilt Angle:	60 °
Azimuth:	0 °




Combination Tank (Tank)

Manufacturer:	 T*SOL Database
Type:	 Combination Tank - 500
Volume:	500 l

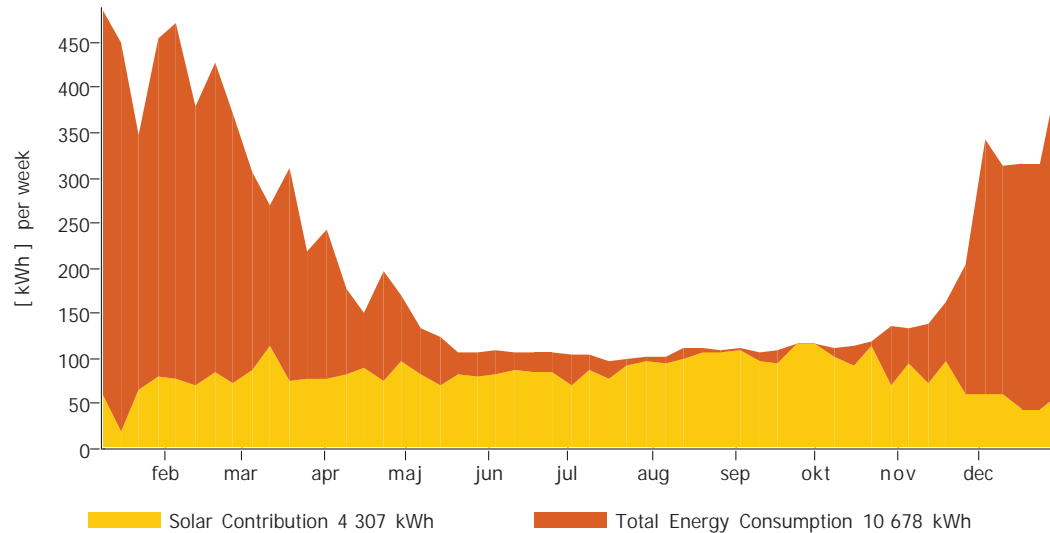
Auxiliary Heating

Manufacturer:	 T*SOL Database
Type:	 Gas Condensing Boiler - 10
Nominal Output:	10 kW

