



Sanering av egnahemshustak

Christoffer Enberg

Examensarbete för Ingenjör (YH) examen
Utbildningsprogrammet för byggnadsteknik
Raseborg 2011



EXAMENSARBETE

Författare: Christoffer Enberg

Utbildningsprogram och ort: Byggnadsteknik, Raseborg

Inriktningsalternativ/Fördjupning: Projektering

Handledare: Towe Andersson

Titel: Sanering av egnahemshustak

Datum: 15.04.2011

Sidantal: 63

Bilagor: 5

Sammanfattning

I mitt examensarbete hade jag som uppgift att planera saneringen av ett tak på ett gammalt egnahemshus. Saneringsobjektet var ett mansardtak med maskinfalsad plåt som vattentak. Taket var även konstruerat så att innertaken följde vattentaket parallellt. Med åren hade takplåtens falsar börjat läcka och var därför i behov av en sanering.

I examensarbetet beskrivit sju olika takmaterial och deras konstruktion. Informationen var viktig för att kunna besluta vilken taktyp som skulle användas, men även för att kunna beräkna takets egenvikt.

I arbetet undersöks värmeisoleringskrav och takets värmegenomgångskoefficient beräknas. Taket skulle värmeisoleras i samband med sanering. Planen för den nya värmeisoleringen gjordes enligt kraven som bestäms i Finlands byggbestämmelsesamling del C3 2010 och beräkningen av takets värmegenomgångskoefficient gjordes enligt bestämmelserna i den nya Finlands byggbestämmelsesamling del C4 som träder i kraft år 2012.

Också de laster som belastar taket beräknades och takbalkarnas hållfasthet granskades enligt SFS standarden EN 1995-1-1. EN 1995-1-1 är den gällande eurokoden för träkonstruktioner.

Språk: Svenska

Nyckelord: Tak, värmeisolering, U -värde, hållfasthet

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Christoffer Enberg

Koulutusohjelma ja paikkakunta: Byggnadsteknik, Raseborg

Suuntautumisvaihtoehto/Syventävät opinnot: Projektering

Ohjaajat: Towe Andersson

Nimike: Omakotitalon katto saneeraus/ Sanering av egnahemshustak

Päivämäärä: 15.04.2011

Sivumäärä: 63

Liitteet: 5

Tiivistelmä

Opinnäytetyöni on vanhan omakotitalon katon saneeraussuunnitelma. Saneerauskohde oli vanha konesaumattu peltikatto. Katon malli oli taitekatto. Kattorakenne oli suunniteltu niin, että sisäkatto seurasi samaa linjaa kuin vesikatto. Vuosien myötä kattopellin saumat olivat alkaneet vuotaa ja siksi katto oli saneerauksen tarpeessa.

Opintonäytetyössä olen käynyt läpi seitsemän eri kattomateriaalia ja niiden rakenteet. Nämä tiedot olivat tärkeitä sen vuoksi, että voisin päättää, mitä kattomateriaalia tulisi käyttää ja myös voidakseni laskea kattorakenteen omapainon.

Työssä olen tutkinut määräyksiä, jotka koskevat lämmöneristystä ja lämmönläpäisykertoimen laskemista. Suunnitelman mukaan katto lämpöeristettäisiin saneerauksen yhteydessä. Lämmöneristämissuunnitelma tehtiin Suomen rakentamismääräyskokoelman osa C3 2010 vaatimusten mukaa ja lämmönläpäisykertoimen laskennat tehtiin uudistumassa olevan Suomen rakentamismääräyskokoelman osa C4 mukaan, joka astuu voimaan vuonna 2012.

Kattorakennetta kuormittavat painot laskettiin myös, samoin kattopalkkien lujuuslaskelmat, jotka tehtiin SFS standardi EN 1995-1-1 mukaan. Standardi EN 1995-1-1 on määräävä eurokoodi puurakennesuunnittelussa.

Kieli: Ruotsi

Avainsanat: Katto, lämmöneristys, U -arvo, lujuuskestävyys

BACHELOR'S THESIS

Author: Christoffer Enberg

Degree Programme: Construction Engineering

Specialization: Structural Engineering

Supervisors: Towe Andersson

Title: Reconstruction of a Detached House Roof/ Sanering av egnahemshustak

Date: 15 April 2011

Number of pages: 63

Appendices: 5

Summary

The purpose of this thesis was to plan the reconstruction of a roof on an old detached house. The roof that was to be reconstructed was made of machine folded tin roof panels. The roof was a mansard roof. The ceiling follows the same line as the roof. As the years had passed the seams of the metal panels had begun to leak and that was the main reason why the roof had to be reconstructed.

In this thesis I have described seven different types of roof materials and their structures. This information was important to do so I would be able to choose which material to use and calculate the weight of the structures.

I have also gathered information about thermal insulation and calculation of the thermal resistance value. The plan was to insulate the roof in connection with the rest of the work. The thermal insulation plan was to be done according to the Finnish building regulation collection part C3 2010 and the thermal resistance value was to be calculated according to the new C4 that will take effect in the year 2012.

The third part of this thesis was to calculate the loads and check the strength of the roof beams according to the standard EN 1995-1-1. EN 1995-1-1 is the commanding Eurocode for the design of timber structures.

Language: Swedish
properties

Key words: Roof, thermal insulation, *R*-value, strength

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
2	Tak.....	2
3	Takmaterial	2
3.1	Maskinfalsad plåt.....	3
3.1.1	Plåten.....	3
3.1.2	Taklutning	4
3.1.3	Användning av underlagspapp.....	4
3.1.4	Underlaget.....	4
3.1.5	Fästning av plåten	5
3.1.6	Montering på gammalt tak.....	7
3.1.7	Underhåll och reparation	7
3.2	Profilplåt och plåt med takpanneform.....	8
3.2.1	Plåten.....	8
3.2.2	Taklutning	9
3.2.3	Underlaget.....	10
3.2.4	Undertak	10
3.2.5	Montering på gammalt tak.....	11
3.2.6	Underhåll och reparation	11
3.3	Filttak.....	11
3.3.1	Bitumenpannor	12
3.3.2	Svetsbar filt	14
3.3.3	Underhåll och reparation	15
3.4	Tegeltak.....	15
3.4.1	Lertegelpannor	16
3.4.2	Betongtegelpannor	18
3.4.3	Tegelpannor på gammalt tak	20
3.4.4	Underhåll och reparation	20
4	Ventilation.....	21
5	Isolering	21
5.1	Bestämmelser	21
5.2	Beräkning av U - värde	22
5.2.1	Värmemotstånd R_T	23
5.2.2	Överapproximation $R_{T\Box}$	24
5.2.3	Underapproximation $R_{T\Box}'$	25
5.2.4	Korrigeringsfaktor av (U) - värdet	26

5.2.5	Köldbryggor	26
5.2.6	Luftspringor i isoleringsmaterialen	27
5.2.7	Luftens genomströmning i isoleringsmaterialet.....	28
5.2.8	Svängda tak.....	30
5.3	Värmeisoleringens planering och isolering	31
5.3.1	Planering av värmeisolering	31
5.3.2	Värmeisoleringens hantering, lagring och montering	31
5.3.3	Skydd mot vind och luftströmmar	32
5.4	Isoleringsmaterialen värmeledningsförmåga.....	33
5.4.1	Materialens dimensionerande värmeledningsförmåga och valmöjligheter 33	
6	Konstruktionsplanering enligt eurocode EN 1995-1-1	36
6.1	Krav.....	36
6.2	Egenlaster.....	37
6.3	Snölaster	37
6.4	Brottgränstillstånd	43
6.5	Brukgränstillstånd	45
6.6	Lasternas varaktighetsklasser	45
6.7	Fuktklasser	47
6.7.1	Fuktklass 1	47
6.7.2	Fuktklass 2	47
6.7.3	Fuktklass 3	48
6.8	Materialens delsäkerhetskoefficienter	48
6.9	Materialegenskaper.....	49
6.9.1	Lasternas varaktighet och fuktens inverkan.....	49
6.9.2	Sågvirke.....	50
6.9.3	Limträ.....	51
6.9.4	Fanerbalkar.....	52
6.10	Hållfasthetsberäkningar	54
6.10.1	Nedböjning.....	54
6.10.2	Upplagstryck vinkelrät mot fiberriktningen.....	55
6.10.3	Böjspänning.....	56
6.10.4	Skjuvspänning	57
7	Saneringsprojektet	59
7.1	Val av takmaterial till saneringsprojektet	59
7.2	Ventilationslösning för saneringsprojektet	59
7.3	Isoleringen av saneringsprojektet.....	59
7.4	Konstruktionens hållfasthet.....	61

8	Avslutning.....	62
	Källförteckning.....	63
	Bilagor	

1 Inledning

Min uppgift var att planera en taksanering. Taket är ett mansardtak vars innertak följer vattentaket, objektet har alltså sneda innertak. Målet var att ta reda på olika alternativ till takmaterial, isolering och granskning av takbalkarnas hållfasthet.

Information om takmaterialen och deras konstruktion behövdes för att kunna besluta vilket takmaterial som skulle användas, samt för att kunna beräkna takkonstruktionens vikt. De takkonstruktioner jag har granskat är plåt-, filt- och tegeltak. Utöver granskning av konstruktionen, har jag att se på underhåll och reparation av taken.

Eftersom taket skall rivas var planen att göra en tilläggsisolering samtidigt. Taket skall värmeisoleras så att det uppnår kraven ställda av Finlands byggbestämmelsesamling del C3, 2010. Beräkningarna av takets U -värde skall göras enligt Finlands byggbestämmelsesamling del C4, 2012, utkast 28.09.2010. Isoleringsmaterialet som kommer att användas skall ha så bra värmeisoleringsförmåga att konstruktionen inte blir alltför tjock, eftersom detta skulle leda till utrymmes brist på vindsvåningen.

Granskningen av takbalkarnas hållfasthet skall beräknas enligt standarden SFS EN 1995-1-1. Standarden SFS EN 1995-1-1 är den gällande eurokoden inom planering av träkonstruktioner, EC 5.

Syftet med detta examensarbete är att få all den information och kunskap som krävs för att kunna planera sanering av så kallade varma tak. I slutet av examensarbetet kommer jag att presentera planerna för saneringsprojektet.

2 Tak

Vattentaket skall tillsammans med fasaderna och bottenbjälklagen fungera som skydd för de inre utrymmena, från de påfrestningar som klimatet förorsakar. I Finland är dessa påfrestningar större än i många andra länder, eftersom temperaturen i Finland kan växla mellan -30°C på vinter till $+30^{\circ}\text{C}$ på sommaren. Trots att yttemperaturen kan växla så mycket, skall ändå innertemperaturen hållas relativt konstant året om. Vattentaket har även som uppgift att skydda fasaderna och andra bjälklag mot regn, så att konstruktionerna hålls torra. Snö och snölaster är även faktorer som tak i Finland utsätts för.

Takets vattentäthet kan uppnås på två olika sätt, beroende på vilken takkonstruktion som används. Det ena sättet är att vattentaket i sig är helt tätt och det andra sättet är att vattentaket tar upp den största delen av vattnet. Det vatten som ändå rinner igenom, sköts av ett undertak.

Helt täta tak är filttak eller tak med maskinfalsad plåt. Tak som antingen täcks av olika sorters profilplåt eller tegelpannor, skall förses med undertak som försäkrar att taket är vattentätt.

Vattentakets yta skall även vara tillräckligt hård för att klara av smällar från fallande kvistar, andra lösa föremål och regndroppar som faller på taket år ut och år in. För att man skall kunna reparera och underhålla taken skall det även gå att röra sig på dem.

Förutom dessa fysiska uppgifter som ett tak har, skall taket också vara snyggt och fungera som en del av husets helhetsbild. (Keppo 2002:8-9)

3 Takmaterial

I detta kapitel ser jag på olika takmaterial och deras konstruktioner för att sedan kunna bestämma vilket material som skall användas för taksaneringen. Takmaterialen jag behandlar är plåt, (profilplåt, plåt med takpanneform och maskinfalsad plåt), filt (svetsbar filt och bitumenpannor) och tegelpannor (betongtegel och lertegel).

3.1 Maskinfalsad plåt

Jag kommer inte att i detalj gå in på montering av maskinfalsad plåt, eftersom monteringen anses vara mycket krävande och man behöver specialkunnande. För montering av denna sorts tak bör man anlita en plåtslagare.

