



Erfarenheter från planering och byggande av den första villan i Sverige, passivhuscertifierad enligt internationell standard

Michael Staffas, Fiskarhedenvillan AB, Box 882, 781 29 Borlänge,
michael.staffas@fiskarhedenvillan.se

Nyckelord: välisolerat klimatskal, passivhuscertifierade fönster, ventilation med värmeåtervinning, lufttäthet, fritt från köldbryggor

Bakgrund

Fiskarhedenvillan AB, en av Sveriges ledande småhustillverkare, beslutade år 2010 att man ska kunna erbjuda enfamiljshus med passivhusteknik för att möta dagens och morgondagens behov på energieffektivare komfortboende. Allmänna intresset för passivhus, positiva erfarenheter från andra europeiska länder samt EU-direktivet att alla nybyggda hus ska vara av typen "nära-nollenergihus" senast år 2020 låg bland annat till grund för beslutet.

Då fanns två passivhusdefinitioner att välja mellan, en internationell och en svensk. Den internationella är framtagen av Passivhusinstitutet i Darmstadt, PHI, har funnits i över 20 år och det finns mer än 30 000 passivhus registrerade runt om i världen [källa: Passivhusinstitutet]. Den svenska är framtagen av Forum för energieffektiva byggnader, Feby, och har funnits sedan 2007.

PHI erbjuder sedan flera år en nio dagar lång utbildning till aktörer i alla länder som vill bli internationellt certifierade passivhusexpert, CEPH. Feby erbjuder inte motsvarande utbildning men under de senaste åren erbjuds en två dagar lång passivhusutbildning genom Passivhuscentrum.

Ett certifierat passivhus enligt PHI måste uppfylla passivhuskraven genom beräkningsprogrammet Passivhus Projekteringspaket, PHPP. Beräkningarna för certifiering utförs av en oberoende konsult. Fokus ligger i första hand på att projektera en byggnad med så bra energiprestanda som möjligt och bevisa det genom att arbeta med mycket noggranna beräkningar i PHPP. PHI kräver ingen uppföljande mätning kopplat till certifieringen eftersom man har följt upp så många olika projekt genom åren och därmed kommit fram till att beräkningarna i PHPP är mycket exakta. Ett certifierat/verifierat passivhus enligt Feby bygger på skogsegen deklARATION samt förenklade beräkningsmodeller jämfört med PHPP.

Fiskarhedenvillan valde den internationella passivhusdefinitionen, framtagen av PHI, eftersom utbildningen, erfarenheterna, kunskapsspridningen samt de strukturerade arbetsmetoderna var klara och entydiga. Beräkningsprogrammet PHPP "kräver" större kunskap, noggrannhet och engagemang i projekteringen – det är också då möjligheterna att påverka byggnadens energiprestanda är som störst.

Valet av definitionen enligt PHI underlättar också företagets export av passivhus.

Mål

Två klara målsättningar utformades:

- Inhämta kunskap om passivhusteknik för att kunna bli en seriös, kunnig och ledande aktör
- Bygg ett enfamiljshus som kan certifieras den internationella passivhusdefinitionen.

Genomförande

Till passivhusprojektet bildades en arbetsgrupp om fem personer; arkitekt, konstruktör, byggritare, energisamordnare och projektledare. Samtliga gick CEPH-utbildningen och blev internationellt certifierade passivhusexpert. Utbildningen gav gruppen en mycket viktig gemensam plattform där alla hade samma kunskap och målsättning.