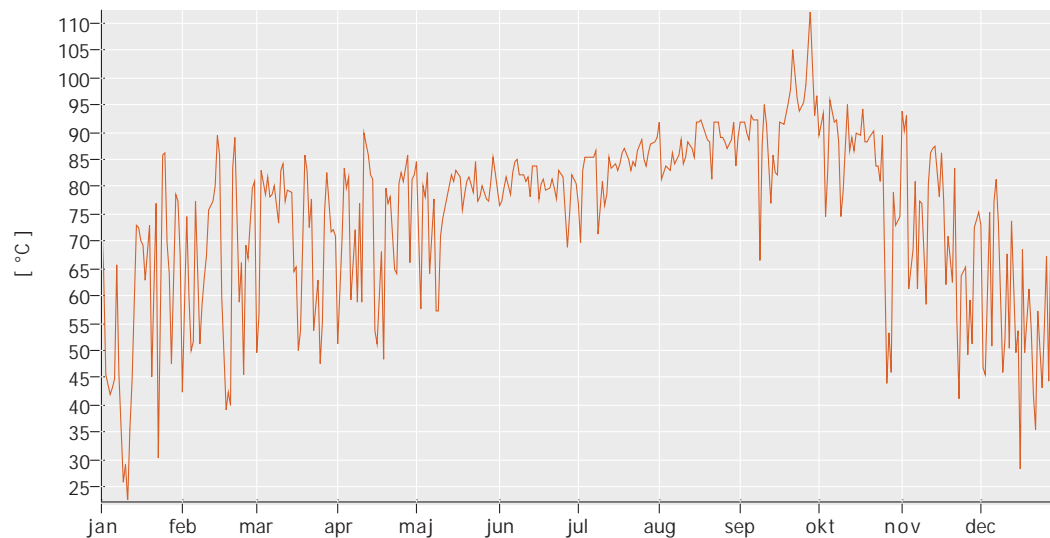
Legend

	Original T*SOL Database
	With Test Report
	Solar Keymark

Solar Energy Consumption as Percentage of Total Consumption



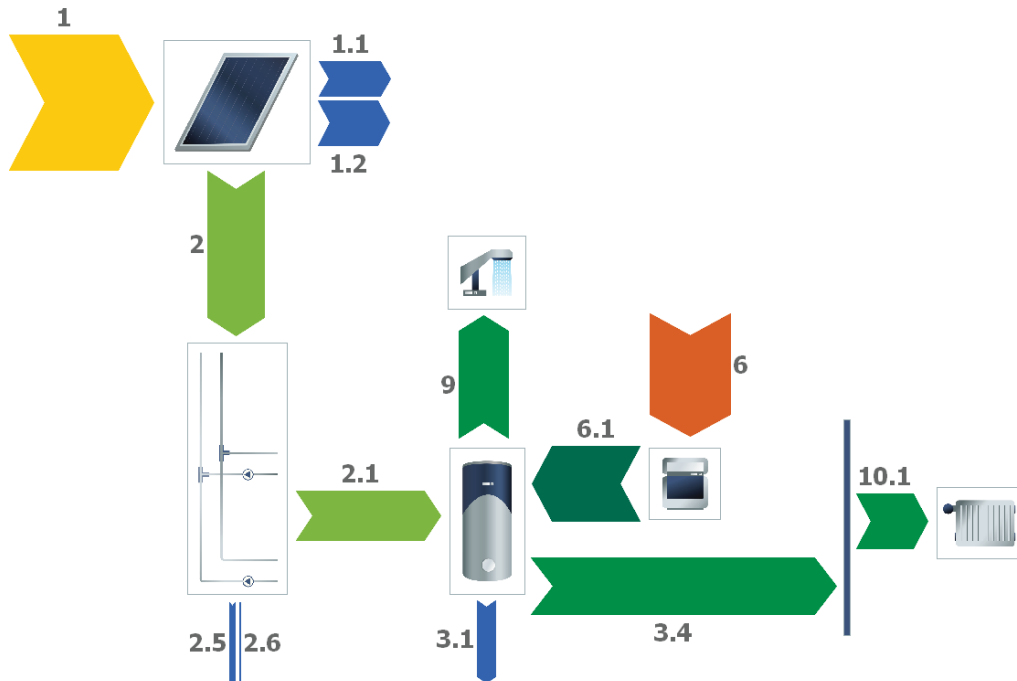
Daily Maximum Collector Temperature



These calculations were carried out by T*SOL Expert 4.5 - the Simulation Programme for Solar Thermal Heating Systems. The results are determined by a mathematical model calculation with variable time steps of up to 6 minutes. Actual yields can deviate from these values due to fluctuations in climate, consumption and other factors. The system schematic diagram above does not represent and cannot replace a full technical drawing of the solar system.



Energy Balance Schematic



Legend

1	Collector Surface Area Irradiation (Active Surface)	11 643 kWh
1.1	Optical Collector Losses	2 946 kWh
1.2	Thermal Collector Losses	3 834 kWh
2	Energy from Collector Array	4 862 kWh
2.1	Solar Energy to Storage Tank	4 307 kWh
2.5	Internal Piping Losses	485 kWh
2.6	External Piping Losses	70 kWh
3.1	Tank Losses	1 533 kWh
3.4	Tank to Space Heating	4 836 kWh
6	Final Energy	6 905 kWh
6.1	Supplementary Energy to Tank	6 371 kWh
9	DHW Energy from Tank	4 309 kWh
10.1	Heat to HT Heating	4 782 kWh



Glossary

- 1 **Collector Surface Area Irradiation (Active Surface)**
 Energy Irradiated onto Tilted Collector Area (Active Solar Surface)
- 1.1 **Optical Collector Losses**
 Reflection and Other Losses
- 1.2 **Thermal Collector Losses**
 Heat Conduction and Other Losses
- 2 **Energy from Collector Array**
 Energy Output at Collector Array Outlet (i.e. Before the Piping)
- 2.1 **Solar Energy to Storage Tank**
 Energy from Collector Loop to Storage Tank (Minus Piping Losses)
- 2.5 **Internal Piping Losses**
 Internal Piping Losses
- 2.6 **External Piping Losses**
 External Piping Losses
- 3.1 **Tank Losses**
 Heat Losses via Surface Area
- 3.4 **Tank to Space Heating**
 Heat from Tank to HT/LT Heating. For tanks with circulation, there is a solar contribution and a contribution from the temperature mix in the tank.
- 6 **Final Energy**
 Final Energy Current into System. This can flow in as natural gas, oil or electricity (not including solar energy) taking efficiency levels into account
- 6.1 **Supplementary Energy to Tank**
 Supplementary Energy (e.g. Boiler) to Tank
- 9 **DHW Energy from Tank**
 Heat for DHW Appliances from Tank (Excluding Circulation)
- 10.1 **Heat to HT Heating**
 Heat to High Temperature Heating