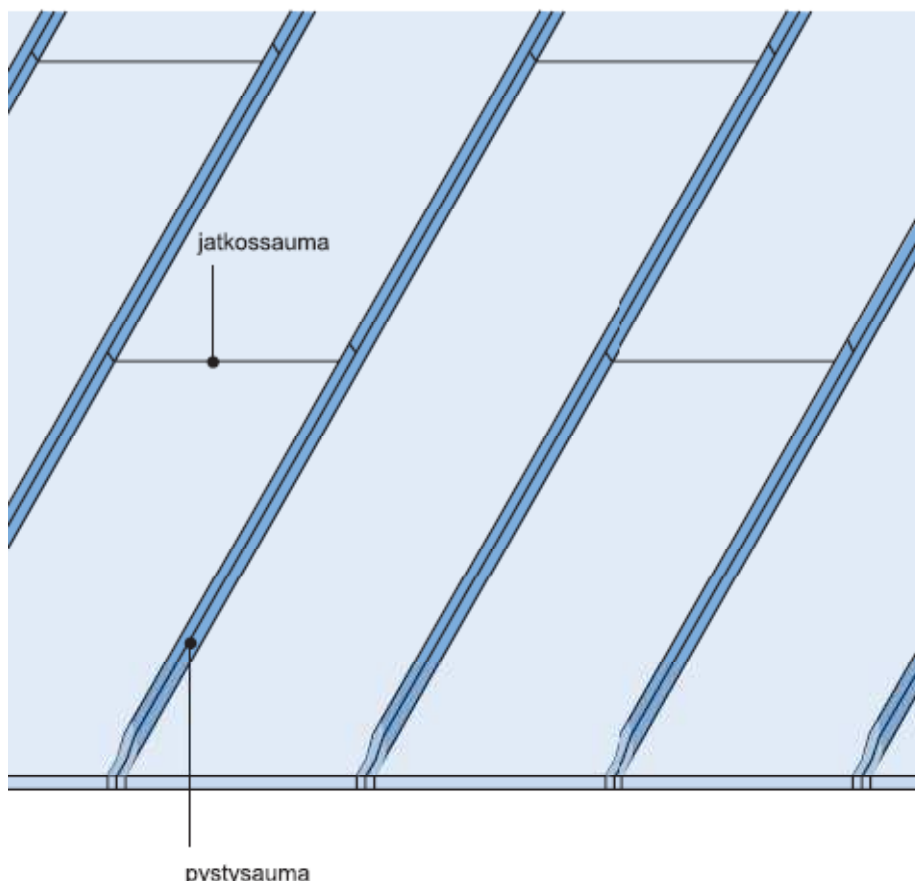


Bild 1 Bild på ett maskinfalsat plåttak (RT 85–10862:5).

3.1.1 Plåten

Till taket kan användas enbart förzinkad stålplåt eller förzinkad stålplåt med ytbeläggning. Om man använder stålplåt är tjockleken på plåten 0,5 mm och 0,6 mm. Bredden på plåten är 610 mm och 1230 mm. För kopparplåt är tjockleken 0,6 mm och 0,7 mm, bredden varierar från 610 mm, 700 mm och 1000 mm. Aluminiumplåtar skall vara 0,6 mm och 0,7 mm tjocka och bredden är 610 mm och 1000 mm. Tjockleken på rostfri stålplåt är 0,4 mm och 0,5 mm, bredden är 610 mm och 1250 mm. Zinkplåt är i allmänhet 0,8 mm tjock och bredden är 600 mm och 1000 mm (RT 85–10862:5).

3.1.2 Taklutning

Om man täcker taket med maskinfalsad plåt som är dubbelfalsad, rekommenderas det att takets lutning är minst 1:10. Det går att montera maskinfalsad plåt för att täcka flackare tak, men då måste man beakta genomförningar och fogarnas täthet. Takjobbet bör alltså vara väldigt kvalitativt gjort (RT 85–10862:2).

3.1.3 Användning av underlagspapp

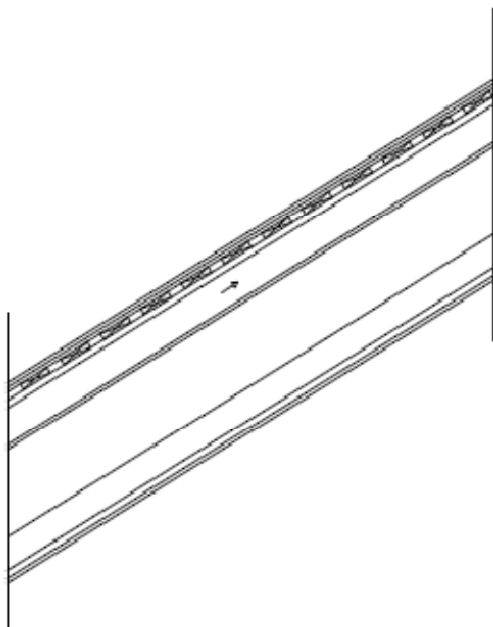
När vattentaket lagas av maskinfalsad takplåt med helbrädning som underlag, behöver underlagspapp inte användas. Man anser att underlagsbräderna tillsammans med plåten binder fukten varefter den avdunstar in i ventilationsspalten. Mellan plåten och brädningen kan man montera en isoleringsmatta om det krävs för ljudisoleringen. Om underlagspapp monteras under helbrädningen med förhöjningsribbor, skall den lämnas öppen vid åsen så att luften kommer ner på vinden. Förhöjningsribborna skall vara 50 mm till 70 mm höga. Vid hus med sneda innertak skall ventileringen skötas så att man monterar undertrycksventiler på taket med 5 m mellanrum. (RT 85–10862:3)

3.1.4 Underlaget

Den minsta tjockleken som underlagsbräden får ha för stålplåtstak är 20 mm. Brädena skall vara lufttorkade och helkantiga. Som underlagsbräden får man inte använda impregnerat virke eller tidigare använda bräden. Vanliga dimensioner på underlagsbräden är 22 mm * 100 mm och 25 mm * 100 mm, men tjockleken på brädena väljs på basen av takbalkarnas avstånd och de laster som taket utsätts för. Mellan brädena kan man lämna en 20 mm till 60 mm bred skarv, för tak som är branta kan bräden monteras med en större skarv och för flackare tak monteras brädena tätare. Om brädena skall skarvas, skall skarvningen göras ovanpå en takbalk. Man får inte skarva två bräden i följd på samma balk (RT 85–10862:4).

Brädena skall spikas med varmförsinkad 75*28 mm:s spik, spiken skall slås in så långt i brädet att spikhuvudet är 1 mm under brädets yta (RT 85–10862:4).

Om taket täcks med koppar-, aluminiumplåtar eller rostfria stålplåtar skall underlaget byggas av åtminstone 20 mm tjock och högst 95 mm bred råspånt. Spiken skall slås så djup att den inte kan röra plåten (RT 85–10862:4).



*Bild 2 Skärning av ett tak med maskinfalsad plåt. Utifrån in, 1) maskinfalsad plåt, 2) läckt 22*100 mm, 5 cm skarv mellan bräderna 3) ribba 22*50 mm, 4) underlagspapp, 5) ventilationsspalt 100mm, 6) vindskyddsskiva 12 mm, 7) takbalkar och isolering, 8) glesbredning 22 mm, 9) ytbeläggning.*

3.1.5 Fästning av plåten

Maskinfalsad plåt bearbetas på förhand så att kanterna böjs i en kantmaskin. När plåtarna sedan monteras i varandra, viks de ihop med en så kallad dubbelfals. Förr användes även enkelfals, men i dag används enbart dubbelfals på grund av dagens falsslutarmaskiner. Till själva täckningen av taket används två olika falsar för att fästa plåtskivorna i varandra: hakfals och ståndfals (Keppo 2002:31).

Hakfalsen används för att göra tvärskarvar då plåtarna måste skarvas i längdled. En hakfals kan även kallas tvärfals och iskjutfals. För att falsen skall bli tät, används en tätningsmassa som är ämnad för detta ändamål. Tätningsmassa appliceras i samband med falsningen (Keppo 2002:31).



Bild 3 Bild på en dubbel hakfals (RT 85–10862:9).

Istället för att göra de längsgående fogarna med stådfals, kan fogningen göras med ribbfals. Om denna fals används, fäster man en ribba i underlaget och monterar klamrarna under ribban. Sedan viks plåten med en dubbelfals på båda sidorna. (Keppo 2002:31).

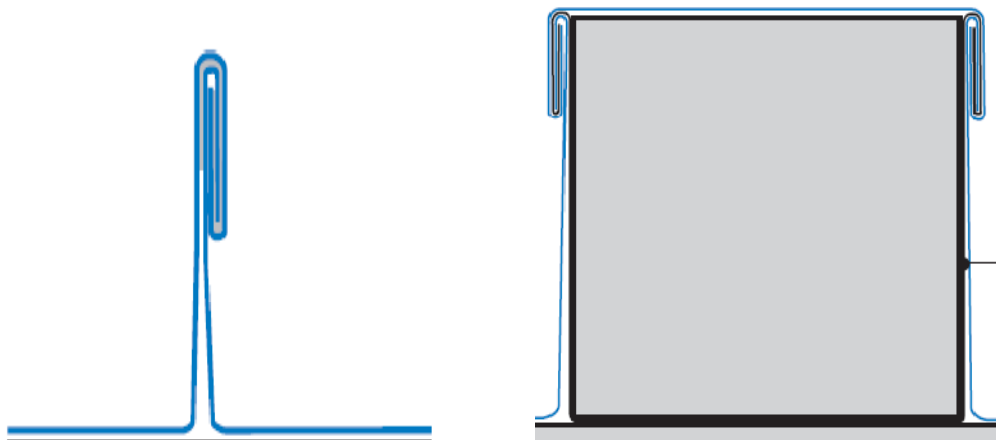


Bild 4 Ur bilden till vänster kan man se hur en dubbel stådfals ser ut och på högra sidan är en ribbfals (RT 85–10862:6,10).

För att fästa plåten i underlaget använder man sig av klamrar som är tillverkade för detta ändamål. Det finns två sorters klamrar som används, fast klammer och glidklammer (Keppo 2002:31).

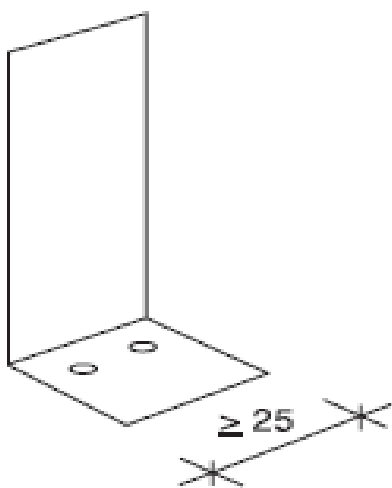


Bild 5 Bild på en fastklammer (RT 85–10862:6).

3.1.6 Montering på gammalt tak

Ett maskinfalsat plåttak kräver alltid ett slätt underlag och om det gamla taket inte erbjuder detta måste det gamla taket rivs bort. Tegeltak, olika profilplåtar och andra tak som inte är raka måste rivs. Eftersom dessa takkonstruktioner är uppbyggda med underläkt som underlag så måste även detta rivs bort. Utanpå takbalkarna kan man sedan montera det nya underlaget av bräden eller skivor .

Ovanpå gamla släta filttak kan man direkt montera maskinfalsad plåt, eftersom filttaken är tillräckligt jämna (Keppo 2002:35).

3.1.7 Underhåll och reparation

Maskinfalsad plåt får man som enbart varmförzinkad eller med ytbeläggning. De enbart sinkade taken skall efter en tid målas, medan en plåt med ytbeläggning klarar sig som sådan. Båda taken skall man ändå underhålla regelbundet (Keppo 2002:34).

I slutskedet av takmonteringen skall taket städas ordentligt, alla små plåtbitar plockas ner, metallspån och annat skräp från monteringen städas bort (Keppo 2002:34).

På samma gång som man städar taket skall man granska om det finns repor i ytbeläggningen, de repor som hittas skall fläckmålas med färg som är tillverkat för detta ändamål. Om det finns synliga kanter som är klippta lönar det sig att måla dem på samma gång (Keppo 2002:34).

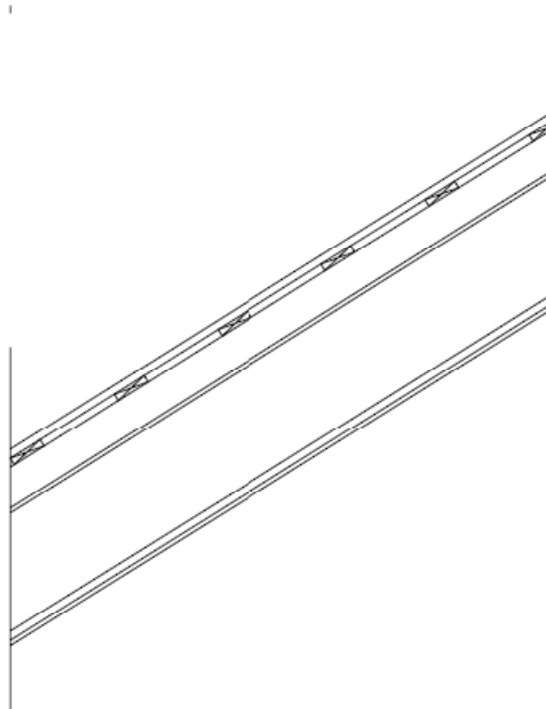
Förzinkade plåttak målas eller beläggs i ett senare skede, när det görs skall taket vara helt rent (Keppo 2002:34).