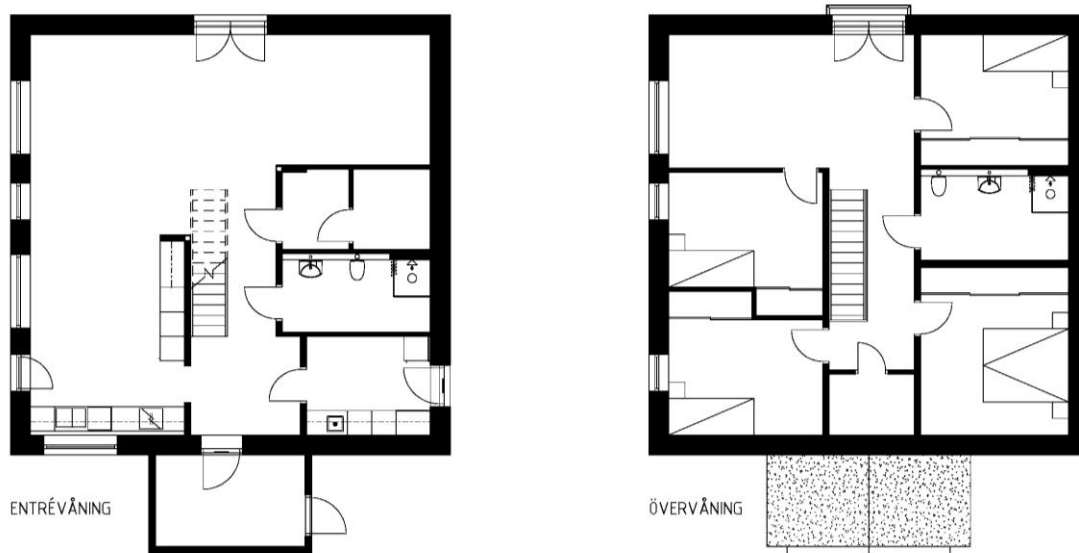
Figur 1: Certifierad passivhusexpert

Alla hantverkare i projektet handplockades. De måste vara öppna för att lära sig arbeta med ny teknik, nya komponenter och nya arbetsmetoder. Valet av hantverkare är mycket viktigt.

CEPH-utbildningen gav information hur man väljer en bra passivhustomt:

- ha bra orientering mot söder
- inte skuggas av omkringliggande bebyggelse eller vegetation
- om bestämmelserna tillåter byggnader i två plan kan en kompaktare huskropp byggas

En tomt som uppfyllde alla tre kriterier köptes i Upplands Väsby och arbetet med att ta fram underlag för passivhuset påbörjades. Huset fick en kvadratisk utformning och byggdes i två hela plan med en boyta på 193 m². Det blev en kompakt huskropp som påminde om en kub. Det är det mest energieffektiva sättet att utforma en byggnad eftersom man optimerar byggnadsskalets area i förhållande till byggnadens volym.



Figur 2: Planlösning Villa Björken

Huset fick namnet Villa Björken eftersom fasaden skulle få ett mönster som skulle likna en björk. Anledningen var att det hade stått björkar på tomten. Även gavlarna fick ett annorlunda utseende och utformades så att de blev en förlängning av gavelväggarna och gick rakt upp förbi taket. Ett vindfång vid ytterdörren skulle fungera som luftsluss och inte släppa ut onödig energi.



Figur 3: Villa Björken, fasad mot söder och väster

Enligt den internationella passivhusdefinitionen är ett passivhus ”byggt med högsta kvalitet för att få bästa inomhuskomfort till lägsta möjliga energianvändning och totalkostnad”. För att nå dessa komfortkriterier måste man uppfylla ett antal olika kravställningar:

- Maximalt energibehov för uppvärmning är $15 \text{ kWh/m}^2, \text{ år}$ eller
- Maximalt effektbehov är 10 W/m^2
- Maximalt 0,6 omsättningar per timme i lufttäthet
- Maximalt energibehov för kylning är $15 \text{ kWh/m}^2, \text{ år}$
- Maximalt primärenergibehov är $120 \text{ kWh/m}^2, \text{ år}$
- Inomhustemperaturen får inte överstiga mer än 25° C vid mer än 10% av den varma perioden

Samtliga dessa kravställningar måste vara uppfyllda för att en byggnad ska få certifieras som passivhus enligt den internationella passivhusdefinitionen [källa: Passivhusinstitutet].

Verktyget för att säkerställa kvaliteten i projekteringen finns i beräkningsprogrammet Passivhus Projekteringspaket, PHPP. Det är ett välbeprövat och utvärderat energiberäkningsprogram som har visat sig ge mycket noggranna resultat. Underlaget för en passivhuscertifiering bygger enbart på beräkningarna i PHPP.

Eftersom PHI ansvarar för resultatet i beräkningarna är man också mycket noggrann med att indata i PHPP sker korrekt. Därför har man valt att själv utföra oberoende tester på vissa viktiga nyckelkomponenter som t ex fönster och ventilation. En produkt som klarar kraven blir en passivhus-certifierad komponent och de mätvärden som PHI redovisar kan användas direkt i PHPP-beräkningen.

