

UNDERSÖKNING AV ETT NYTT KONCEPTVÄXTHUS: KONSTRUKTION, SKUGGBILDNING SAMT ENERGI- BERÄKNINGAR

Yvonne Dahlbäck, Daniel Sjöholm & Carolin Nuortila





PROJEKTET HEIJASTUS

Rapport 2015

Undersökning av ett nytt konceptväxthus: konstruktion, skuggbildning samt energiberäkningar

Yvonne Dahlbäck¹, Daniel Sjöholm¹ och Carolin Nuortila²

¹) YrkesHögskolan Novia, Forskning och utveckling, Bomullgränd 3, 65200 Vasa

²) Vasa universitet, Tekniska fakulteten, PB 700, 65101 Vaasa



Europeiska jordbruksfonden för
landsbygdsutveckling:
Europa investerar i landsbygdsområden

Innehåll

1	Inledning.....	3
2	Konceptväxthuset	3
2.1	KONSTRUKTION	4
2.1.1	SOCKEL OCH NORRA VÄGGEN	4
2.1.2	TAK.....	6
2.1.3	REFLEKTORER PÅ VÄXTHUSETS UTSIDA.....	8
2.2	ILLUSTRATION AV SKUGGBILDNING.....	8
2.3	ENERGIBERÄKNINGAR.....	11
3	Sammanfattning	13
4	Litteraturförteckning	14

1 Inledning

Den här rapporten har gjorts inom projektet ”Heijastus – valo- ja energiatehokkuuden parantaminen nykyisissä ja uusissa kasvihuoneissa” (Reflektion – förbättring av ljus- och energieffektivitet i dagens och framtidens växthus). Projektets målsättning var att utveckla användningen av belysningen i växthus och effektivera energianvändningen. Målet har även varit att stärka växthusbranschens konkurrens- och livskraft. Projektet har finansierats av Europeiska jordbruksfonden för landsbygdsutveckling genom Österbottens och Syd-Österbottens NTM-centraler. Projektet har genomförts i samarbete mellan Vasa universitet, Yrkeshögskolan Novia, Seinäjoen ammattikorkeakoulu och Yrkesakademien i Österbotten.

Grönsaks- och blomsterproduktion i växthus i Finland är energikrävande på grund av de ljus- och temperaturförhållanden som råder, särskilt på vintern. I rapporten redogörs för och utvärderas en ny typ av växthus (Patent nr. 122556) som borde vara energieffektivare än traditionella växthus.

Syftet med denna rapport är att undersöka konceptväxthusets konstruktion, skuggbildning samt redogöra för energiberäkningar. I patentansökan framgår det inte i detalj hur konceptväxthuset skall konstrueras eller vilka material som skall användas. I rapporten presenteras därför olika förslag på material och metoder som kunde användas vid byggande av konceptväxthuset, samt vilka utmaningar som kan tänkas uppdagas.

Växthuset har skissats upp i ett arkitektprogram vilket möjliggjort skuggningsbilder av växthusets bas under utvalda tidpunkter under ett år. Genom att utreda hur skuggningseffekterna visar sig på växthusets bas kan man få vetskap om det t.ex. finns behov av att belysa med konstbelysning. I rapporten redogörs för och diskuteras hur energiberäkningar för växthus har utförts i två olika ingenjörsarbeten.

2 Konceptväxthuset

Finlands patent nummer 122556 innehas av Asko Myntti (Patent- och registerstyrelsen, 2012). Patentet beskriver en ny typ av växthus, där de huvudsakliga skillnaderna jämfört med ett traditionellt växthus är att nordväggen och taket skall vara isolerade och samtidigt icke ljusgenomsläppliga. Innertaket skall vara välvt och beklätt med en reflekterande yta. Reflektorer placeras runt växthuset vid väst-, syd- och östväggen och deras uppgift är att reflektera solljuset in i växthuset och på så vis kompensera för de icke transparenta byggnadsdelarna (Bild 1). Avfuktning av växthuset skall ske helt maskinellt och konstbelysning ingår i konceptet.

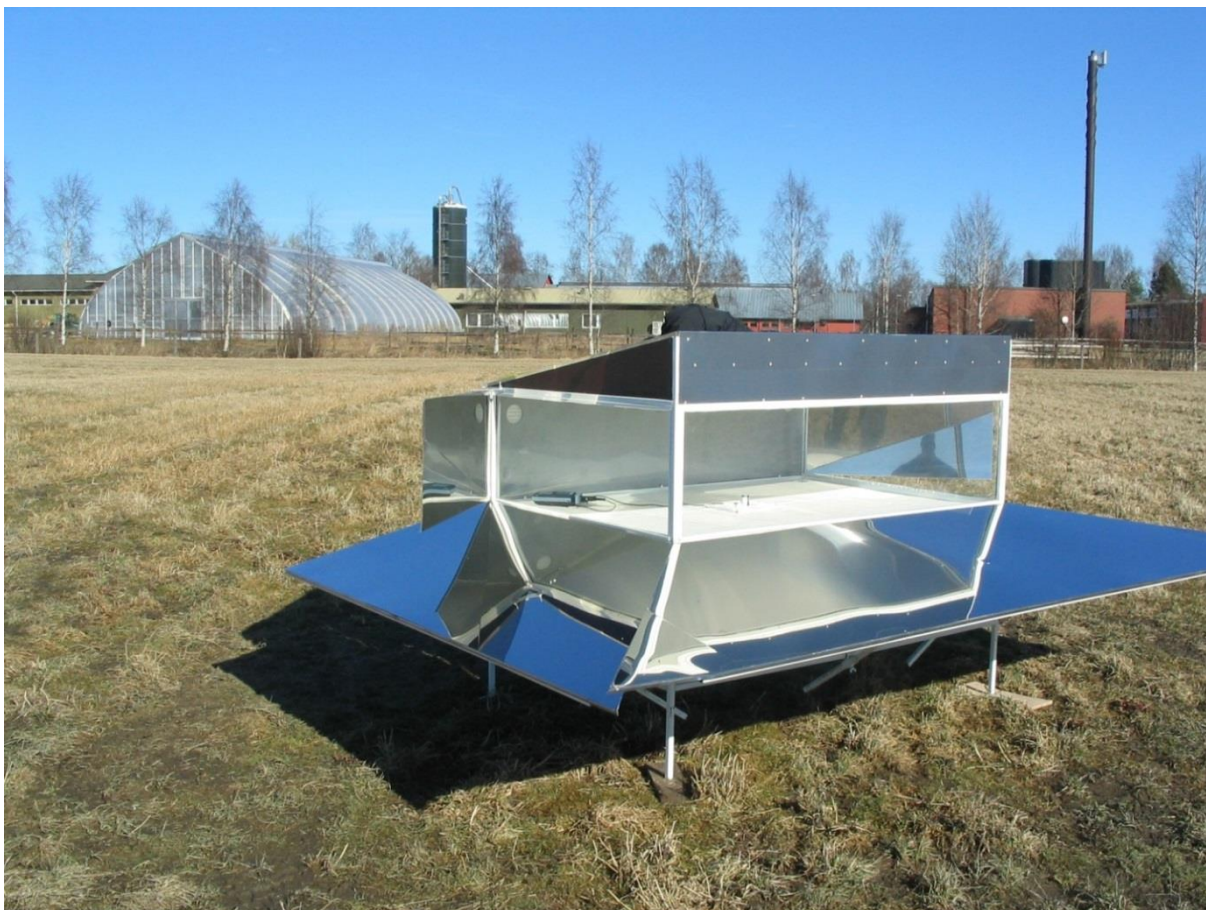


Bild 1. Miniaturväxthus utgående från Asko Mynttis patent beläget vid Seinäjoen ammattikorkeakoulu i Ilmajoki.

2.1 KONSTRUKTION

Koskinen (2009) undersökte det nya konceptväxthus inför en kommande patentansökan. I arbetet presenteras önskade U-värden för väggar och bjälklag, men konstruktionen eller tilltänkta material beskrivs inte närmare. Nedan ges ett förslag på dessa.