Transmissionsförluster

Tak, väggar, fönster ger upphov till s.k. transmissionsförluster. För beräkning av transmissionsförluster använder man sig av följande formler:

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

R= värmemotståndet [$\text{m}^2, \text{°C/W}$]

d =Skiktets tjocklek [m]

λ = Värmeledningsförmåga [W/mK]

Vägg	d [m]	λ [W/mK]	R [$\text{m}^2, \text{°C/W}$]
Cellplast	0,05	0,035	1,429
Betong	0,3	1,7	0,177
Gipsskiva	0,01	0,25	0,04

$$U = \frac{1}{\Sigma R}$$

U= Värmegenomgångskoefficient ($\text{W/m}^2, \text{°C}$)

U-värdet för väggen: $U = \frac{1}{\Sigma R} = \frac{1}{1,429+0,177+0,04} = 0,608 \text{ W/m}^2, \text{°C}$

Tak	d [m]	λ [W/mK]	R [$\text{m}^2, \text{°C/W}$]
Cellplast	0,05	0,035	1,429
Betong	0,2	1,7	0,118

$$U = \frac{1}{\Sigma R} = \frac{1}{1,429+0,118} = 0,646 \text{ W/m}^2, \text{°C}$$

	U [$\text{W/m}^2, \text{°C}$]	A [m^2]
Vägg	0,608	134,7
Tak	0,646	119,72
Fönster	1,5	33,9

Formel för transmissionsförluster P_{trans}

$$P_{\text{trans}} = U \cdot A \cdot (T_{\text{ute}} - T_{\text{inne}})$$

$$T_{\text{ute}} = 38 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{inne}} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$P_{\text{vägg}} = 0,608 \cdot 134,7 \cdot (38 - 25) = 1064,67 \text{ W}$$

$$P_{\text{tak}} = 0,646 \cdot 119,72 \cdot (38 - 25) = 1005,41 \text{ W}$$

$$P_{\text{fönster}} = 1,5 \cdot 33,9 \cdot (38 - 25) = 661,05 \text{ W}$$

Den totala transmissionsförlusten för huset blir: $P_{\text{tot,trans}} = 2731,13 \text{ W} \approx 3000 \text{ W}$

Transmissionsförluster

Tak, väggar, fönster ger upphov till s.k. transmissionsförluster. För beräkning av transmissionsförluster använder man sig av följande formler:

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

R= värmemotståndet [$\text{m}^2, \text{°C/W}$]

d =Skiktets tjocklek [m]

λ = Värmeledningsförmåga [W/mK]

Vägg	d [m]	λ [W/mK]	R [$\text{m}^2, \text{°C/W}$]
Cellplast	0,05	0,035	1,429
Betong	0,3	1,7	0,177
Gipsskiva	0,01	0,25	0,04

$$U = \frac{1}{\Sigma R}$$

U= Värmegenomgångskoefficient ($\text{W/m}^2, \text{°C}$)

U-värdet för väggen: $U = \frac{1}{\Sigma R} = \frac{1}{1,429+0,177+0,04} = 0,608 \text{ W/m}^2, \text{°C}$

Tak	d [m]	λ [W/mK]	R [$\text{m}^2, \text{°C/W}$]
Cellplast	0,05	0,035	1,429
Betong	0,2	1,7	0,118

$$U = \frac{1}{\Sigma R} = \frac{1}{1,429+0,118} = 0,646 \text{ W/m}^2, \text{°C}$$

	U [$\text{W/m}^2, \text{°C}$]	A [m^2]
Vägg	0,608	134,7
Tak	0,646	119,72
Fönster	1,5	33,9

Formel för transmissionsförluster P_{trans}

$$P_{\text{trans}} = U \cdot A \cdot (T_{\text{ute}} - T_{\text{inne}})$$

$$T_{\text{ute}} = 38 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{inne}} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$P_{\text{vägg}} = 0,608 \cdot 134,7 \cdot (38 - 25) = 1064,67 \text{ W}$$

$$P_{\text{tak}} = 0,646 \cdot 119,72 \cdot (38 - 25) = 1005,41 \text{ W}$$

$$P_{\text{fönster}} = 1,5 \cdot 33,9 \cdot (38 - 25) = 661,05 \text{ W}$$

Den totala transmissionsförlusten för huset blir: $P_{\text{tot,trans}} = 2731,13 \text{ W} \approx 3000 \text{ W}$