Vill man använda komponenter som inte är certifierade enligt PHI får man själv ta fram motsvarande indata samt bevisen för att dessa är korrekta. Tyvärr har dåliga erfarenheter från olika tillverkare av ventilation medfört att PHI "straffar" tillverkarens mätvärden för värmeåtervinning med ett avdrag på 12% om aggregatet inte är passivhuscertifierat. Det är fortfarande tillåtet att använda aggregatet, men det kan vara svårare att nå passivhuskraven.

Möjligheten att låta passivhuscertifiera viktiga komponenter leder till att seriösa och duktiga aktörer får ett "kvitto" på att deras produkt är mycket lämpad och därmed kan nya internationella marknader öppnas. Det sätter även press på tillverkare att bli ännu bättre så att byggbranschen kan utvecklas mot ännu bättre byggande och boende.

Byggnation av ett passivhus kan endast påbörjas och utföras på rätt sätt när beräkningarna enligt PHPP visar det. En mycket stor del av det förberedande arbetet med att bygga ett passivhus sker därför i PHPP. För att få en byggnad certifierad krävs att en certifierad passivhuskonsult utför en ny PHPP-beräkning med alla ritningar och övrig dokumentation som gäller för byggnaden.

Att Passivhusinstitutet, PHI, ställer stora krav på noggrannhet och certifiering av viktiga komponenter är egentligen bara ett resultat av att man vill upprätthålla kvaliteten i begreppet passivhus. En byggnad som bevisligen inte uppfyller alla beräkningar och krav kan heller inte kallas för passivhus. Det ger en stor trovärdighet mot marknaden och övriga aktörer som utför ett seriöst arbete.

Passivhusprojektering

PHPP-beräkningarna började med några basdata som påverkar husets energiprestanda:

- klimatdata för det geografiska området där huset ska byggas
- byggnadens orientering mot de olika väderstrecken
- mått, höjder och ytor för hela klimatskalet

Andra faktorer som är direkt avgörande för det kvalitetssäkrade passivhusets energiprestanda samt att det uppfyller komfortkriterierna är de fem grundprinciperna för passivhus [källa: Passivhusinstitutet]:

1. Välisolerat klimatskal

Hela principen med passivhus går ut på att minimera värmeförluster. Detta görs bäst genom att isolera hela klimatskalet med högvärdig och kvalitativt god isolering.

2. Passivhuscertifierade fönster

Tillverkade av isolerglas och isolerad karm och båg för att minimera värmeförluster och optimera solinstrålning.

3. Ventilation med värmeåtervinning

Passivhus förses hela tiden med frisk och ren luft. Genom effektiv värmeväxling återvinner man värmen i inomhusluften.

4. Lufttäthet

Passivhus har ett sammanhållande lufttätt skikt som täcker in hela klimatskalet – utan avbrott.