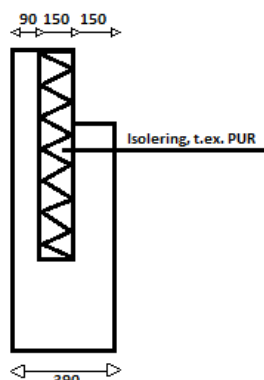
2.1.1 SOCKEL OCH NORRA VÄGGEN

Växthusets bärande konstruktion kan förslagsvis bestå av kvadratiska ståpelare som i sin tur är anslutna till betongpelare, stående på grundsulor med jämna mellanrum.

I Koskinen (2009) planeras det nedre bjälklaget bestå av block och ett gjutet golv. Det önskade U-värdet är $0,20 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ och för detta anses 150 mm styrox (EPS) tillräckligt. Sockeln antas bestå av murade block i betong eller lättbetong men något önskat U-värde nämns inte. I rapporten omnämns sockelns djup på insidan mot golvet vara en meter, men borde antagligen vara djupare (ca 1,60–1,80 m), detta bl.a. för att förhindra starka ljusreflektioner mot människor och djur i närheten.

Eftersom man eftersträvar en energieffektiv byggnad, föreslås sockeln bestå av isolerade betongelement istället för block. Sockelelementen är armerade och har en isolerad kärna omsluten av yttre och inre betongskal (Figur 1). Det inre betongskalets tjocklek väljs enligt konstruktion och laster från den vägg som kommer att placeras ovanpå. Isoleringens tjocklek är normalt 150 mm eller 220

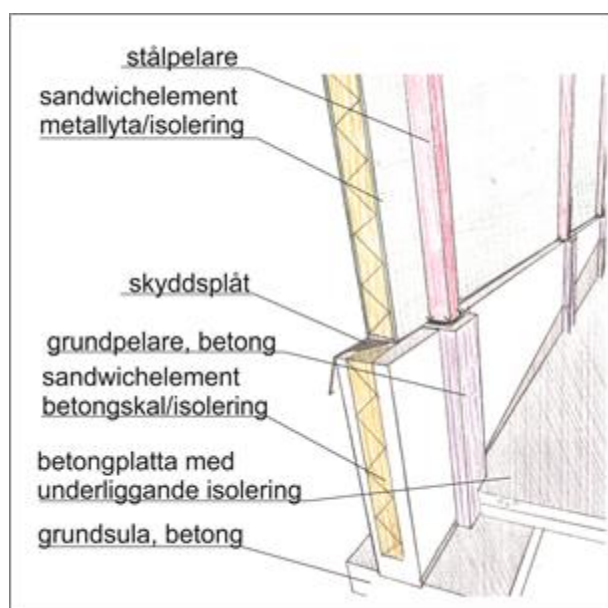
mm och består vanligen av EPS (expanderad polystyren) eller PUR (polyuretan). Det yttre betongskalets tjocklek väljs enligt den överkommande väggens konstruktion samt önskemål på ytbehandling.



Figur 1. Förslag på isolerat betongelement (måttenheten är mm).

Angående väggarna diskuteras endast ljusgenomsläpplighet och U-värden i Koskinens rapport (Koskinen, 2009). Väggen som vetter mot norr föreslås ha trä- eller metallstomme och isoleras t.ex. med skivull. Det önskade U-värdet är $0,20 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$.

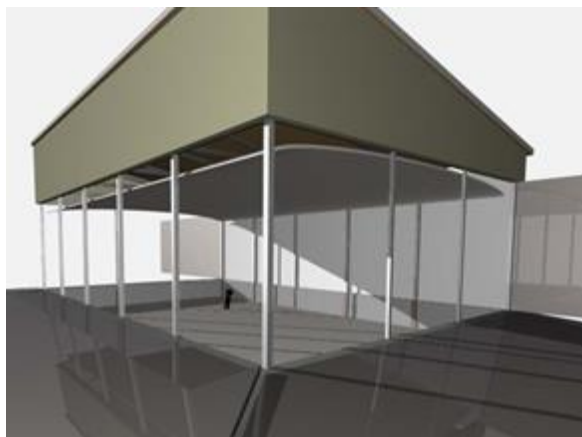
En enkel lösning med tanke på växthusets stomme är en prefabricerad vägg, t.ex. sandwichelement med värmeisolerande kärnmaterial och med yttre och inre metallyta. De tunna metallplåtarna kan fås i olika varianter. Det vanligaste är varmgalvaniserade ytbehandlade stålplåtar, men även rostfria ytor är möjliga. För att uppnå önskat U-värde kan man använda element med 200 mm tjocklek som har U-värde $0,19 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$. En helhet över nordväggens konstruktion samt blindsockeln ses i Figur 2. De väggar som består av glasytor kan konstrueras på samma sätt med stålpelare, men med normala lösningar för växthusglas istället för väggelementen av sandwichtyp.



Figur 2. Typskiss över förslag på väggkonstruktion för den isolerade nordväggen.

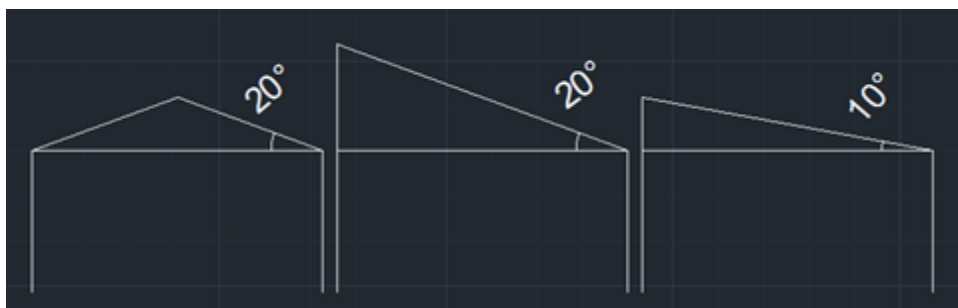
2.1.2 TAK

I Figur 3 nedan presenteras en 3D-modellskiss av konceptväxthuset illustrerad i programmet ArchiCAD 16. I figuren kan man t.ex. se reflektorerna på utsidan av växthuset, den isolerade nordväggen och pulpettak, samt en välvd reflekterande yta på insidan av taket. I skissen är innertaket ritat som en enda del. Förslagsvis kan innertaket delas upp i flera delar för att underlätta monteringen samt för att underlätta fastsättningen av belysningsarmaturerna.



Figur 3. 3D-översikt av konceptväxthusmodellen.

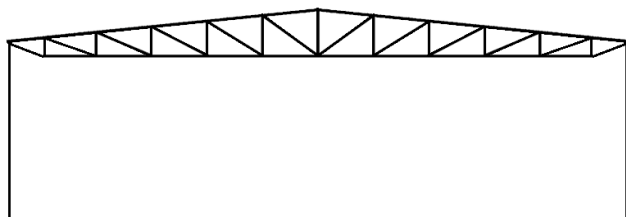
I patent nr. 122556 förekommer skisser av växthus med både ås- och pulpettak. Miniaturmodellen i Ilmajoki byggdes med pulpettak (Bild 1). Fördelen med ett åstak är att det är lättare att hålla nere takhöjden men samtidigt bibehålla en brant taklutning. Beroende av vilken lösning man väljer för takkonstruktionen och takmaterialet kan detta ha betydelse. Brantare taklutning är önskvärd med tanke på att man eftersträvar ett visst snöras vintertid. Fördelen med ett pulpettak är lutningen mot norr. Snö och vatten belastar inte reflektorerna utan dras mot nordsidan. För att hålla nere höjden vid användning av pulpettak kunde man överväga att sänka höjden på den isolerade nordväggen. I Figur 4 illustreras en jämförelse mellan taklutning och höjd vid tre olika scenarion.



Figur 4. Tre olika scenarion för ås- och pulpettak. Taket längst till vänster och taket längst till höger är lika höga.