De båda taksorterna skall rengöras en till två gånger per år, detta innebär att skräp sopas bort och smutsiga områden tvättas. De bästa tvättmedlen för detta finns i köket (Keppo 2002:34).

Samtidigt som den årliga städningen görs, skall man även granska om det har uppkommit repor eller andra skador, de nya reporna skall fläckmålas. Om man märker att taket har börjat rosta tyder detta på att fukt har sluppit in under ytbeläggningen. I detta fall skall man utföra en större åtgärd, taket skall tvättas med rostborttagningsmedel och rostskydd, taket skall dessutom få ny beläggning. Det lönar sig att höra vad plåttillverkaren rekommenderar för åtgärd innan man börjar göra något (Keppo 2002:34).

3.2 Profilplåt och plåt med takpanneform

Ett plåttak skall vara uppbyggt så att det ovanpå takstolarna eller takbalkarna monteras en kondensspärr, ovanpå denna en ribba som rekommenderas vara minst 30 mm hög. Ribban ska löpa i takbalkarnas riktning. Utanpå ribban monteras vågräta bräden som skall bära upp plåten och på dem monteras sedan plåten. Under kondensspärren skall det finnas ett ventilationsutrymme på minst 100 mm (RT 85–10767:6,9).



*Bild 6 Skärningsritning av et plåttak. Utifrån in, 1) takplåt, 2) läckt 22*100 mm, 3) ribba 22*50 mm, 4) underlagspapp, 5) ventilationsspalt 100mm, 6) vindskyddsskiva 12 mm, 7) takbalkar och isolering, 8) glesbredning 22 mm, 9) ytbeläggning.*

3.2.1 Plåten

Med profilplåt menas en plåt som har en profil i endast ett led. Plåt med takpanneform avser sådana plåtar som har profiler i två riktningar. Plåten som används för att tillverka profilplåt och takpanneplåt är förzinkad tunnplåt. Plåtarna kan tillverkas som enbart förzinkade eller med ytbeläggning. Om vattentaket enbart är förzinkat brukar man måla taket i ett senare skede. En plåtskiva med ytbeläggning är färdig som sådan (Keppo 2002:23).



Bild 7 Denna bild visar hur en takpanneform plåtskiva kan se ut (RT 85–10767:3).

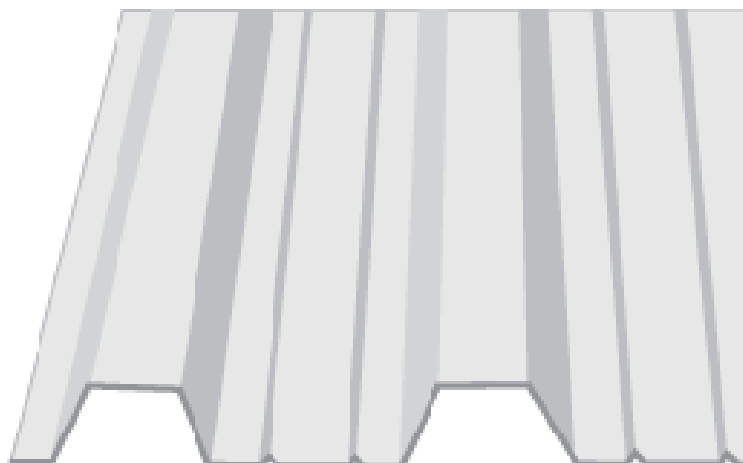


Bild 8 Denna bild visar hur en profil plåtskiva kan se ut (RT 85–10767:3).

3.2.2 Taklutning

När man använder sig av profilplåt är den minsta rekommenderade taklutningen 1:7 och för tak med takpanneplåt rekommenderas en taklutning på minst 1:4. Man skall även ta i beaktande tillverkarnas anvisningar för deras produkter (RT 85–10767:2).

Tak som har mindre lutning än 1:7 kan täckas med profilplåt, men då är det viktigt att beakta hur mycket det blåser och andra saker som inverkar på konstruktionen som t.ex. mängden skarvar i längdled, olika genomförningar och hur stort behov det finns av att röra sig på taket (RT 85–10767:2).

3.2.3 Underlaget

Taket läktindelning och dess dimensioner är beroende av plåtens form och av de laster som belastar taket. Läkt bör göras enligt plåttillverkarens anvisningar. Som läktbräden till plåt med takpanneform passar oftast bräden som är 22 mm * 100 mm om avståndet mellan takbalkarna är 900 mm och 32 mm * 100 mm om balkavståndet är 1200 mm. För tak med profilplåt bestäms läktens dimension och indelning främst enligt plåtprofilens styvhet, läktens dimensioner varierar mellan 22 mm *100 mm – 50 mm *100 mm. Innergirar och runt genomförningar i taket skall man montera helbrädning av råspåntbräden. Om det skall monteras takstegar eller bryggor på taket skall man montera underlag för att kunna fästa dem samtidigt då läkten görs (Keppo 2002:24).

Underlagets uppbyggnad skall vara planerat på ett sådant sätt att kondens som uppstår ventileras bort (RT 85–10767:6).

Takets geometriska mått skall granskas t.ex. genom att mäta dess korsmått. Alltså måttet mellan t.ex. högra hörnet vid takets täcka och vänstra hörnet vid åsen skall vara lika mycket som måttet är om man mäter från de motsatta hörnen. Även underlagets yta skall vara tillräckligt jämn, om ytan är ojämn bör den rätas ut genom att använda kilar. Den största tillåtna avvikelser är ± 3 ‰ av plåtens längd, då längden är minst 5 m. Dessa bestämmelser kan man se på lite lindrigare om det är frågan om en taksanering och om byggherren så önskar. På underlaget får det inte finnas vassa kanter, knölar eller frätande ämnen som kan skada plåten (RT 85–10767:6).

3.2.4 Undertak

Underlagspapp/kondensspärr rekommenderas att använda vid varma och halvvarma byggnader, men även till sådana byggnader där kondensvattnet är till skada. Takets vattentäthet får dock inte basera sig på endast underlagspappet (RT 85–10767:6).

Undertakets funktion är att säkra takets vattentäthet. Speciellt på våren då snön smälter och sådana dagar då det blåser mycket kan det komma vatten genom skarvar och andra överlappningar som förekommer i vattentaket. Undertakets uppgift är att leda vattnet, som sluppit genom plåten, ner och förbi vägglinjen. När vattenånga stiger upp genom taket och träffar det kalla vattentakets undre yta kan ångan bli till kondensvatten. Om kondensvatten bildas och samlas i takkonstruktionen en längre tid kan detta leda till stora problem som t.ex. läckage och mögelbildning. Förutom att undertaket skall ta hand om vatten som

kommer genom taket skall det också sköta om kondensvatten som uppstår. Undertaket skall hålla vatten upprepade gånger och även klara att vattnet fryser till is (Keppo 2002:13).

3.2.5 Montering på gammalt tak

Om taket som skall förnyas är gjort med t.ex. maskinfalsad plåt eller filt, kan man montera det nya taket utanpå det gamla taket. Beroende på situationen går det att montera det nya taket också på andra takmaterial, förutom tegeltak, eftersom det är mycket arbetsdrygt att montera läkten på teglen (Keppo 2002:29).

På det gamla taket monterar man ny läkt enligt vad den nya plåten kräver. Eftersom det gamla taket lämnas under det nya taket, behöver underlagspapp inte monteras eftersom det gamla taket kommer att fungera som fuktspärr. Det är dock viktigt att man granskar det gamla takets underlag och reparerar det vid behov. När den nya läkten monteras kan man rätta ut eventuella sättningar i det gamla taket genom att kila upp läkten med små träkilar. Monteringen av plåten görs på samma sätt som vid nya tak (Keppo 2002:29).

3.2.6 Underhåll och reparation

Plåttak skall granskas och underhållas en till två gånger per år, helst på hösten då löven faller från träden och andra gången på våren efter att snön har smultit. Med underhåll menas främst putsning, allt skräp som samlats på taket skall städas bort (Keppo 2002:29).

Det lönar sig även att tvätta taket eftersom orenheter i luften och omgivningen förorenar plåten. Om taket tvättas tillräckligt ofta räcker det att man använder svaga tvättmedel som finns i hemmet, t.ex. diskmedel. Lösningemedel och andra starka medel rekommenderas inte att användas då det finns en risk att de skadar plastbeläggningen eller färgen på plåten. Större skador som plåten får med tiden kan ofta repareras genom att fläckmåla det skadade området. Råd för att köpa färg får man av plåttillverkaren (Keppo 2002:29).

3.3 Filttak

Som underlag för ett filttak kan man använda sig av råspåntbräden eller byggnadsskivor som är ämnade för detta ändamål. Ovanpå skivan eller råspånten monteras sedan en underfilt och utanpå underfilten läggs det bitumenpannor eller filt som svetsas fast. Mellan

underlaget och isoleringen skall det finnas ventilationsutrymme som är minst 100 mm (RT 85–10894:3,4).

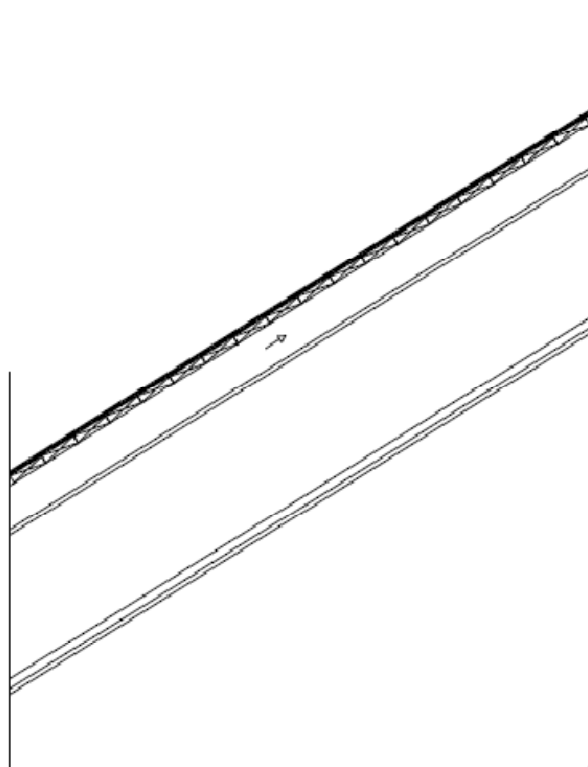


Bild 9 Skärning av ett filttak. Utifrån in, 1) täckfilt, 2) underlagsfilt, 3) helbrädning, 4) ventilationsspalt 100mm, 5) vindskyddsskiva 12 mm, 6) takbalkar och isolering, 7) glesbrädning 22 mm, 8) ytbeläggning.

3.3.1 Bitumenpannor

Bitumenpannor kan användas till tak som har en taklutning på 1:5 eller brantare (RT 85–10894:2).

Bra underlag för bitumenpannor är råspåntbrädning eller skivor, men man kan även montera bitumenpannor på gamla filttak. Man skall dock ändå montera ny underfilt innan de nya bitumenpannorna monteras om det gamla taket är dåligt. Om det gamla taket lämnas kvar är det viktigt att ytan är jämn (RT 85–10894:4).

När underfilten monteras börjar man med att rulla ut filten längs med takets täcka varefter man spikar fast filten med filtspik i överkanten. Filten skall spikas med ett sicksackmönster och spikarnas mellanrum skall vara 15-20 cm. När man har monterat den första

filtvåden rullas följande ut så den överlappar den föregående filten med minst 10 cm och sedan spikas den på samma sätt (RT 85–10894:6).

När filten är fast skall skarvarna tätas, det finns tätningslim vid filtens underkant. Om man använder en filt som inte har färdigt tätningslim skall man använda något annat för detta ändamål ämnat tätningslim. Limmet skall värmas upp och sedan skall skarven tryckas ihop (RT 85–10894:6).

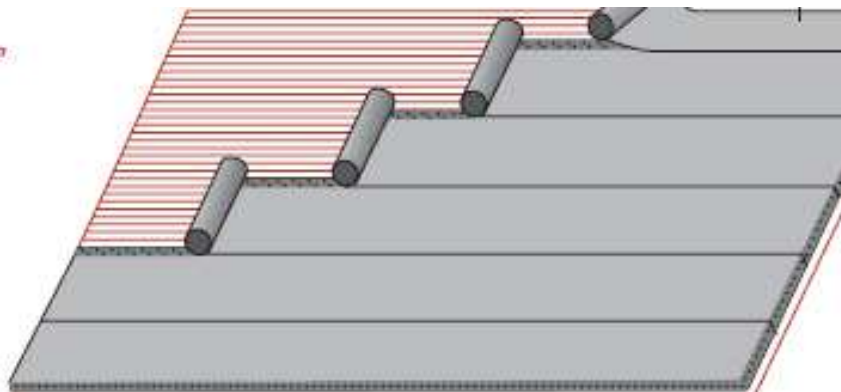


Bild 10 Denna bild visar man monterar och spikar en underfilt (RT 85–10894:2).