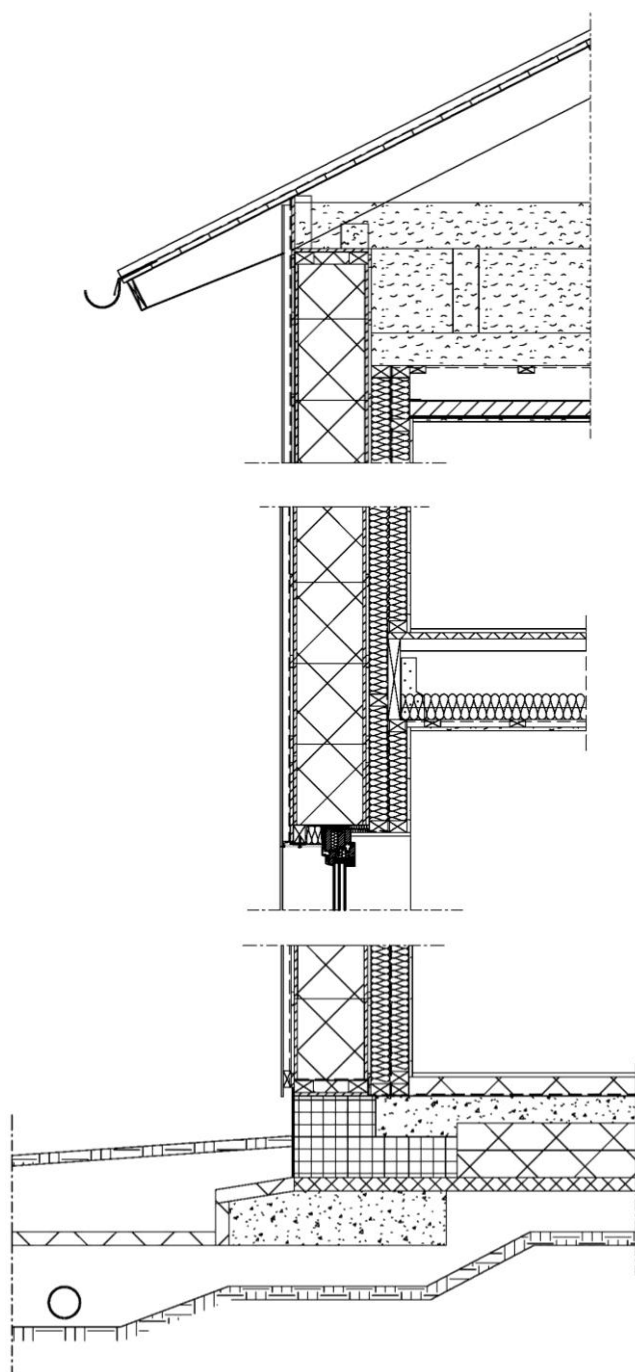
5. Fritt från köldbryggor

Passivhus bör byggas med köldbryggsfria detaljer.

Välisolerat klimatskal

Grund, ytterväggar och vindsbjälklag utförs med goda isolermaterial, med låga λ -värden, för att få välisolerade byggdelar med låga U-värden som minimerar värmeförluster.

Till Villa Björken användes följande isolerade konstruktioner:



Vindsbjälklag, $U=0,07 \text{ W/m}^2, K:$

Takstol
600 mm lösull
Lufttät duk
28 glespanel
Installationsskikt
Plåttregel
13 gips

Yttervägg, $U=0,10 \text{ W/m}^2, K:$

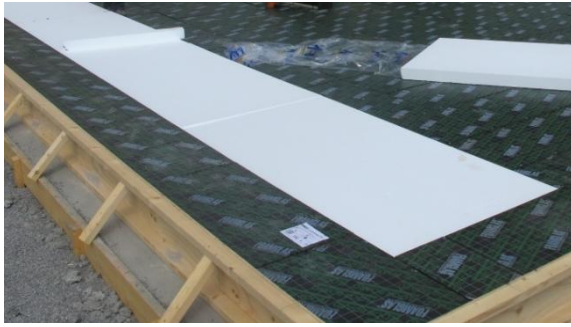
8 cementfiberskiva
28 spikläkt
Vindtät duk
294 Besta-block
70 reglar
70 stenull
Lufttät duk
70 reglar
70 stenull
13 gips

Grund, $U=0,11 \text{ W/m}^2, K:$

Golvbeläggning
70 cellplast
Plastfolie
100 betong
2x100 cellplast
50 foamglas

Figur 4: Uppbyggnad klimatskal Villa Björken

Enligt PHI bör samtliga utvändiga byggdelar ha U-värden $< 0,15 \text{ W/m}^2, K$.



Figur 5: Grundläggning, foamglas och cellplast



Figur 6: Yttervägg, montage av balkskor

Passivhuscertifierade fönster

Fönster är mycket viktiga komponenter för att uppnå de högt ställda komfortkriterierna. Att välja bra fönsterlösningar innebär bland annat:

- Minimera värmeförluster
- Optimera solvinster
- Inte få för låga temperaturer på fönstrets insida
- Bra lufttätthet på öppningsbara fönster
- Ge bra dagsljusinsläpp

För att klara de högt ställda kraven valdes passivhuscertifierade fönster från Firma Wiegand, en ledande tillverkare av passivhuscertifierade fönster och ytterdörrar.

Alla fönster har ett U-medelvärde på $0,675 \text{ W/m}^2\text{K}$ och ett g-värde på 53% (anger glasets solenergi-transmittans). Fönstren är trä/aluminium, har isolerad karm och båge samt en glaslist som gör att temperaturen på insida fönster inte sjunker till för låga temperaturer. Alla öppningsbara fönster och dörrar har dessutom tre tätningslister som ger mycket bra lufttätthet.

I PHPP anges glasets g-värde, U-värden för glas och karm samt ψ -värde för distansprofil och fönstermontaget i väggen. Fönstrens placering och storlek i förhållande till väderstreck anges också.

Enligt PHI bör fönster ha U-värden $< 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ och g-värdet $> 50\%$.