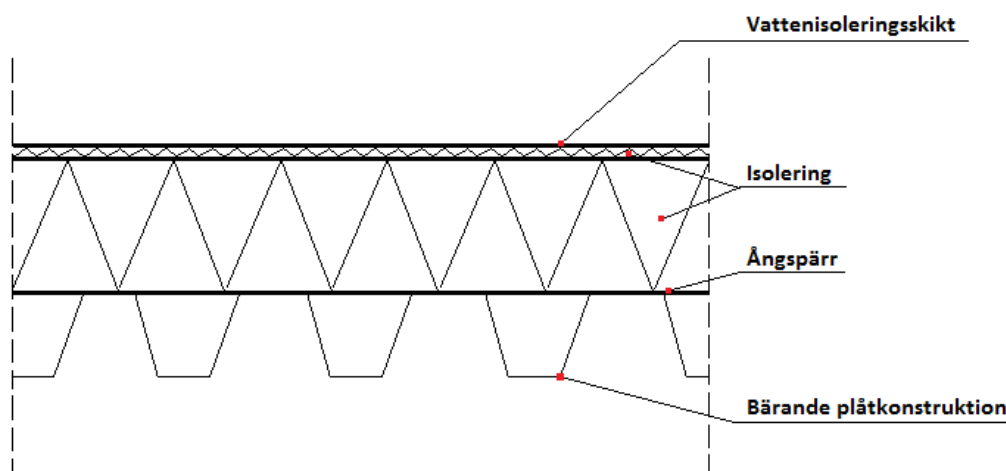
Angående vattentakskonstruktionen finns ingen närmare information i Koskinens rapport (Koskinen, 2009). Som takmaterial föreslås plåt. Det påpekas att man måste ta hänsyn till snölasten vid dimensionering av takstolar eftersom det värmeläckage som sker i normala växthus och påskyndar snösmältningen inte sker vid denna modell med isolerat tak. Snölasten och byggnadsort är något man alltid tar hänsyn till vid dimensionering, liksom geometrisk utformning (utrymme för takstol), information om upplag (stödpunkter), avstånd och antal takstolar, samt eventuella extralaster. Exempel på tänkbara takfackverk i stål kan vara parallellfackverk och pulpetfackverk som är lämpliga för plana tak.

Koskinen (2009) föreslår ett isolerat mellantak med 40–60 cm blåsull för att ge ett önskat U-värde $0,15 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$. Beroende på hurudan lösning man väljer för takkonstruktionen kan detta innebära en viss problematik. Det är oklart om också mellantaket skall hålla för personlaster och VVS-teknik eller om mellantaket endast kommer att fungera som ett isolerande skikt och för upphängning av belysning. Det kan fördyra växthusen en hel del att kombinera den typ av enkla hallbyggnader som vanligen konstrueras idag (Figur 5) med ett mellantak som bär personlaster. Lätta stålörskonstruktioner (galvaniserade profilrör) korsades stålballar kombinerat med skivmaterial (t.ex. polyuretanskiva med aluminiumpapper) kan vara ett alternativ för ett mellantak som endast bär upp isolering och belysning.



Figur 5. Princip för hallbyggnad med sadelfackverk.

Vanligen isoleras denna typ av hallar på utsidan av stålkonstruktionen och saknar det isolerade mellantaket. En vanlig lösning och ett tänkbart alternativ istället för mellantak är en bärande plåtkonstruktion utanpå takfackverken med isoleringsskikt samt ångspärr och ytterst ett vattenisolerande skikt (se Figur 6).



Figur 6. Exempel på takkonstruktion med bärande plåtkonstruktion, ångspärr, isolering samt ett vattenisolerande skikt.

En hänganordning för belysning måste på något sätt konstrueras utgående från takstolarna, beroende av vilken lösning man väljer. I Koskinens ingenjörsarbete (Koskinen, 2009) föreslås ett något välvt innertak för att ljuset skall fördelas jämnare. Förslagsvis kan en reflekterande rostfri stålplåt användas. Med tanke på upphängning av belysning måste det böjda innertaket delas upp bitvis och monteras mellan takstolarna. Man bör även beakta stålplåtarnas stora vikt vid konstruktion.

2.1.3 REFLEKTORER PÅ VÄXTHUSETS UTSIDA

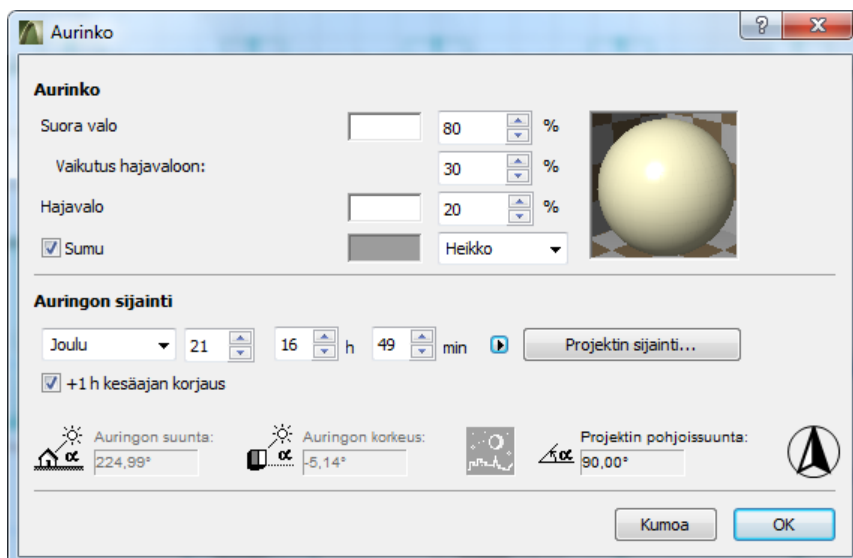
Under projektets gång har både borstat rostfritt stål och polerat rostfritt stål på testats för de reflekterande ytorna vid miniatyrförsöksväxthuset i Ilmajoki. Tanken med de dessa ytor är också att de skall vara rörliga för att kunna reflektera solstrålningen effektivt under varierande vinklar och årstid. Reflektorerna kan ses som en stor utmaning både gällande konstruktion och kostnad. För ett växthus med måtten ca 23,2 x 16,0 m och byggt skalenligt med miniatyrväxthuset skulle reflektorerna bli 12 m breda. Till växthuset finns det också planerat stående reflekterande sidospeglar, vilka skulle placeras från växthusets hörn vid båda sidor om nordväggen. Grovt räknat blir de vågräta speglarna längs med marken tillsammans ca 960 m² samt de lodräta sidospeglarna ca 140 m², totalt ca 1100 m².

Reflektorerna måste antagligen delas upp i bitar för att fördela vikten jämnt och för att få dem rörliga. De plåtar som använts för miniatyrmodellen har måtten 0,8 x 1250 x 2500 mm och har en vikt på 20 kg. Den sammanlagda vikten på ytorna och stommen blir så tung att någon typ av hydraulik kommer att krävas för att göra dessa rörliga. Man måste också beakta snöbelastning på ytorna. Pollen och löv kan göra att ytorna måste rengöras och ytan försämrats med tiden. Det bör också utredas hur byggnadstillsynen ställer sig till den stora yta som reflektorerna kommer att täcka och hur de påverkar den omkringliggande miljön. Med tanke på priset för rostfritt stål samt hydraulik bör investeringskostnader undersökas i förhållande till energiinbesparingen.

2.2 ILLUSTRATION AV SKUGGBILDNING

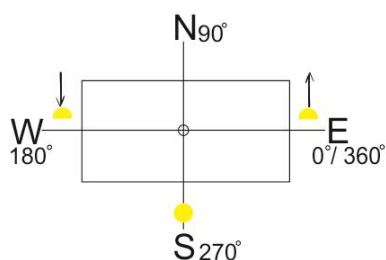
Genom att utreda hur skuggningseffekterna visar sig på växthusets bas kan man få kunskap om det bl.a. finns behov av att belysa med konstbelysning. Med hjälp av programmet ArchiCAD 16 gjordes illustrationer av skuggbildning i en uppbyggd 3D-modell av konceptväxthuset. Växthusets mått i illustrationen är ca 23,2 x 16,0 m. Arealen är skalenlig enligt den miniatyrmodell som visas i Bild 1. De ljusgenomsläppliga väggarnas höjd är 6 m och de vågräta reflekterade speglarnas bredd är två gånger fönsterhöjden. Blindsockelns inre höjd från golvet är 1,6 m (saknas helt i miniatyrmodellen). Modellen förenklades något genom att utelämnas växthusväggarnas täckmaterial (glas) vid väst-, syd- och östväggen för att enbart fokusera på den skugga som uppstår av växthusets konstruktion vid direkt solstrålning.