När man börjar montera pannorna skall man börja vid takets underkants mitt, där man placerar bitumenpannorna ca 2 cm från underkanten varefter man skall avlägsna skyddsplasten från tätningslimmet och sedan pressa fast pannorna i taket. Vid behov kan man värma limmet med en gasbrännare så att det tar fast ordentligt (RT 85–10894:6).

Bitumenpannorna skall spikas fast med 4-5 filtspikar. Spikarna spikas vid överkanten av utskärningen, inte vid överkanten av pannorna. Se Bild 11. Spiken skall vara så lång att den kommer lite igenom råspånten (RT 85–10894:6).

När första varvet är spikat skall nästa varv placeras så att de överlappar föregående rad så att spikarna blir täckta, se Bild 11(RT 85–10894:6).

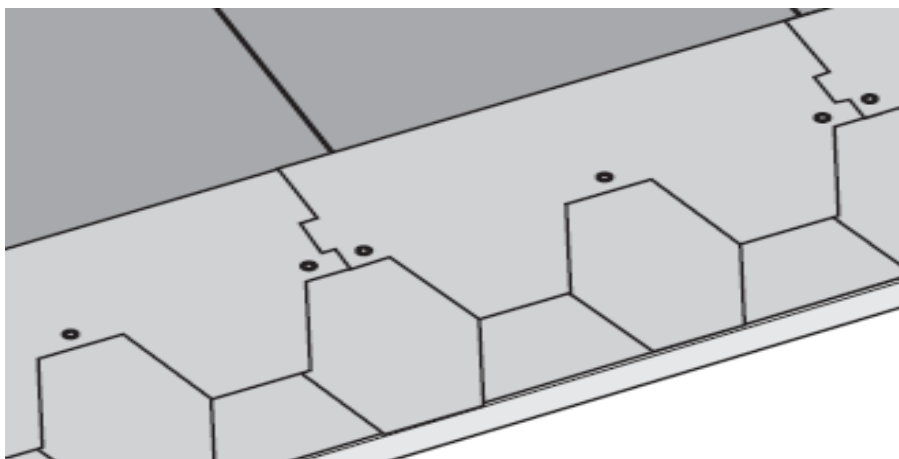


Bild 11 Bild av montering av bitumenpannor och hur de skall spikas (RT 85–10894:10)

3.3.2 Svetsbar filt

Svetsbar filt lämpar sig väl till flacka tak, med flacka tak avses sådana tak som har en lutning på mindre än 1:10 (RT 85–10799:3).

När man använder svetsbar filt skall underlaget vara av råspont eller byggnadsskivor. Råsponten som man använder får vara högst 95 mm bred och minst 20 mm tjock. Om avståndet mellan takbalkarna är 600 mm skall tjockleken på råsponten vara 20 mm, 23 mm om avståndet är 900 mm och 23 mm – 28 mm då avståndet är 1200 mm (RT 85–10851:2).

Byggnadsskivorna kan vara gjorda av t.ex. barrträ, tjockleken på skivorna bestäms efter avståndet mellan takbalkarna. 12 mm tjocka skivor är passliga då avståndet är 600 mm, om avståndet är 900 mm skall en 18 mm tjock skiva användas och vid avstånd på 1200 mm behövs en 21 mm tjock skiva (RT 85–10851:2,3).

Man kan även montera filten ovan gammal filt. Utanpå underlaget monteras en underlagsfilt som skall limmas i kanterna och punktfästas. Det är viktigt att se till att underlaget är rent och torrt, allt skräp och stenar m.m. skall sopas bort (RT 85–10851:7).

Svetsning av filten bör göras av en yrkesman som har de kunskaper som behövs.



Bild 12 Svetsning av bitumenfilt (RT 85- 10799:10).

3.3.3 Underhåll och reparation

För att filttak skall hålls i bra skick bör de hållas rena. Beroende på omgivningen, främst beroende på hur nära det finns träd, bör filttak putsas 1-2 gånger per år. Då man putsar taket skall man samtidigt granska dess skick och göra små reparationer som tätning av fogar och lappa eventuella fel som kan ha uppstått (Keppo 2002:59).

Med tiden börjar filttak se slitna ut, bland annat för att färgen slits och blir matt av solen. Filttakens yta kan beläggas med en speciell, för detta ändamål tillverkad, strykbar ytbeläggning. På detta sätt förlänger man livslängden betydligt. Utanpå ett slutslitet, men helt, filttak kan man montera ett nytt ytskikt direkt. Man skall bara granska att den gamla filten är hel och ren (Keppo 2002:59).

3.4 Tegeltak

I Finland används det två olika sorters tegelpannor, lerpannor och betongpannor. Om man väljer att använda tegelpannor då man bygger eller sanerar sitt hus är det viktigt att beakta pannornas vikt då man dimensionerar de bärande konstruktionerna, eftersom tegeltak blir tunga i jämförelse med plåt- eller filttak. Tegelpannor varierar i vikt från 30 kg/m² upp till 60 kg/m², men det är viktigt att kontrollera den exakta vikten med leverantören. Tillsammans fungerar tegelpannorna och undertaket som vattentak (RT 85–10847:3).

3.4.1 Lertegelpannor

Lertegelpannor är lera som man formar till den form man önskar, varefter pannorna bränns i en ca 1000°C het ugn. Pannornas färg varierar beroende på sammansättning och bränning (RT 85–10847:1).

Det finns många olika sorters modeller av lertegel, bland annat en- och tvåkupiga pannor, munknunnepannor, panntegel etc. Pannornas vikt varierar mycket beroende på modellen. I allmänhet ligger pannornas vikt på 30 kg/m²-45 kg/m², men munknunnepannor kan väga upp till 50 kg/m²-65 kg/m² (RT 85–10847:3).

Minsta rekommenderade taklutningen för lerpennor är 1:4, men en- och tvåkupiga tegel och panntegel som inte har en ränna i kanten lämpar sig för tak med lutningar som är 1:3 eller brantare (RT 85–10847:3).

Som undertak för tegelpannor kan man använda underlagspapp som lämpar sig för detta ändamål, råspåntade bräden med bitumenfilt eller byggnadsskiva med bitumenfilt. Att använda råspont eller byggnadsskiva med bitumenfilt som undertak rekommenderas starkt till alla tegeltak. Speciellt behövs detta när man använder sig av tegel som inte har vattenränna i kanten eller till tak vars lutning är mindre än 1:3. Undertakets livslängd skall motsvara vattentakets livslängd (RT 85–10847:3).

För att ventilerat taket skall man på underlagspapp spika en ventilationsribba som är t.ex. 22 mm * 50 mm längs varje takbalk, ribbans minsta tillåtna höjd är 22 mm. Om undertaket är lagat av råspont och bitumenfilt skall man använda en ventilationsribba som är 25 mm * 50 mm som monteras med c/c 600 mm mellanrum (RT 85–10847:3).

Tegelpannornas läkt monteras enligt tegeltillverkarens direktiv och på ett sådant sätt att man undviker att behöva skära pannorna. Avstånden mellan varje underslag skall vara jämnt fördelat. Det första underslaget, det lägsta, skall vara trävirke som är minst 50 mm * 75 mm. Det första underslaget skall vara 15 mm – 20 mm högre de övriga underslagen. Läktens dimensioner varierar beroende på avståndet mellan takbalkarna, om avståndet mellan balkarna är 600 mm passar bräden som är 22 mm höga och 100 mm breda, om avståndet är 900 mm passar bräden med dimensionen 50 mm * 50 mm och vid 1200 mm används bräden som är 50 mm * 75 mm. Virkets hållfasthetsklass skall vara av C18 (RT 85–10847:3).

Utrymmet mellan isoleringen och undertaket skall vara minst 100 mm, för att säkra en tillräcklig ventilation. Om taket i fråga har en kallvind skall ventileringen planeras så att luften utan hinder kommer ut på vinden och därifrån ventileras bort. Utrymmet mellan isoleringen och undertaket i ett valmat tak, skall ventileras genom en skarv som lämnas i undertaket vid åsen. Ventileringen kan även skötas med ventileringsstegel, ventil eller undertrycksfläkt (RT 85–10847:3).

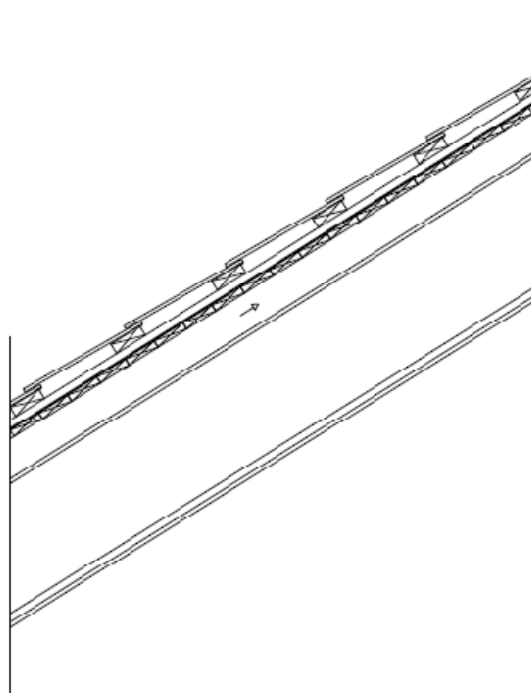
Innan man börjar placera takteglén på plats skall man granska takets korsmått. När man granskat att allt är i ordning börjar man placera ut hela första tegelraden från höger till vänster, varefter man skall lägga ut den första lodräta tegelraden ända upp till åsen. När den vågräta och lodräta tegelraden är utplacerade, börjar man lägga ut teglen så att man lägger ut en lodrät rad ända upp till åsen i taget från höger till vänster tills taket är täckt (RT 85–10847:4).

Om takets lutning är flackare än 1:1 skall teglen fästas med spik vid den första tegelraden, båda gavelraderna, teglen bredvid inner- och yttergirar och teglen runt genomföringar i taket (RT 85–10847:4).

När takets lutning är mellan 1:1 – 2:1 skall teglen, utöver det tidigare nämnda, även fästas vid vart 2-6 tegel beroende på takets lutning, men man bör även beakta hur mycket det blåser på tomten ifråga (RT 85–10847:4).

Om taket är brantare än 2:1 skall alla tegel fästas. För att fästa teglen skall man använda 75 mm - 100 mm lång varmförsinkad spik eller tegelankare enligt de direktiv som tillverkaren ger (RT 85–10847:4).

Takteglen kan vid behov bearbetas med en vinkelslipmaskin som har en diamantkapskiva och håll kan göras med en bormaskin med en stenborr (RT 85–10847:4).



*Bild 13 Skärning av ett tegeltak. Utifrån in, 1) taktegel, 2) glesbrädning 22*100 mm c/c 35 mm, 3) ribba 22*50 mm, 4) underlags bitumenfilt, 5) helbrädning 6) ventilationsspalt 100 mm, 7) vindskyddsskiva 12 mm, 8) takbalkar och isolering, 9) glesbrädning 22 mm, 10) ytbeläggning*

3.4.2 Betongtegelpannor

Betongtegel tillverkas av en betongmassa som är genomfärgad och i tillverkningskedet får teglen en ytbeläggning som kan bestå av en blandning av till exempel cement, stenmaterial, vatten och metalloxid. Betongpannor finns vanligen som svarta, röda, gråa och bruna, olika tillverkare har dessutom andra specialfärger (RT 85–10848:2).

Olika betongtegelpannor som finns är: normaltegelpannor, enkupiga, platta tegel, åstegel, åstegel för att börja och sluta med, y- åstegel, gavelkant tegel och gaveltegel. Betongtegel pannor har färdigt borrarade håll för fästningsspik. Betongteglens längd varierar från 410 mm till 430 mm och bredden varierar från 325 mm till 330 mm. Tegelpannornas vikt varierar från 4,0 kg till 5,1 kg per panna. Betongpannorna väger mellan 35 kg/m² till 50 kg/m² (RT 85–10848:2).

Betongpannor lämpar sig för tak med en lutning på 1:4 eller mera, men den minsta rekommenderade lutningen bör vara 1:5. För tak som är flackare än 1:4 rekommenderas att undertaket lagas med helbrädning eller skivor och bitumfilt (RT 85–10848:2).