Högsta inomhuskomfort utan övertemperaturer inomhus kan erhållas genom:

- Skärmtak, utformad genom solstudie
- Vertikal solmarkis (solstyrd), tar bort över 90% av solenergin



Figur 7: Fast solavskärmning



Figur 8: Solstyrd markis

Ventilation med värmeåtervinning

Till huset valdes ett passivhuscertifierat FTX-aggregat från tillverkaren Paul. Aggregatet återvinner 94% av värmen i inomhusluften när frånluften passerar motströmsvärmexlaren. Det är ett av de högsta uppmätta värdena på värmeåtervinning. Aggregatet är dessutom ett av de energieffektivaste ($0,24 \text{ Wh/m}^3$) och tystaste på marknaden [källa: Passivhusinstitutet].

Uteluften tas in genom ett luftintag i ytterväggen, förvärms eller förkyls genom jordvärmewäxling från ett borrhål samt renas genom två olika filter. Därefter tillförs värme via motströmsvärmewäxlaren innan luften tillförs rummen via tilluftdonen. Avluften leds ut genom ett markrör. På så sätt behöver man inte göra ytterligare genomföringar i ytterväggen eller i taket.

I PHPP anges värdet på FTX-aggregatets återvinningsgrad, η , dess eleffektivitet samt ute- och avluftskanalens längd och värmeisolering.

Enligt PHI bör $\eta > 75\%$ och elbehovet $< 0,45 \text{ Wh/m}^3$.

Det finns ingen svensk tillverkare av passivhuscertifierade FTX-aggregat.



Figur 9: FTX-aggregat

Lufttäthet

Klimatskalets lufttäthet utgör en mycket väsentlig del för passivhusets komfort och energiprestanda. Arbetet med tätheten började i projekteringsfasen när alla anslutningsdetaljer togs fram. Det är viktigt att det lufttäta skiktet förblir intakt och utan avbrott runt hela klimatskalet.

Villa Björken har en duk som är lufttät och diffusionströg till både ytterväggar och tak. Skarvning av duken utförs med en lättarbetad och åldersbeständig tejp. Runt fönster och dörrar används färdiga remsor med klisterkanter. För att tätas genomföringar av kablar och rör används självhäftande manschetter med tätslutande gummimembran. Genomgående rör tätas med "gummipluggar" som trycks in i röret.



Figur 10: Lufttät genomföring

Med genomtänkta detaljer för hela klimatskalet samt valet att använda produkter som är utformade för att säkerställa tätheten blir arbetet betydligt enklare och bättre än med traditionella lösningar. Här användes produkter från Pro Clima, en ledande tillverkare av luft- och vindtäta lösningar.

Lufttätheten kontrolleras två gånger under byggtiden med så kallad Blower door-test enligt EN 13829. En B-mätning utförs då stommen är tät och man vill spåra eventuella otätheter. A-mätningen utförs när huset är klart och ger ett värde på luftomsättningen, n_{50} , som matas in i PHPP.

A-mätning: $n_{50} = 0,22$ omsättningar per timme (motsvarar $q_{50} = 0,08 \text{ l/s, m}^2$)

Enligt PHI ska n_{50} -värdet $< 0,6$ omsättningar per timme.

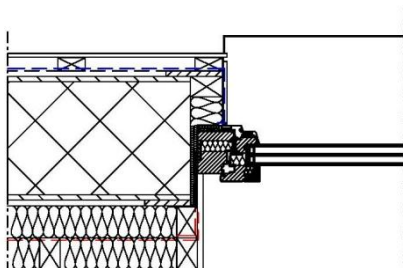


Figur 11: Blower door-test

Fritt från köldbryggor

Klimatskalets konstruktion bör vara välisolerad, lufttät, fuktsäker, lättbyggd och dessutom fri från köldbryggor. För att en konstruktionsdel ska vara köldbryggsfri måste det beräknade värdet $\psi < 0,01$ W/m,K. Passivhus bör vara byggda utan köldbryggor för att minimera värmeläcket och säkerställa inomhuskomforten.

Till Villa Björken arbetades mycket med att ta fram detaljer och anslutningar som gick att beräkna som köldbryggsfria. En av dessa utmaningar var köldbryggsfri anslutning av fönster i ytterväggen. Ett fönster fyller ju bara sin funktion om det är monterat på rätt sätt och inte bidrar till köldbryggor eller otätheter. Att överisolera karmen från utsidan medförde att fönstermontaget beräknades att vara fritt från köldbryggor.