Med hjälp av programmet beräknades skuggbildningen den 21 i varje månad vid tre utvalda tidpunkter under dygnet, när solen står direkt i öst, syd och väst (Figur 7). Finsk sommartid har använts vid beräkningarna. I programmet kan man ange byggnadsobjektets geografiska läge samt höjdläge. Den geografiska platsen valdes enligt Vasas koordinater (N 63°5'; E 22°36'). I programmet finns även möjlighet att fylla i reflektansen för olika ytor i 3D-modellen.

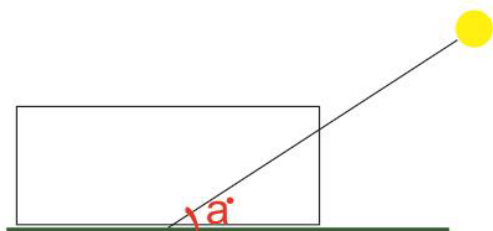


Figur 7. Inställningar i programmet ArchiCAD 16 för solens läge enligt tidpunkt.

Den första utvalda tidpunkten för skuggstudien är det klockslag när solen står i öst, enligt ArchiCAD 16 0° eller 360° (Figur 8). Nästa tidpunkt är när solen står i syd och har dagens högsta solvinkel (α) ovan horisonten (Figur 9). Den tredje tidpunkten är när solen står i väst. I programmet justerades solvinkeln och klockslaget automatiskt när den önskade vinkeln enligt solens läge angavs. Inställningen gjordes enligt den hela minuten som var närmast den önskade vinkeln.

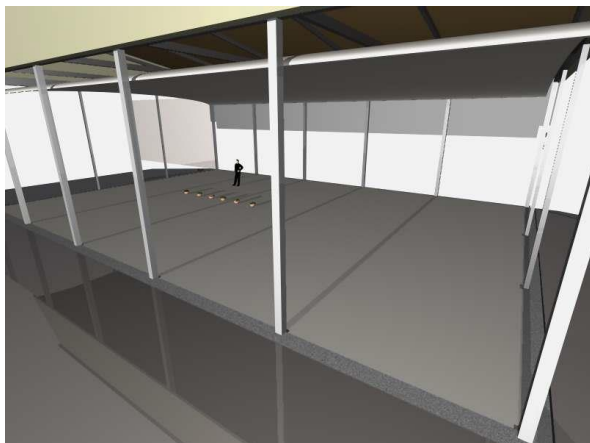


Figur 8. Solens läge i vinkelgrader enligt väderstreck i programmet ArchiCAD 16.



Figur 9. Solens läge (α) i vinkelgrader enligt höjd över horisonten i programmet ArchiCAD 16.

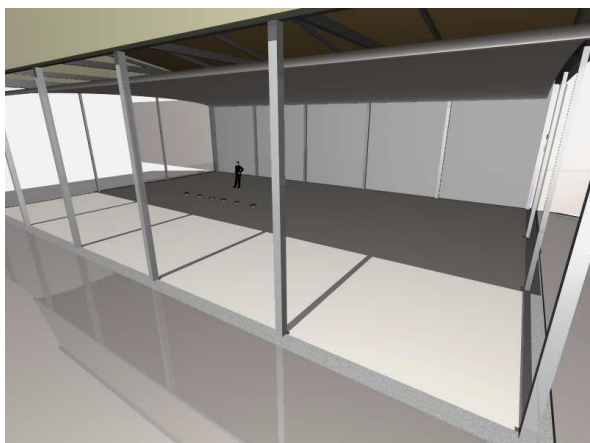
Under vintern är solvinkeln ovan horisonten mycket låg även mitt på dagen. I januari är solvinkeln endast ca 7 grader ovan horisonten den tid på dagen då solen står som högst och det gör att blindsockeln ger en betydande skuggbildning över växthuset (Figur 10 och Figur 11). Under de månader då solvinkeln är betydligt högre (mars–september) är sockelns skuggbildning mindre betydande och skuggscenarierna är likartade med eller utan sockel. Nedan åskådliggörs detta med bilder från den 21 juli på dagen när solen står som högst (Figur 12 och Figur 13).



Figur 10. Den 21 januari, kl. 13:40, syd 270° , $a = 6,94^\circ$ (utan sockel). Skuggning förekommer på basen enbart från växthusets balkar i syd, d.v.s. hela basen är belyst av solen.



Figur 11. Den 21 januari, kl. 13:40, syd 270° , $a = 6,94^\circ$ (med sockel). Skuggning förekommer på nästan hela växthusets bas med undantag av en smal remsa framför nordväggen.

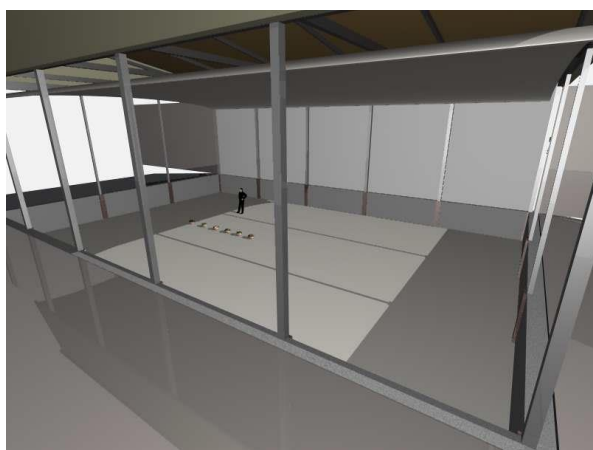


Figur 12. Den 21 juli, kl. 13:35, syd $270,09^\circ$, $a = 47,48^\circ$ (utan sockel).



Figur 13. Den 21 juli, kl. 13:35, syd $270,09^\circ$, $a = 47,48^\circ$ (med sockel).

Nedan en jämförelse den 21 juli på morgonen då solen står i öst (Figur 14 och Figur 15). Med sockel är den skuggade arean uppdelad i två remsor medan det är endast en area vid utan sockel. Skuggad area med sockel motsvarar den area som är skuggad i växthuset utan sockel.



Figur 14. Den 21 juli, kl. 8:19, öst $0,04^\circ$, $a = 23,18^\circ$ (med sockel).



Figur 15. Den 21 juli, kl. 8:19, öst $0,04^\circ$, $a = 23,18^\circ$ (utan sockel).

Utgående från de mått som användes i den här undersökningen blir basen i det nya konceptväxthuset skuggad av sitt tak när solen står högre än $14,5^\circ$ i öst eller väst och när solen står högre än 20° i syd. Vid beräkning av skuggbildning har inte reflektorernas inverkan beaktats. Alla skuggbilder som framställts med ArchiCAD 16 finns som bilaga i slutet av den här rapporten. **Bilaga 1** innehåller simulerade 3D-skuggbilder för konceptväxthuset med sockel för den 21 i varje månad under ett år när solen står som högst i öst, syd och väst. **Bilaga 2** innehåller simulerade 3D-skuggbilder för konceptväxthuset utan sockel för den 21 i varje månad under ett år när solen står som högst i öst, syd och väst. Skuggningsandelen varierar en hel del beroende av tidpunkt under året. I månaderna oktober–februari står solen så lågt i öst och väst att det inte förekommer direkt solinstrålning. Därför har vi valt att illustrera solen i sydost och sydväst i månaderna oktober–december och februari. Skuggningsbilderna i januari, öst och väst föreställer mörker. Om man inte beaktar reflektorernas inverkan så krävs det antagligen konstbelysning för att uppnå ett jämnt fördelat ljusflöde åt växterna. Beroende av växternas placering inuti växthuset erhåller de olika mängd naturligt ljus.

2.3 ENERGIBERÄKNINGAR

Koskinen (2009) jämför energiförbrukningen i konceptväxthuset för två olika arealer med traditionella åsväxthus med motsvarande areal (Tabell 1 och

Tabell 2). I rapporten beräknas uppvärmningsbehovet enligt följande:

Qrakenteet – den värmeenergi som leds genom konstruktioner (kWh).

Qvuotoilma – den energi som krävs för uppvärmning av läckluft (kWh), alltså luft som strömmar in och ut på grund av otätheter i konstruktionen.

Qilmanvaihto – den energi som behövs för uppvärmning av ventilationsluft (kWh), alltså energibehovet för uppvärmning av ersättande luft.