När betongpannor används skall man bygga ett undertak. Som undertak kan man använda sig av underlagspapp som är tillverkat för detta ändamål, råspånt eller byggnadsskiva som täcks med bitumenfilt. Undertakets livslängd skall motsvara den livslängd som ställs för vattentaket (RT 85–10848:3).

Utanpå undertaket monteras en luftningsribba längs takbalkarna, ribbmått kan vara 22 mm * 50 mm (RT 85–10848:3).

Som läkt passar bräden som är 22 mm * 100 mm om avståndet mellan takbalkarna är 600 mm, om avståndet mellan balkarna är 900 mm skall man använda virke som är 50 mm * 50 mm och 50 mm * 75 mm om avståndet är 1200 mm. Den första läktraden bör vara av minst 50 mm * 75 mm och den bör vara 15 mm – 20 mm högre än den övriga läkten. Den första läktraden bör monteras 350 mm till 360 mm från hängbrädets yttre kant. Det största tillåtna avståndet mellan läkten är 370 mm, läkten skall dock delas upp jämnt från den andra raden till den sista. Den sista läktraden skall lämnas 25 mm till 40 mm från åsen (RT 85–10848:3).

Ventileringen bör skötas så att luften kan löpa utan hinder. Mellan undertaket och isoleringen bör det finnas ett ventilationsutrymme på 100 mm för att försäkra en tillräcklig ventilation (RT 85–10848:3).

När man börjar montera tegelpannorna skall man lyfta upp lämpligt stora knippor tegel på taket. Knipporna med tegel placeras jämnt över hela taket. Lämpligt tätt med knippor är 1-1,5 m från varandra på varannan läktrad (Keppo 2002:37).

Man skall börja montera teglen vid den nedersta läktraden från höger till vänster, sedan skall man granska att teglen kan monteras utan att de behöver bearbetas innan man spikar fast raden. Innan raden är spikad är det lätt att flytta på raden. När man är nöjd med placeringen skall teglen spikas fast med 75 mm lång varmförzinkad spik. När man spikar fast teglen skall man vara försiktig, eftersom teglen lätt kan spricka. Om spikhålet inte är öppet, kan det öppnas med en 5 mm:s hårdmetallborr. När man har första raden klar fortsätter man montera resten av teglen från höger till vänster tills taket är täckt. Förutom den första raden skall även den sista raden, teglen runt genomförningar och teglen vid kanter av girar spikas fast (Keppo 2002:37–38).

Om takets lutning är mellan 1:1 och 2:1 skall, utöver det tidigare nämnda, vartannat till vart sjätte tegel spikas. Om takets lutning är brantare än 2:1 skall alla tegelpannor spikas fast (RT 85–10848:3).

3.4.3 Tegelpannor på gammalt tak

Tegelpannor, betong- och lertegelpannor, kan monteras på de flesta gamla tak, förutsatt att underlaget och konstruktioner först granskas. Eftersom ett tegeltak är betydligt tyngre än de flesta andra taken bör man anlita en expert, konstruktör, och höra hans åsikter om ifall den gamla takkonstruktionen klarar av den extra vikten (Keppo 2002:40).

Om det gamla taket är ett filttak kan man bygga det nya taket rakt utanpå utan att ta bort den gamla filten. Den gamla filten fungerar som undertak för tegelpannorna om den är hel. Utanpå filten skall man montera lodräta ribbor så att ventilationen fungerar, sedan monterar man läkten på samma sätt som man skulle göra då man lagar ett nytt tak (Keppo 2002:40).

Ett gammalt maskinfalsat tak kan, liksom filttak, lämnas under tegeltaket och det fungerar också som undertak om det är helt. Utanpå plåten skall man först montera lodräta ribbor som är lite högre än plåtens lodräta fogar. På ribborna monterar man fast läkt som vanligt (Keppo 2002:40).

Ett gammalt tegeltak kan bytas ut till ett nytt, förutsatt att den gamla läkten är tillräckligt kraftig och indelningen passar för de nya tegelpannorna. De gamla teglen skall lyftas bort (Keppo 2002:40).

På gamla plåttak, fibercement- och fiberbitumskivor kan man montera tegelpannor genom att man river det gamla vattentaket och läkten. Undertakets skick skall granskas och om det inte finns undertak från tidigare skall det byggas till innan den nya läkten monteras (Keppo 2002:40).

3.4.4 Underhåll och reparation

Underhåll av tegeltak görs främst genom att hålla taken rena. Putsning av taket är skäl att göra en till två gånger per år beroende på omgivningen. Putsningen är bäst att göra på hösten och våren (Keppo 2002:40).

När man putsar taken lönar det sig att granska teglens skick på samma gång. Speciellt efter vintern eller efter stormar kan något tegel vara brutet. Om fallet är så, skall det söndriga teglet bytas ut till ett nytt. Girar skall också granskas så att de är rena och fungerar som de skall. På tegeltak börjar det lätt växa mossa med tiden och detta lönar det sig att putsa bort i tid (Keppo 2002:40).

Med åren blir teglen både smutsiga och matta. Tegel går att måla på nytt med den ursprungliga färgen, rätt sorts färg och nyans får man lättast genom att fråga tegeltillverkaren (Keppo 2002:40).

4 Ventilation

Ur kapitel 3 som beskriver tak och deras konstruktioner, framgår det att plåt-, filt- och tegeltak kräver att det finns en ventilationsspalt mellan undertaket och isoleringsmaterialet. Ventilationsspalten skall för dessa tak vara minst 100 mm. Luften skall kunna löpa oförhindrat i ventilationspalten och ventileras ut vid takets täcka, men även vid takåsen. Ventileringen vid åsen kan skötas så att luften kommer ut i vinden och ventileras ut med ventiler i byggnadens gavelväggar, men om taket är snett hela vägen upp till åsen bör taket ventileras med takventiler som monteras på taket med 5-6 meters mellan rum.

5 Isolering

I detta kapitel tas upp vad isoleringskraven för nya byggnader är enligt Finlands byggbestämmelsesamling, del C3, som trädde ikraft 01.01.2010 och hur värmegenomgångskoefficienten (U) skall beräknas enligt Finlands byggbestämmelsesamling, del C4, utkast 28.09.2010, som kommer att träda i kraft 01.01.2012.

I kapitlet undersöks även olika isoleringsmaterial och vilken mängd det krävs av de respektive materialen för att uppnå det krav som ställs, hur de olika isoleringsmaterialen skall förvaras och monteras. Jag tar även upp vilka/vilket isoleringsmaterial och mängden isolering som krävs för att saneringsobjektet skall nå upp till de krav som ställs på nya byggnader.

5.1 Bestämmelser

Bestämmelserna i Finlands byggbestämmelsesamling, del C3, gäller nya byggnader som använder energi till uppvärmning och eventuell nedkylning för att uppnå en ändamålsenlig innertemperatur. Bestämmelserna gäller dock inte:

- *Industribyggnader vars produktionsprocess avger så mycket värmeenergi att byggnaden hålls varm utan annan uppvärmning*
- *Fritidsbostäder, förutom byggnader som bebos året om eller på vintern*
- *Växthus, bombskydd eller liknande byggnader*

Med varma utrymmen menas sådana utrymmen som har en temperatur på $+17\text{ }^{\circ}\text{C}$ eller högre under perioder då utrymmet uppvärms (Finlands byggbestämmelsesamling, C3 2010:3).

Till byggnadens klimatskal hör väggar, över- och underbjälklag. Dessa byggnadsdelars värmegenomgångskoefficient U får högst vara $0,60\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. För fönster i varma utrymmen gäller $U\ 1,8\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (Finlands byggbestämmelsesamling, C3, 2010:6).

För att beräkna byggnadens totala värmeförlust enligt Finlands byggbestämmelsesamling, del D3 (2010), används följande riktvärde som byggnadsdelarnas värmegenomgångskoefficient U :

- *Vägg, $0,17\text{ W}/\text{m}^2\text{K}$*
- *Stockvägg (tjocklek $\geq 180\text{ mm}$), $0,40\text{ W}/\text{m}^2\text{K}$*
- *Vindsbjälklag och bottenbjälklag som gränsar mot uteluften, $0,09\text{ W}/\text{m}^2\text{K}$*
- *Bottenbjälklag med krypgrund
(ventilationshålens mängd max 8 % av bjälklaget area), $0,17\text{ W}/\text{m}^2\text{K}$*
- *Mot mark liggande byggnadsdel, $0,16\text{ W}/\text{m}^2\text{K}$*
- *Fönster, takfönster, dörrar, $1,0\text{ W}/\text{m}^2\text{K}$*

(Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:7).

5.2 Beräkning av U - värde

När man beräknar värmegenomgångskoefficienten U -värde för en byggnadsdel, skall man beakta de enskilda materialens värmeledningsförmåga λ_U och materialsiktens tjocklek. λ_U motsvarar λ_d som tidigare använts (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:5).

5.2.1 Värmemotstånd R_T

Det enskilda materialskiktets värmemotstånd R ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$) kan beräknas med ekvation (1):

$$R = \frac{d}{\lambda_U} \quad (1)$$

I ekvation (1) betecknar R det enskilda materialskiktets värmemotstånd, d är materialskiktets tjocklek (m) och λ_U ($\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$) är materialets dimensionerande värmeledningsförmåga (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:5).

Om byggnadsdelens olika materialskikt är jämntjocka, av samma material och värmetransporten sker vinkelrät mot byggnadsdelen, kan hela byggnadsdelens värmemotstånd R_T beräknas med ekvation (2):

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + \dots R_n + R_{se} \quad (2)$$

R_1 , R_2 etc. är de olika skiktens värmemotstånd. R_{si} är innerytans värmeövergångsmotstånd och R_{se} är ytterytans värmeövergångsmotstånd (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:5).

Värdena för R_{si} och R_{se} är följande:

Tabell 1 Värden för R_{si} och R_{se} .

Motstånd	Värmeflödets riktning		
$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$	Uppåt	Horisontellt	Neråt
$R_{si} =$	0,10	0,13	0,17
$R_{se} =$	0,4	0,4	0,4

(Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:23).

Ventilationsspalten i överbjälklag kan ses som ett termiskt homogent skikt, vars värmemotstånd fås ur tabell 2 (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:25).

Tabell 2 Takets ventilationsspalts värmemotstånd R_{iv} .

Taktyp	Värmemotstånd
1. Tegeltak, plåttak eller liknande med underlagspapp	0,2
2. Som punkt 1 men underlagspappets under yta av aluminium	0,3
3. Täta filttak eller liknande vattentak	0,3

(Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:25).

Om byggnadsdelen är uppbyggd så att ett materialskikt är inhomogent, alltså består av flera material med olika värmeledningsförmåga λ_U i bredd, skall man beräkna en under- och överapproximation för byggnadsdelen. Totalvärmemotståndet R_T får man av dessa värdenas medeltal $R_T = (R_T' + R_T'')/2$ (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:6).

Skillnaden mellan de olika materialens dimensionerande värmeledningsvärde λ_U i materialskiktet, får inte vara mera än femfaldig. Om materialens värmeledningsförmåga är mera än femfaldig i förhållande till varandra, skall inte värmemotståndet beräknas enligt under- och överapproximation. I detta fall skall det material som har bättre värmeledningsförmåga och dess del av konstruktionen beaktas som en köldbrygga. (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:6).

5.2.2 Överapproximation R_T □

Det totala värmemotståndets överapproximation R_T □ beräknas med ekvation (3):

$$\frac{1}{R_T'} = \frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}} + \dots + \frac{f_n}{R_{Tn}} \quad (3)$$

I ekvation (3) betecknar $f_a, f_b - f_n$ de olika materialens andel av det inhomogena materialskiktets hela area. $R_{Ta}, R_{Tb}, - R_{Tn}$ är materialskiktens värmemotstånd för de olika delområdena av den totala arean, exempelvis;

$$R_{Ta} = R_{si} + R_{a1} + R_{a2} + \dots + R_{an} + R_{se}$$

R_{a1} , R_{a2} , till R_{an} är de olika materialskiktens värmemotstånd för delområdet a . R_{si} är innerytans värmeövergångsmotstånd och R_{se} är ytterytans värmeövergångsmotstånd (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:6).

5.2.3 Underapproximation R_T '

De olika materialen i det inhomogena materialskikt j :s värmemotstånds underapproximation, beräknas enligt ekvation (4):

$$\frac{1}{R_j} = \frac{f_a}{R_{aj}} + \frac{f_b}{R_{Tbj}} + \dots + \frac{f_n}{R_{nj}} \quad (4)$$

I ekvation (4) är f_a , f_b , till f_n de olika materialens andel av det inhomogena materialskiktets totala yta. R_{aj} , R_{bj} , R_{nj} , är värmemotståndet för respektive delområden i det inhomogena materialskiktet. $R_{aj} = d_j/\lambda_{aj}$, $R_{bj} = d_j/\lambda_{bj}$ och $R_{nj} = d_j/\lambda_{nj}$, $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:6).