Figur 12: Köldbryggsfri fönsteranslutning



Figur 13: Överisolerad karm

Följande ψ -värden på köldbryggor beräknades för anslutningarna:

- yttervägg/mellanbjälklag: $\psi = 0,00$ W/m,K
- yttervägg/fönsterkarm: $\psi = 0,01$ W/m,K
- yttervägg/tak: $\psi = -0,0038$ W/m,K
- ytterväggshörn: $\psi = -0,0054$ W/m,K

Samtliga beräknade köldbryggor klarar kraven för en köldbryggsfri anslutning.

Beräknade värden på köldbryggor matas in i PHPP-beräkningen.

Kvalitetskoncept

Villa Björken uppfördes helt enligt ritningarna – och stommen byggdes under vädskydd på fuktextpertens inrådan. Förutom målsättningen att bygga ett certifierat passivhus skulle huset även klara andra kvalitetskrav. Därför genomfördes tester eller beräkningar även inom:

- Fuktsäkerhetsprojektering av grund, väggar och tak
- Brandberäkning av klimatskalet
- Ljudtest av ytterväggskonstruktionen

Energi- och miljösmart

Villa Björken är utrustat med Sveriges minsta bergvärmepump för att effektivt producera varmvatten och vattenburen väggvärme. Huset har dessutom lägsta energiklass på alla vitvaror, dimringsbar LED-belysning i hela huset, snålspolande munstycken i alla kranar samt smarta-hem-funktioner som bland annat stänger av onödig energiförbrukning när ingen är hemma. Dessutom styrs FTX-ventilationen via CO₂-sensorer som gör att ventilationen inte går för fullt när huset är tomt – då spar man energi.

På taket mot söder finns en solcellsanläggning på 26 m² som producerar sol-el. Mot norr finns ett vackert grästak (sedum) som både samlar upp regnvatten och ger Villa Björken sin gröna krona.



Figur 14: Solceller



Figur 15: Sedumtak

Resultat

När Villa Björken var färdigbyggd, i slutet av maj 2012, utfördes de tre sista delmomenten för att slutföra passivhusprojektet:

- Injustering och OVK av ventilationsanläggningen
- Utföra A-mätningen av lufttätheten
- Sammanställa ritningar, underlag och (foto)dokumentation

Underlagen skickades till en passivhuskonsult som är behörig att utföra certifiering av passivhus enligt Passivhusinstitutet, PHI.



Figur 16: Villa Björken, vy sydost



Figur 17: Villa Björken, vy sydväst



I slutet av juni 2012 kom kvittot – certifikatet som visar att Villa Björken klarar kraven att certifieras enligt den internationella passivhusdefinitionen!

Det blev därmed också det första enfamiljshuset i Sverige som får denna kvalitetsstämpel.

Figur 18: Villa Björkens passivhuscertifikat från PHI

Under de första 12 månaderna efter driftstarten har huset använts som kontor/visningshus och följande värden uppmätts:

- ca 2200 kWh köpt energi för värme, varmvatten och fastighetsel
- ca 3600 kWh producerad sol-el

Detta ger Villa Björkens första uppmätta energiprestanda:

- specifikt energibehov enligt BBR: 11,4 kWh/m²,år
- producerad sol-el: 18,6 kWh/m²,år.

Enligt våra beräkningar kommer köpt energi för värme, varmvatten och fastighetsel (enligt BBR) att bli ca 18 kWh/m², år då det bor en familj med fyra personer i huset.

Passivhuset Villa Björken blir ett (nära-)nollenergihus – i nuläget är det ett plusenergihus!

Sammanfattning

Fiskarhedenvillan uppfyllde målsättningen att utbilda ett antal medarbetare till passivhusexpert.

Fiskarhedenvillan uppfyllde även målsättningen att projektera och bygga ett enfamiljshus som kan certifieras som passivhus enligt internationell standard.

Detta projekt visar med all önskvärd tydlighet att det finns mycket stora förutsättningar för lyckade passivhusprojekt med hög kvalitet om:

- Alla inom arbetsgruppen har samma kunskap och förståelse om passivhus
- Man använder ledande produkter och komponenter som är framtagna för passivhus
- Hantverkarna är öppna för att arbeta med ny teknik och nya lösningar

Framtidens byggande och boende är kvalitetsbyggda passivhus med solenergilösningar som ger nära-nollenergihus med hög inomhuskomfort och mycket låga driftskostnader.