Tabell 1. Konceptväxthuset i jämförelse med traditionellt växthus (Koskinen, 2009).

	Konceptväxthus 384 m ² (1536 m ³)	Traditionellt växthus 384 m ² (1935 m ³)	Förhållande [%]	Konceptväxthus 1000 m ² (6000 m ³)	Traditionellt växthus 1000 m ² (6185 m ³)	Förhållande [%]
Q <i>rakenteet</i> (MWh)	54,68	223,72	24,4	133,12	535,37	24,9
Q <i>vuotoilma</i> (MWh)	1,56	19,64	7,9	6,09	62,80	9,7
Q <i>ilm.vaihto</i> (MWh)	56,15	140,37	40,0	146,22	365,54	40,0
Totalt (MWh)	112,39	383,73	29,3	285,43	963,71	29,6

Enligt dessa beräkningar skulle konceptväxthuset behöva bara 1/3 av den energi som behövs i ett traditionellt växthus. Den största relativa skillnaden mellan konceptväxthuset och växthus enligt traditionell modell är denna jämförelse *Qvuotoilma*, d.v.s. den energi som krävs för att värma upp läckluft p.g.a. otätheter i konstruktionen. Skillnader förekommer också för *Qrakenteet*. För de ljusgenomsläppliga väggarna har i beräkningarna använts samma U-värde för de båda modellerna, men i övrigt är skillnaderna stora för innertak, bottenbjälklag och den isolerade nordväggen. Den minsta relativa skillnaden rör ventilationen men är ändå anmärkningsvärd. I denna beräkning består skillnaden i årsverkningsgraden för värmeåtervinning av ventilationens frånluft. För de nya konceptväxthusen användes talet 0,6 och för de traditionella talet 0. Talet 0 ska enligt D5 (2007) användas då värmeåtervinning inte finns eller om värmeåtervinningen är sådan att frånluftens värme inte tillvaratas till tilluften.

Böling (2013) beräknade uppvärmningsbehovet för ett växthus genom att utveckla en modell i Microsoft Excel. I denna beräknas uppvärmningsbehovet för ett växthus genom att addera alla värmeförluster med energibehovet för att värma upp vatten för bevattning enligt:

ΣQ_{joht} - värmeförlust genom byggnadsmanteln och bottenbjälklag (W).

$\emptyset_{vuoto\ iv}$ - effektbehovet som krävs p.g.a. läckluft (W).

$\emptyset_{kasteluvesi}$ - effektbehovet som krävs för uppvärmning av bevattningsvatten (W).

En potentiellt betydande brist i bägge rapporterna är att varken inre värmelaster (t.ex. konstbelysning) eller solstrålningen beaktas. Speciellt för konceptväxthusets del skulle reflektorernas betydelse vara av stort intresse att utreda. I

Tabell 2 sammanställs de värden som Koskinen (2009) och Böling (2013) har använt i sina energiberäkningar. Den stora skillnaden i läckluftstal i Koskinens beräkningar kan poängteras. Vidare bör påpekas att Koskinen har gjort sina beräkningar utgående från en utomhustemperatur som är 2,76 °C medan Böling använt utomhustemperaturen -29 °C. Koskinen har beräknat energibehovet för en period över ca 7 månader medan Bölings beräkningar ger en effektförlust. Därmed är resultaten inte direkt jämförbart.

Tabell 2. Jämförelse av använda värden för energiberäkningar i Koskinen (2009) och Böling (2013), samt deras beräknade värden för totala energibehovet (Koskinen) och totala effektförlusten (Böling) för olika växthus.

VÄXTHUS	Koskinen, konceptväxthus 384 m ²	Koskinen, konceptväxthus 1000 m ²	Koskinen, traditionellt växthus 384 m ²	Koskinen, traditionellt växthus 1000 m ²	Böling, traditionellt växthus 2500 m ²
Volym [m ³]	1536	6000	1935	6185	19786
Ventilation/frånluftsflöde [m ³ /s]	1,536	4	1,536	4	
Inomhustemperatur [°C]	18	18	18	18	18
Utomhustemperatur [°C]	2,76	2,76	2,76	2,76	-29
Temperatur, mark [°C]					8
U-värde, sockel [W m ⁻² K ⁻¹]					0,38
U-värde, vägg [W m ⁻² K ⁻¹]	2,5	2,5	2,5	2,5	5,99
U-värde, vägg, isolerad nord [W m ⁻² K ⁻¹]	0,2	0,2			
U-värde, vägg, gavel [W m ⁻² K ⁻¹]					6,4
U-värde tak/innertak [W m ⁻² K ⁻¹]	0,15	0,15	2,5	2,5	6,85
U-värde bottenbjälklag [W m ⁻² K ⁻¹]	0,2	0,2	2,8	2,8	2,7
mantelns läckluftstal n50 [1/h]	1	1	10	10	
byggnadens läckluftskoefficient [1/h]	0,04	0,04	0,4	0,4	0,1
beräknat energibehov [MWh]	112,39	285,43	383,73	963,71	OBS! 1,36 MW
beräknat energibehov [W/m ²]	58,6	57,1	200,0	192,9	544,4

3 Sammanfattning

I rapporten har vi gett förslag på t.ex. sockelelement, vägg- och takkonstruktion för ett konceptväxthus (Patent nr. 122556). Dessutom har reflektorernas storlek, material och konstruktion diskuterats. Vid en eventuell byggnation av konceptväxthuset för kommersiellt syfte krävs det att man gör en noggrann undersökning av investeringskostnaderna i förhållande till energiinbesparingen. Det har konstaterats att det finns flertalet byggtekniska utmaningar angående det nya konceptväxthuset som t.ex. utomhusreflektorernas rörlighet. Vad gäller energiinbesparingspotentialen så har olika energiberäkningsförfarande för växthus jämförts och diskuterats. Det som varierar mest i dessa beräkningar är läckluftstalet. I energiberäkningarna har man inte heller beaktat värmeenergin från solen eller från konstbelysningen, vilket kan vara av stor betydelse i en växthusenergiberäkning.

En 3D-modell har byggts upp i datorprogrammet ArchiCAD 16, där bl.a. skuggbildningen på basen har undersökts med och utan sockel. Reflektorerna och glasväggarna har inte beaktats i modellen. Skuggningsbilder för den 21 i varje månad när solen står som högst i öst, syd och väst (med och utan sockel) har jämförts. En slutsats är att basen i det nya konceptväxthuset med de mått (bredd, längd, höjd) som använts här blir skuggad av sitt tak när solen står högre än 14,5° i öst eller väst och när solen står högre än 20° i syd. Skuggningsandelen varierar en hel del beroende av tidpunkt under året. I det nya konceptväxthuset beror skuggningsandelen även av väggarnas höjd – om de är tillräckligt höga i förhållande till växthusets bredd förekommer det ingen skuggning eller i alla fall mindre skuggning än i föreliggande undersökning. Om man inte beaktar reflektorernas inverkan så krävs det antagligen konstbelysning för att uppnå ett jämnt fördelat ljusflöde åt växterna. Beroende av växternas placering inuti växthuset erhåller de olika mängd naturligt ljus.

4 Litteraturförteckning

Borg, M., Pörn, R., & Westö, J. (2015). *Energimodellering av växthus*. Forskning och utveckling, Yrkeshögskolan Novia. Vasa: Yrkeshögskolan Novia, opublicerad rapport.