Byggnadsdelens totala värmemotstånds underapproximation R_T ' beräknas enligt ekvation (5):

$$R_T'' = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + \sum R + R_{se} \quad (5)$$

R_1 , R_2 , - R_n är materialskiktens, som består av olika material, värmemotstånd som beräknas enligt ekvation (4), $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$. $\sum R$ är summan av värmemotståndet för de homogena materialskikten. R_{si} är innerytans värmeövergångsmotstånd och R_{se} är ytterytans värmeövergångsmotstånd (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:6).

Efter att hela byggnadsdelens värmemotstånd R_T är känt, kan byggnadsdelens värmeegenomgångskoefficient U beräknas enligt ekvation (6):

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (6)$$

Värmeegenomgångskoefficienten U ($\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$), definieras som inversen av byggnadsdelens totala värmemotstånd (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:15).

5.2.4 Korrigering av (U) - värdet

Enlig Finlands byggbestämmelsesamling, del C4, utkast 28.09.2010, skall man beräkna en korrigerad värmegenomgångskoefficient U_C genom att använda korrigeringstermen ΔU . U_C är den slutliga värmegenomgångskoefficienten som används. Den korrigerade värmegenomgångskoefficienten U_C beräknas enligt följande ekvation (4):

$$U_C = U + \Delta U \quad (7)$$

I ekvation (7) är U_C (W/(m²K)) den korrigerade värmegenomgångskoefficienten, U (W/(m²K)) är den tidigare uträknade värmegenomgångskoefficienten och ΔU (W/m²K)) är korrigeringstermen (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:7).

Korrigeringstermen ΔU beräknas enligt ekvation (8):

$$\Delta U = \Delta U_\psi + \Delta U_f + \Delta U_g + \Delta U_a + \Delta U_r \quad (8)$$

- ΔU_ψ = korrigeringsterm för linjeformiga köldbryggor
- ΔU_f = korrigeringsterm för punktformiga köldbryggor
- ΔU_g = korrigeringsterm för luftspringor och icke idealisk montering av isoleringen
- ΔU_a = korrigeringsterm för luftens genomträngning i isoleringen
- ΔU_r = korrigeringsterm för svängda tak.

Om den totala korrigeringen ΔU är mindre än 3 % av den beräknade värmegenomgångskoefficienten U , behöver inte korrigeringarna beaktas (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:7).

5.2.5 Köldbryggor

Om en del i en konstruktion har en mera än femfaldig värmeledningsförmåga jämfört med de övriga delarna, skall denna del beaktas som en köldbrygga (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:7).

Regelbundna köldbryggor som förekommer i byggnadsdelar kan bland annat vara: balkar, festsättningsdelar och/eller olika upphängningar (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:7).

Fogar mellan bjälklag och väggar, väggarnas knutar eller andra enskilda betydande köldbryggor beaktas som oregelbundna. De oregelbundna köldbryggorna beaktas inte i beräkningen av byggnadsdelens värmegenomgångskoefficient, utan beaktas senare då byggnadens totala värmeförlust beräknas (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:7).

Korrigerings termen ΔU_{ψ} som beaktar de linjeformade regelbundna köldbryggornas inverkan på byggnadsdelens värmegenomgångskoefficient, kan beräknas med ekvation (9):

$$\Delta U_{\psi} = \sum \Psi_k \left(\frac{l_k}{A} \right) \quad (9)$$

I ekvation (9) betecknar Ψ_k den linjeformiga tilläggs-konduktansen från de sinsemellan lika linjeformiga köldbryggorna k (W/(mK)). Den totala längden för köldbryggorna betecknas l_k (m) och A är byggnadsdelens totala area (m²) (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:8).

De punktformade köldbryggornas inverkan på byggnadsdelens värmegenomgångskoefficient kan beräknas med ekvation (10):

$$\Delta U_f = \sum X_j \left(\frac{n_j}{A} \right) \quad (10)$$

I ekvation (10) betecknar X_j de sinsemellan likadana punktformiga köldbryggornas j tilläggs-konduktans (W/K). Antalet punktformiga köldbryggor betecknas n_j och byggnadsdelens area med A (m²).

Tilläggs-konduktansen (Ψ_k och X_j) för de olika köldbryggorna beräknas med en lämplig metod eller bestäms genom experiment (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:8).

5.2.6 Luftspringor i isoleringsmaterialen

I isoleringsmaterialens dimensionerande värde för värmeledningsförmåga λ_U , beaktas varken luftströmmar, luftfickor, luftspalter eller icke ideala förhållandens inverkan. Dessa aspekters inverkan beaktas skilt i beräkningen av byggnadsdelens värmegenomgångskoefficient. Icke idealmontering och eventuella luftspringor i isoleringen beräknas med ekvation (11):

$$\Delta U_g = \Delta U'' \left(\frac{R_1}{R_{T,h}} \right)^2 \quad (11)$$

I ekvation (11) betecknar $\Delta U''$ (W/(m²K)) luftspringornas korrigeringsterm. Materialskiktets, som innehåller eventuella luftspringor, värmemotstånd betecknas med R_1 (m²K/W). $R_{T,h}$ (m²K/W) är hela byggnadsdelens värmemotstånd, i vilken man inte beaktar eventuella köldbryggor (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:10).

Om inte exaktare värden för luftspringornas korrigeringsterm är känt så kan värdet tas ur tabell 3:

Tabell 3 Luftspringornas korrigeringsterm $\Delta U''$

Nivå	$\Delta U''$ W/(m ² K)	Beskrivningen av luftspringorna
0	0	Isoleringskiktet innehåller inte luftspringor eller bra obetydliga luftspringor som inte har märkbar inverkan på värmegenomgångskoefficienten.
1	0,01	I isoleringen finns luftspringor, men som inte orsakar lufttransport i isoleringen mellan den varma och den kalla sidan.
2	0,04	I isoleringen finns luftspringor, som orsakar lufttransport i isoleringen mellan den varma och kalla sidan.

(Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:10).

5.2.7 Luftens genomströmning i isoleringsmaterialet

Den luftströmning som sker i isoleringen och som inverkar på byggnadsdelens värmegenomgångskoefficient, kan uppskattas med hjälp av ett modifierat Rayleigh-tal som kan beräknas med ekvation (12):

$$Ra_m = 3 \cdot 10^6 \cdot \frac{d \cdot k_a \cdot \eta_a \cdot \Delta T}{\lambda_U} \quad (12)$$

I ekvation (12) betecknar d (m) det enhetliga materialskiktets tjocklek i m, k_a (m³/(m s Pa)) betecknar isoleringsmaterialets luftgenomtränglighet, η_a betecknar luftens dynamiska viskositet (0,017*10⁻³ N s/m² då luftens temperatur är 0°C), ΔT är temperaturskillnaden mellan isoleringskiktets inner- och ytteryta i Kelvin (K) och λ_U (W/(m²K)) är

isoleringsmaterialets värmeledningsförmåga (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:11).

Från tabell 3 får man gränsvärden för det modifierade Rayleigh-talet. Värdena från tabellen gäller tak- och väggkonstruktioner.

Tabell 4 Det modifierade Rayleigh talets gränsvärden.

Värmeflödets riktning	Ra_m
Horisontellt	2,5
Uppåt, isoleringens övre yta öppen	15
Uppåt, isoleringens övre yta vindskyddad	30

(Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:11).

Om de värden som beräknas enligt ekvation (12) inte överskrider de gränsvärden som finns i tabell 4, behöver man inte enskilt beakta den naturliga konvektionen. Om gränsvärdena i tabell 4 överskrids, bör den naturliga konvektionens inverkan på byggnadens värmeförlust beaktas. Detta beaktas med korrigeringstermen ΔU_a (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:11).

För lutande tak- och väggkonstruktioner kan det modifierade Rayleigh-talet bedömas enligt interpolering av $\cos \theta$. θ är byggnadsdelens lutningsvinkel. Den horisontala lutningsvinkeln är 0° (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:11).

Om luftgenomträngligheten för isoleringsmaterialet inte är känt, men det enhetliga materialskiktets tjocklek i horisontella konstruktioner är större än 300 mm eller större än 150 mm för lodräta konstruktioner, använder man värdet 0,01 för ΔU_a ($W/(m^2K)$) (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:11).

Om den naturliga konvektionen har beaktats i isoleringsmaterialets dimensionerande värde för dess värmeledningsförmåga, behöver inte korrigeringstermerna ΔU_g och ΔU_a beaktas. Om en byggnad tilläggsisolerar eller den gamla isoleringen ersätts med ny isolering, bör korrigeringstermernas ΔU_g och ΔU_a inverkan på det nya isoleringsskiktet beaktas (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:11–12).

Man bör försöka eliminera luftflöde i isoleringsskikt genom noggrann montering, övervakning av isoleringsjobbet och genom att åtgärda konstruktionerna vid behov. Luftflöde i isoleringen försämrar inte bara isoleringens isoleringsförmåga, utan kan även

leda till fuktskador i konstruktionerna (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:12).

5.2.8 Svängda tak

Svängda tak är sådana där isoleringen är monterad ovanpå fuktspärren. Detta leder till att regn orsakar väta i isoleringsmaterialet. Korrigeringstillägget beskriver regnvattnets flöde i isoleringsmaterialet. I detta fall beräknas korrigeringstermen ΔU_r med ekvation (13):

$$\Delta U_r = p \cdot f \cdot x \cdot \left(\frac{R_I}{R_T} \right)^2 \quad (13)$$

I ekvation (13) är p (mm/dygn) uppvärmningsperiodens genomsnittliga regnintensitet för den kommun där byggnaden finns. Korrigeringstermen för andelen regnvatten som stiger till ytan av isoleringen betecknas med f . Den ökade värmeförlusten som orsakas av regnvattnets flöde till ytan av isoleringen, betecknas med korrigeringstermen x (W dygn/(m² K mm)). R_I (m² K/W) betecknar värmemotståndet för det isoleringsskikt som ligger ovanpå fuktspärren. R_T (m² K/W) är byggnadsdelens värmemotstånd utan korrigeringar (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:12).

Det största korrigeringstillägget för svängda tak får man för sådana konstruktioner som har ett isoleringsskikt ovanpå vattenisoleringen, med skarvar som är monterade rakt mot varandra, alltså utan falsar. Isoleringsmaterialet är sedan täckt med till exempel grusbeläggning. För konstruktioner som är förverkligade på detta sätt, kan man använda den kombinerade korrigeringstermen $f \cdot x$ värde 0,4 (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:12).

Även i andra konstruktioner där isoleringens fukthalt är högre än 40-60 procent, bör den förhöjda fuktens inverkan beaktas. I sådana fall görs korrigeringen av värmeledningsförmågan enligt de anmälda påvisningarna i EN-standarderna (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:12).

5.3 Värmeisoleringens planering och isolering

5.3.1 Planering av värmeisolering

De isoleringsmaterial man väljer att använda skall uppfylla de krav som ställs samt vara lämpade för ändamålet. Isoleringsmaterialen skall kunna behålla sina egenskaper under byggnadens livslängd. Vid planering av isoleringen skall det finnas tillräckligt med information om isoleringsmaterialen, om isoleringens uppbyggnad, mått och vid behov information om isoleringsarbetet. Denna information skall finnas för att man skall kunna granska att byggnadsdelen uppfyller de krav som ställs (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:13).

De belastningar som isoleringen utsätts för, både under byggnadsskedet och i byggnadens användning, skall beaktas då val av isoleringsmaterial görs. Man ska även ta i beaktande hur isoleringen skall skyddas. När isoleringen dimensioneras bör man uppmärksamma eventuella permanenta förändringar i isoleringens egenskaper och i utrymmet, som är oundvikliga men godtagbara (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:13).

I planerna skall det avsedda isoleringsmaterialet specificeras eller så skall de egenskaper som krävs av isoleringsmaterialet uppges. När utrymmen som skall isoleras i konstruktionen planeras bör man sträva efter sådana lösningar att arbetsmetoden lämpar sig för det valda isoleringsmaterialet. I svåra fall bör man ange arbetsmetoden. Om överbjälklag isoleras genom torrblåsning i öppna utrymmen, skall man beakta de förväntade sättningarna genom att bestämma den blåsta isoleringstjockleken till större än planerat (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:13).

5.3.2 Värmeisoleringens hantering, lagring och montering

På byggnadsplatsen skall man kontrollera att isoleringsmaterialet motsvarar de planer som finns, och att det är skyddat mot fukt och andra skador. Om isoleringsmaterialet avviker från planerna eller att man inte känner igen det, skall man klargöra om materialet kan användas och om kvaliteten överensstämmer med planerna (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:13).