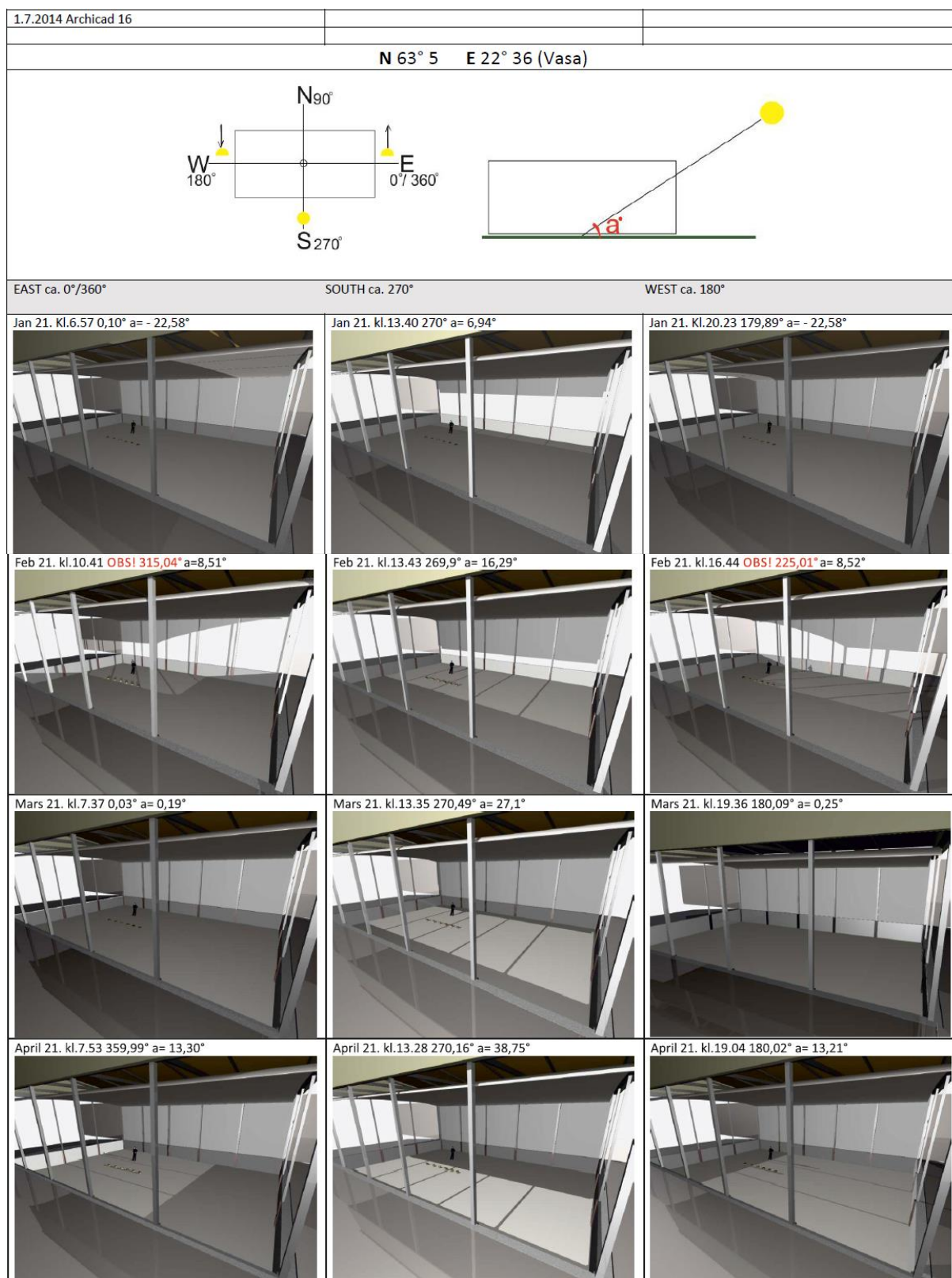
Böling, A. (2013). *Kasvihuoneiden lämmöntarpeen selvitys ja lämmitystehontarpeen laskentasovellus*. Talotekniikan koulutusohjelma, Metropolia Ammattikorkeakoulu. Metropolia Ammattikorkeakoulu.

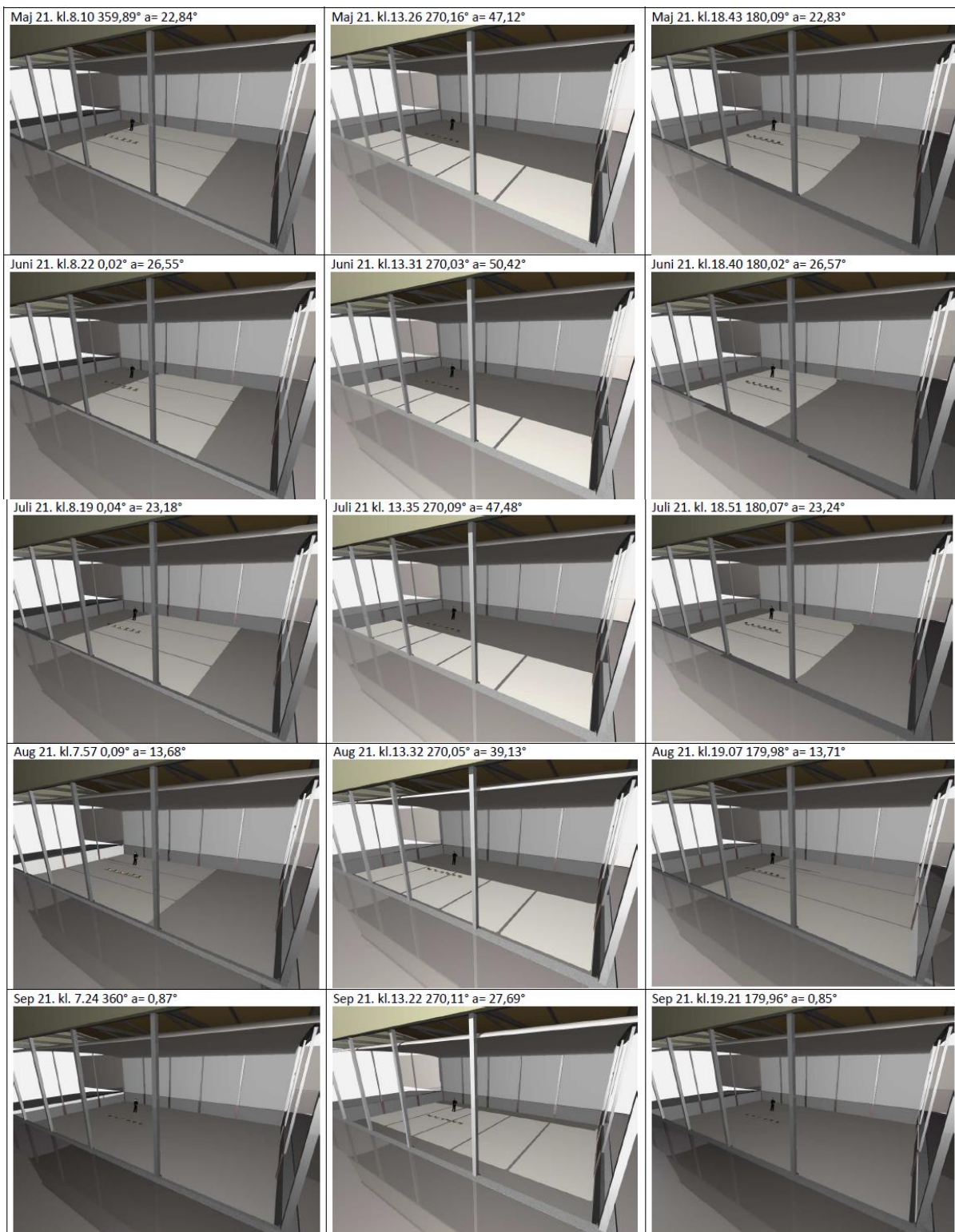
D5 Finlands byggbestämmelsesamling. (2007). Beräkning av byggnaders energiförbrukning och uppvärmningseffekt. *Miljöministeriets förordning om beräkning av byggnaders energiförbrukning*. Helsingfors, Finland. Hämtat från <http://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/d5r.pdf> den 21 1 2015