Innan isoleringsarbetet påbörjas skall utrymmena granskas och fel och brister korrigeras. Montering av isoleringsmaterialen skall göras så noggrant att isoleringen fyller upp

utrymmet så felfritt som möjligt. Om isoleringsmaterialet monteras i flera skikt skall monteringen göras så att skarvar överlappas. Eventuella fel och brister skall korrigeras med samma eller motsvarande isoleringsmaterial (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:13).

Isoleringsarbeten bör planeras så att alla konstruktioner som skyddar isoleringsmaterialen är färdiga, eller att de kan kompletteras utan fördröjning direkt efter att isoleringen är gjord. Vid behov används tillfälligt skydd. När isoleringen är färdig får den inte belastas så att den skadas eller trycks ihop, vilket gör den tunnare än planerat. Öppna överbjälklag som isoleras genom torrblåsning, isoleras först när de konstruktioner som skyddar mot fukt och blåst är tillräckligt färdiga. Dessutom bör alla arbeten, som kräver vistelse i det utrymme som skall isoleras, vara färdiga. Tjockleken på det blåsta isoleringsmaterialet granskas genom mätning. Broar monteras i det isolerade utrymmet så att man kan rör sig i utrymmet senare om det behövs (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:13).

5.3.3 Skydd mot vind och luftströmmar

För att motverka okontrollerbart luftflöde genom isoleringsmaterialet krävs minst en ångspärr på ena sidan av isoleringsmaterialet. Ångspärren monteras oftast på isoleringsskiktets varma sida. Som ångspärr fungerar plastfilm, skivor eller någon form av stenkonstruktion. Även ett lufttätt isoleringsmaterial med täta fogar kan fungera som ångspärr. Ångspärren fungerar ofta även som byggnadens ångspärr mot innerluftens fuktåfrestningar (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:13–14).

Ångspärrens täthet bör beaktas noggrant. Detta innebär att alla fogar och genomföringar bör vara välplanerade, men även att tätningsarbete bör utföras noggrant och arbetet skall övervakas ordentligt på byggplatsen. Ångspärrens fogar bör tätas så att de håller hela byggnadens livstid (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:14).

Ångspärren bör vara så tät att den hindrar orenheter från att transporteras genom isoleringen till innerluften, samt att fukt kommer till konstruktionen. Dessutom ska ett ventilationssystem, som används planenligt, förmå skapa undertryck i byggnadens innerutrymmen och att de temperaturförhållanden som krävs enligt byggbestämmelsesamlingens del D2 uppnås (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:14).

Om vinden orsakar skadligt luftflöde, som har en negativ inverkan på byggnadens värme- och fukttekniska funktion, skall isoleringen skyddas med ett extra luftskydd. Vindskyddets luftgenomgångsvärde för högst vara $10 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ s Pa})$ (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:14).

Vindskyddet är ett täckande lager som är fast i isoleringen. I vindskyddet får det inte finnas hål eller skarvar som leder in till isoleringen. Fogar, kanter och knutar skall beaktas noggrant så de blir täta. Detta gäller även genomföringar och runt fönster och dörrar (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:14).

Om vindskyddet görs med skivor skall man sträva efter att skivorna skarvas på ett hårt underlag, till exempel mot en stolpe eller en balk. Klamrarna som skivorna fästs med, skall vara av så hög kvalitet att skivornas skarvar inte öppnas efter monteringen. Vindskyddsmaterial, såsom pappliknande material och dylikt, ska exempelvis tätas med överlappning eller genom att skarven blir mellan två hårda material (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:14).

5.4 Isoleringsmaterialen värmeledningsförmåga

5.4.1 Materialens dimensionerande värmeledningsförmåga och valmöjligheter

Som dimensionerande värde för materialens värmeledningsförmåga λ_U , för CE- märkta produkter, används det dimensionerande värde som presenteras i EN- standarder gällande värmeledningsförmåga, i tabell 5 angivna värden för värmeledningsförmåga eller genom något annat godkänt sätt bestämda värden för värmeledningsförmågan. I första hand skall de värden som är märkta med CE- märke användas, i andra hand tabellerade λ_U - värden och i sista hand sådana värden som är bestämda på andra sätt. Om det finns flera givna λ_U - värden för samma material, skall det värde som lämpar sig bäst för projektet i fråga användas (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:15).

De värden som anges i tabell 5, gällande isoleringsmaterialens värmeledningsförmåga, gäller under sedvanliga förhållanden i Finland. Värdena i tabell 5 motsvarar en medeltemperatur på 10°C och en relativ fukthalt på 40-60%. Värdena kan användas för att beräkna en byggnadsdels U_C -värde. Användning av λ_U -värdena kräver att materialet motsvarar de egenskaper som fås ur tabell 5 och att materialen används på ett ur

värmetekniskt perspektiv ändamålsenligt sätt (Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:15).

Tabell 5 *Materials värmeledningsförmåga.*

Byggnadsskivor	ρ , (J/(kg·K))	λ_U , (W/(m·K))
Gipsskiva	700	0,21
	900	0,25
Fibercementskiva	1100	0,25
	1500	0,30
Cementspånskiva	1200	0,23
Spånskiva	300	0,10
	600	0,14
	900	0,18
OSB-spånskiva	650	0,13
Träfiberskivor (även MDF-skivor)	250	0,07
	400	0,10
	600	0,14
	800	0,18
Faner	300	0,09
	500	0,13
	700	0,17
	100	0,24

(Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:20).

Tabell 6 *Materials värmeledningsförmåga.*

Material	Densitet ρ , (J/(kg·K))	Dimensionerande värmeledningsförmåga λ_U , (W/(m·K))
Isoleringsmaterial		
Mineralull, skiva och matta	10-200	0,045
Cellplastskiva, av expanderad polystyren	10-50	0,040
Cellplastspån, polystyren	10-20	0,070
Cellplastskiva, av strängsprutad polystyren, drivgas CFC 12 ⁽¹⁾	20-65	0,035
Annan drivgas	20-65	0,04
Cellplastskiva, polyuretan, drivgas CFC 11 ⁽¹⁾	28-55	0,030 ⁽²⁾
	28-55	0,024 ⁽³⁾
Drivgas pentan	28-55	0,033 ⁽²⁾
	28-55	0,030 ⁽³⁾
Cellglasskiva	100-150	0,065 ⁽⁴⁾
Lin, skiva och matta	30-50	0,04
Trällskivor	250-450	0,08
Korkskivor		
expanderade	150	0,045
	200	0,05
	400	0,065
Maskinblåst fiberisolering		
överbjälklag ⁽⁵⁾		
mineralull	15-60	0,055
träfiberisolering	20-60	0,055
I väggar		
träfiberisolering	35-50	0,045
Kutterspån		
löst	80	0,14
packat	120	0,08
Sågspån		
löst	120	0,12
packat	200	0,08
blandat med kutterspån, 1:1	140	0,07
¹⁾ CFC- produkter får inte tillverkas längre, men dessa produkter finns i gamla byggnader ²⁾ Isoleringen är expanderad och fyller ut hela utrymmet ³⁾ Isoleringsmaterialet har expanderat mellan metallskikt som minst 50 µm tjocka och är fastlimmat mot bägge skikten, över hela deras yta. ⁴⁾ Isoleringsskivorna är fogade med till exempel bitumen ⁵⁾ I värdet ingår hopsjunkning av isoleringsmaterialet		

(Finlands byggbestämmelsesamling, C4, utkast 28.09.2010:18).

6 Konstruktionsplanering enligt eurocode EN 1995-1-1

I detta kapitel tar jag upp vad som behövs för att dimensionera och beräkna träbalkar i vindsbjälklag, enligt eurocode EN 1995-1-1, vilka säkerhetsfaktorer som skall användas, vilka laster som belastar balkarna och olika värden som material har.

6.1 Krav

När hållfasthetsdimensionering av träkonstruktioner görs, skall man följa kraven ställda enligt standarden SFS-EN 1995 och dess nationella bilagor. Man kan också använda RIL 205-1-2009 ”Puurakenteiden suunnitteluohje” eller den förkortade versionen ”Puurakenteiden suunnitteluohje, Lyhennetty suunnitteluohje”. Dock bör man beakta att RIL:s utgåva är mera begränsad än motsvarande SFS-EN standarder, samt att planeringsdirektiven är förenklade, vilket leder till att dimensioneringen kommer att bli mer på säkra sidan jämfört med SFS-EN-standarderna. Samma gäller för den förkortade utgåvan av RIL jämfört med den fullständiga versionen (RIL 205-1-2009:23–24).

Bärande träkonstruktioner delas, enligt Finlands byggbestämmelsesamlings del A2, i fyra svårighetsklasser som benämns AA-, A-, B- och C-klass. Detta betyder att konstruktionsplaneraren bör ha tillräcklig kompetens för respektive klasser. Byggnadstillsynsmyndigheter bestämmer byggnadens svårighetsklass och planerarens kompetens var för sig, beroende på det enskilda byggnadsobjektet. Om ett byggnadsprojekt har flera konstruktionsplanerare, skall en av dem utses till ansvarig konstruktionsplanerare. Denna ansvarar för att alla enskilda planeringsdelar utgör en helhetlig konstruktion som uppfyller de krav som ställs (RIL 205-1-2009:23–24).

I byggnadsplaneringen skall det framgå byggnadsmaterialens kvalitet, som till exempel virkets hållfasthetsklass samt laster och fuktklass, men även mått och eventuella anvisningar gällande montering som behövs för byggnadsarbetet (RIL 205-1-2009:23–24).

6.2 Egenlaster

När man börjar beräkna balkars hållfasthet, skall man börja med att beräkna hur mycket vikt en balk skall klara av att bära. Området som en balk skall klara av att bära upp, är lika stort som mellanrummet mellan två balkar samt hela balkens längd. Denna area skall sedan multipliceras med lasten som belastar balken. Detta lastfall kallas punktlast och betecknas kN. Det andra lastfallet är att man beräknar hur mycket balken kan bära per meter, och då beräknas lasten så att bara områdets bredd multipliceras med lasten. Detta lastfall kallas linjelast och betecknas kN/m (RIL 205-1-2009:31–32).

Lasten som belastar en balk är givetvis balkens egenvikt, men även alla de andra material som byggnadsdelen är uppbyggd av. Dessa är till exempel takmaterialet, isoleringen, takpanel och vindskyddsskivor etc. (RIL 205-1-2009:31–32).

När man börjar beräkna egenvikterna skall man börja med att ta reda på hur mycket de olika materialen väger per kvadratmeter, varefter endast lasten multipliceras med området som balken belastas av (RIL 205-1-2009:31–32).

För torrt barrträ och byggnadsmaterial som tillverkas av detta genom limning, som till exempel limträ, faner eller fanerbalkar används $5,0 \text{ kN/m}^3$ som vikt. För andra material används den vikt som ges av tillverkaren (RIL 205-1-2009:31–32).

6.3 Snölast

I Finland skall förstås också snöns belastning på konstruktionerna beaktas. Den snömängd som finns på marken betecknas med s_k och varierar beroende på var i Finland man befinner sig.

För byggnader som befinner sig i sådan öppen miljö där det inte finns hög skog eller höga byggnader som skyddar mot vind reduceras snölasten med koefficienten $C_e = 0,8$. För tak vars kortsida är över 50 m skall ändå koefficienten C_e vara 1,0 (RIL 205-1-2009:33).



Bild 14 s_k -värden för snölast på mark (RIL 205-1-2009:33).

Snölasten som finns på taket beräknas med ekvation (14):

$$q_k = \mu_i \cdot s_k \quad (14)$$

I ekvation (14) betecknar μ_i snölastens differential som är beroende av takets lutning. Takens differentialefficients värde bestäms enligt bilderna 16 och 17. Om det finns snöstoppare på taket används minst 0,8 som värde för differentialefficienten (RIL 205-1-2009:33)

Differentialefficienterna μ_1 och μ_2 bestäms enligt tabell 7.

Tabell 7 *Snölastens differentialefficienter.*

Takets lutning α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8(60-\alpha)/30$	0
μ_2	$0,8 + 0,8 \alpha/30$	1,6	1,6

(RIL 201-1-2008:95).

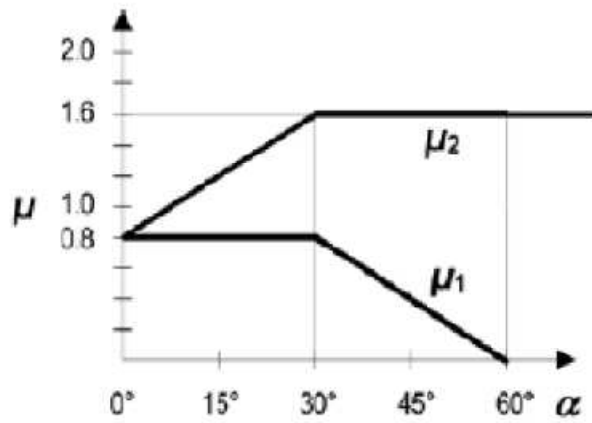


Bild 15 Snölastens differential koefficient (RIL 205-1-2009:35).