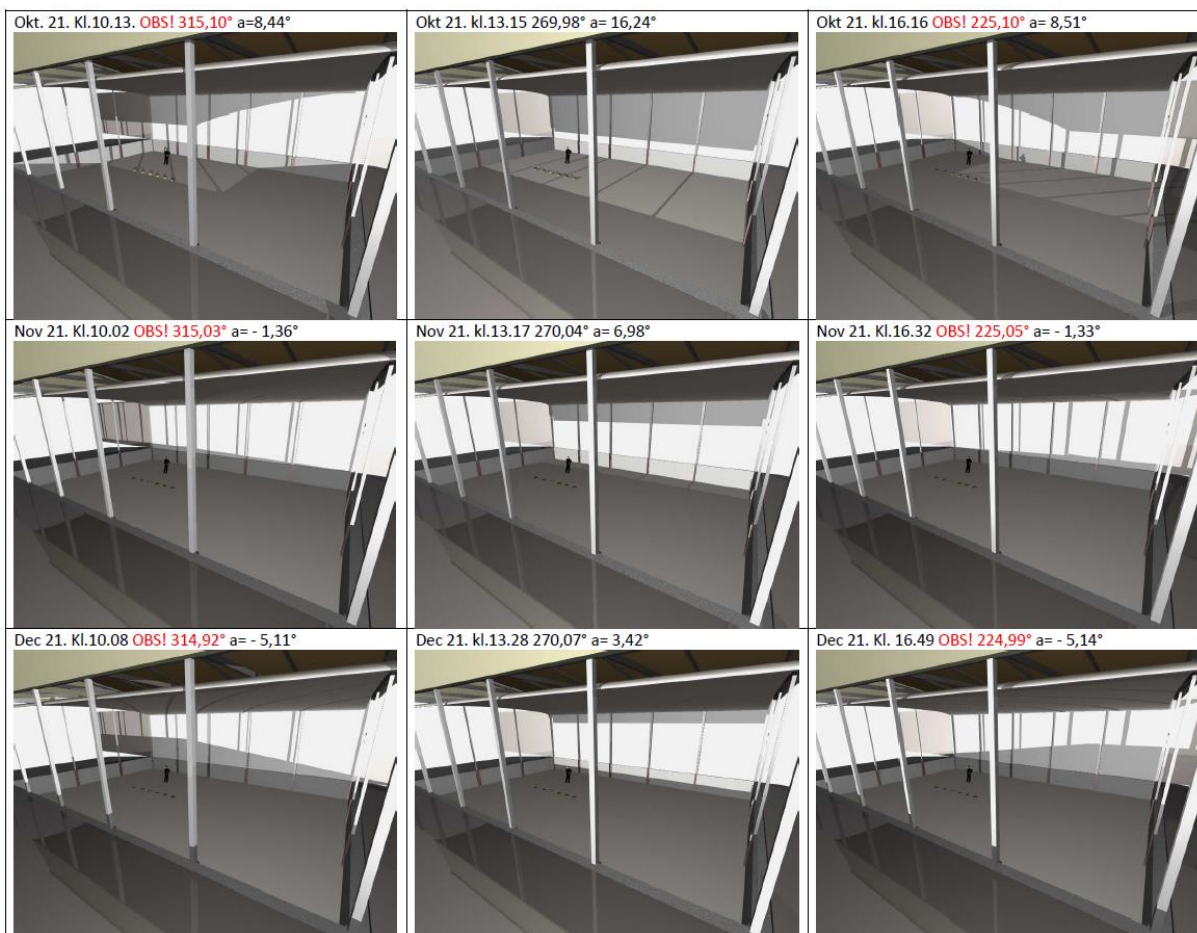
Koskinen, J. T. (2009). *Energiaa säästävän kasvihuonerakenteen selvitystyö*. Rakennustekniikan koulutusohjelma, Tekniikka ja liikenne. Vaasa: Vaasan ammattikorkeakoulu.

Patent- och registerstyrelsen. (2012). Asko Mynttis växthuspatent. *Patent nummer 122556*. Hämtat från <http://patent.prh.fi/patinfo/default2.asp> den 21 1 2015

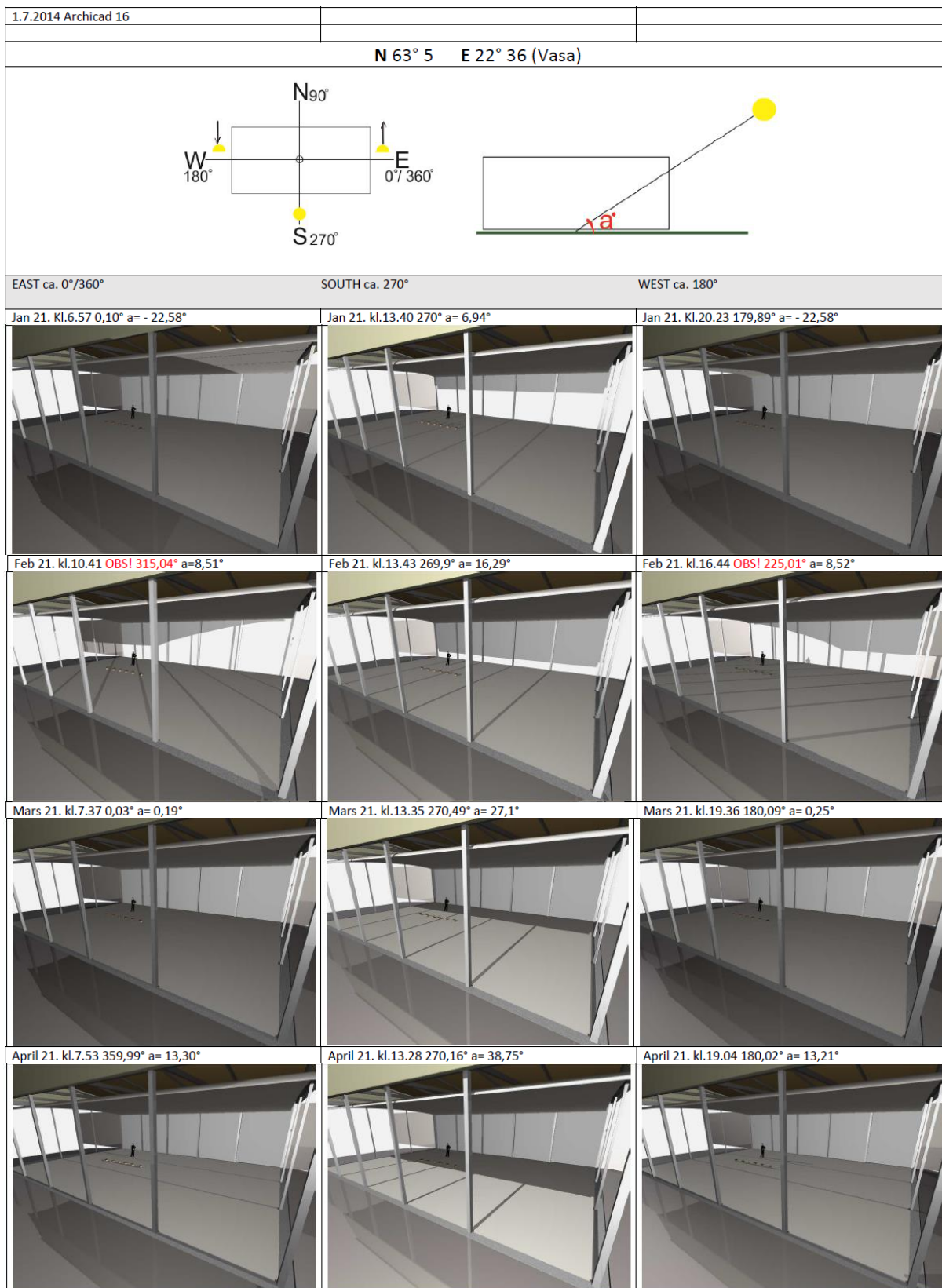
Bilaga 1. Simulerade 3D-skuggbilder för konceptväxthuset med sockel för den 21 i varje månad under ett år när solen står som högst i öst, syd och väst.

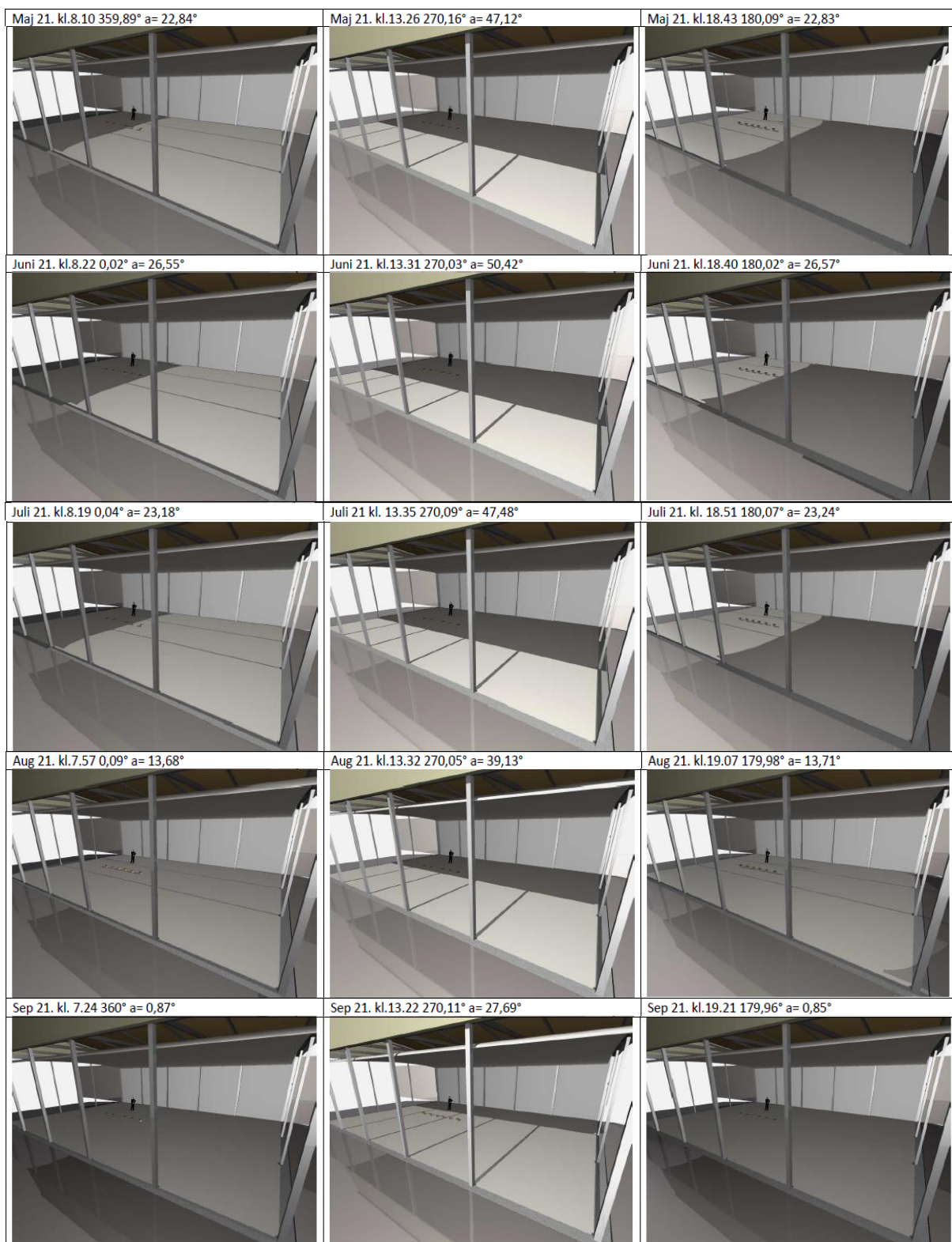


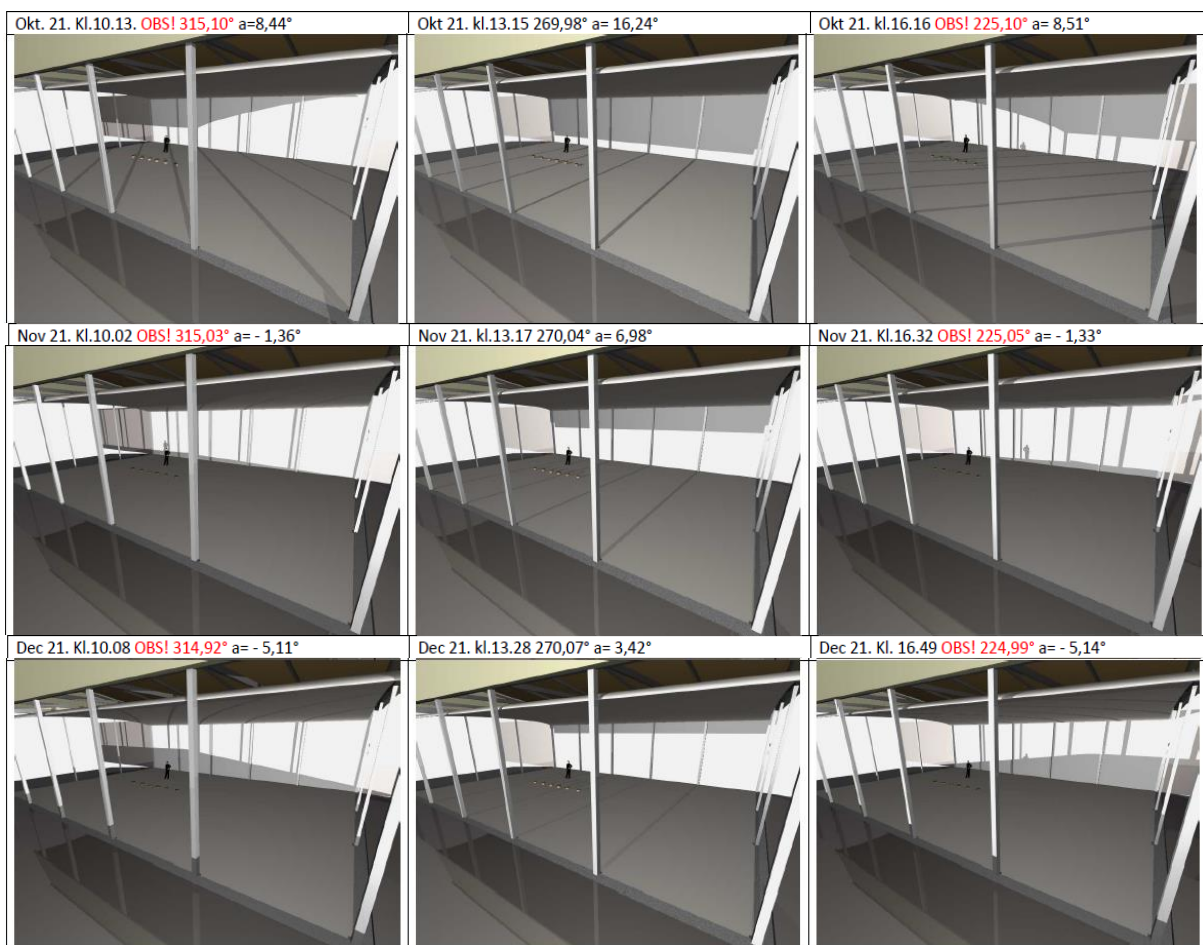




Bilaga 2. Simulerade 3D-skuggbilder för konceptväxthuset utan sockel för den 21 i varje månad under ett år när solen står som högst i öst, syd och väst.







YRKESHÖGSKOLAN
NOVIA

Novia är den största svenskspråkiga yrkeshögskolan i Finland med examensinriktad ungdoms- och vuxenutbildning, utbildning som leder till högre yrkeshögskoleexamen samt fortbildning och specialiseringsutbildning. Nova har ca 4000 studerande på sex campus i Vasa, Jakobstad, Raseborg och Åbo.

Yrkeshögskolan Nova är en internationell yrkeshögskola, via samarbetsavtal utomlands och internationalisering på hemmaplan. Novias styrka ligger i närvaron och nätverket i hela Svenskfinland.

Novia representerar med sitt breda utbildningsutbud de flesta samhällssektorer. Det är få organisationer som kan uppvisa en sådan kompetensmässig och geografisk täckning. Högklassiga och moderna utbildningsprogram ger studerande en bra plattform för sina framtida yrkeskarriärer.

YRKESHÖGSKOLAN NOVIA

Wolffskavägen 33, vån 4, 65200 Vasa
Växel tfn (06) 328 5000
Fax (06) 328 5110
www.novia.fi

ANSÖKNINGSBYRÅN

Wolffskavägen 33, 65200 Vasa
Tfn (06) 328 5555
Fax (06) 328 5117
ansokningsbyran@novia.fi

Yrkeshögskolan Nova upprätthåller en publikations- och produktionsserie för att sprida information och kunskap om verksamheten såväl regionalt, nationellt som internationellt. Publikations- och produktionsserien är indelad i fem kategorier:

R - Rapporter • P - Produktioner • A - Artiklar • L - Läromedel • S - Studerandes arbete

Läs våra senaste publikationer på www.novia.fi/FoU/publikation-och-produktion