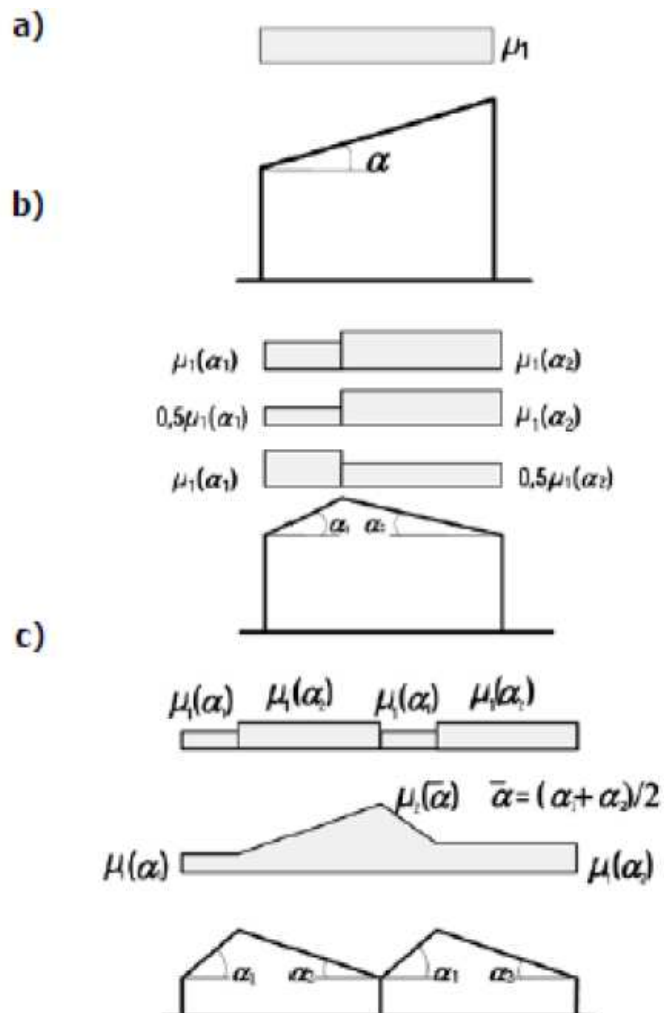


Bild 16 Snölasternas differentialkoefficienter för a) pulpettak, b) åstak, c) sågtak (RIL 205-1-2009:34).

Om taket står emot en högre byggnad eller taken är i olika plan, skall man beakta drivning som orsakas av vinden och snö som faller från överliggande tak. Snö som faller från överliggande plan betecknas med μ_s och drivning som orsakas av vinden med μ_w . Den totala snölasten differentialkoefficients värde för det underliggande taket betecknas med μ_2 . Värdet för μ_2 beräknas enligt ekvation (15):

$$\mu_2 = \mu_s + \mu_w \quad (15)$$

Differentialkoefficienten som orsakas av att snö faller från ett överliggande tak, beror på det överliggande takets lutning α på följande sätt:

När $\alpha \leq 15^\circ$, $\mu_s = 0$ och när $\alpha \geq 15^\circ$, $\mu_s = (\mu_1 \cdot b_y) / l_s$

μ_1 är det överliggande takets snölasts differentialkoefficient, l_s är drivningens längd och b_y är det överliggande takets ena sidas längd.

Differentialkoefficienten μ_w som förorsakas av vind bestäms av ekvation (16):

μ_w är lika med det minsta värdet av följande beräkningar:

- $(b_1 + b_2) / 2h$
 - $(\gamma \cdot h) / s_k$
 - 2,5
- (16)

μ_w värde är dock minst $\geq 0,8$.

Värdena för b_1 , b_2 och h fås från bild 17, s_k betecknar snömängden och kan avläsas från bild 15. γ är snöns densitet för vilket värdet 2 kN/m^3 kan användas. Om det underliggande takets area är $\leq 6 \text{ m}^2$, kan övergränsvärdet $\mu_{w,max} = 2,5$ minskas enligt de direktiv som angivs i RIL 201-1-2008 och SFS-EN 1991-1-3:s nationella bilaga.

Snöns drivningslängd $l_s = 2h$, begränsar dock drivningslängden till $2 \text{ m} \leq l_s \leq 6 \text{ m}$. Om b_2 är mindre än drivningslängden l_s bestäms differentialkoefficienten genom interpolering enligt det sätt som beskrivs på bild 18 (RIL 205-1-2009:37).

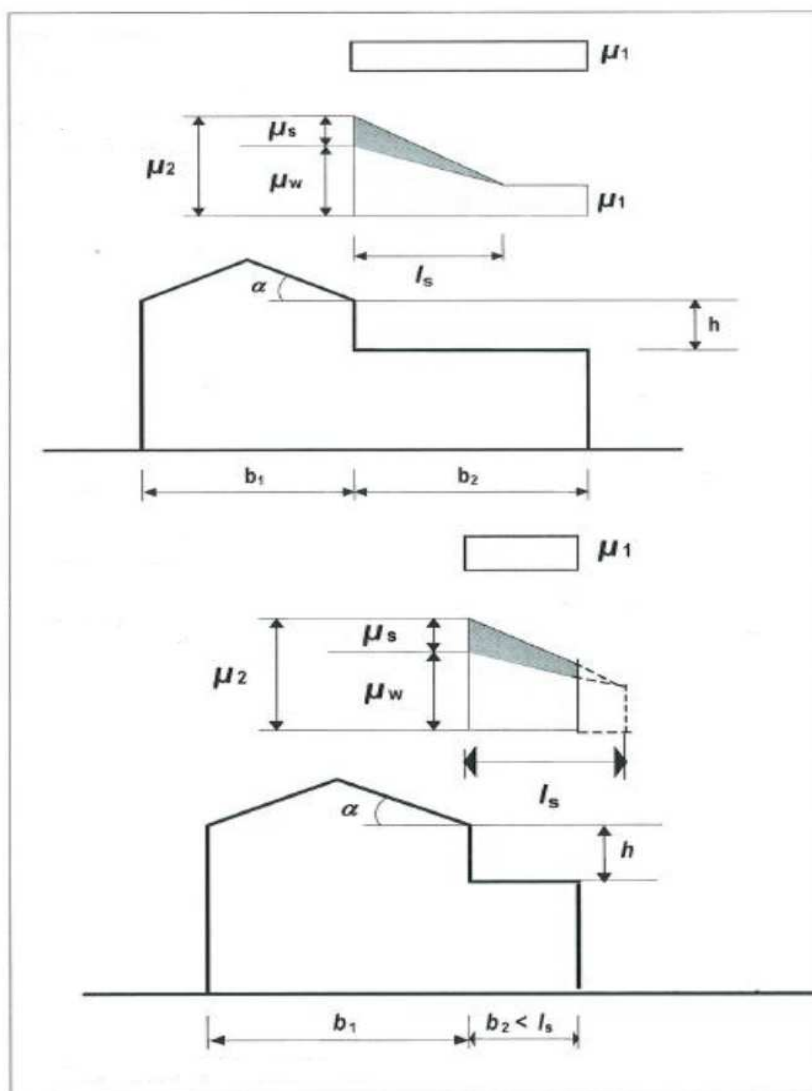


Bild 17 Tilläggsdifferentialkoefficienter orsakade av vind och snöras från ovanliggande tak (RIL 205-1-2009:36).

Snöns drivning, på grund av hinder på taket, beaktas enligt beskrivningen i bild 18. Differentialkoefficienten μ_2 beräknas enligt följande sätt:

$$\mu_2 = \frac{\lambda \cdot h}{s_k}, \mu_2 \text{ begränsas dock till } 0,8 \leq \mu_2 \leq 2,0 \quad (17)$$

Där h betecknar hindrets höjd, s_k är snömängden som finns på marken i den finländska region där byggnaden finns, och γ är snöns densitet för vilket värdet $2,0 \text{ kN/m}^3$ kan användas.

Drivningslängden $l_s = 2h$, men begränsat till $2 \text{ m} \leq l_s \leq 6 \text{ m}$ (RIL 205-1-2009:37–38).

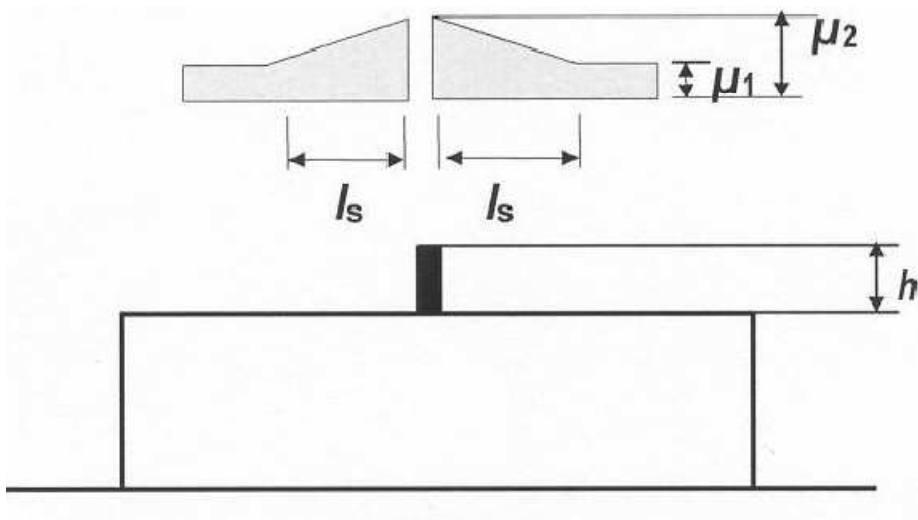


Bild 18 Snöns drivning vid hinder (RIL 205-1-2009:37).

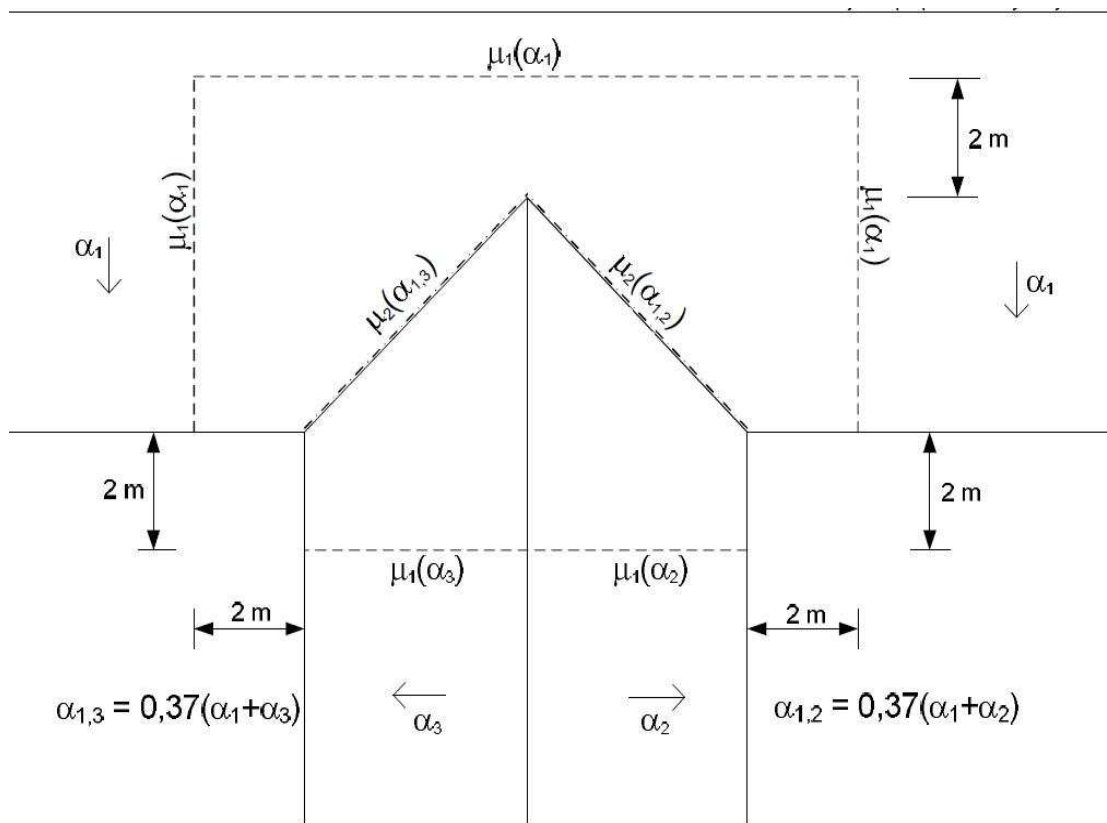


Bild 19 Snöns drivning vid innergirar (RIL 205-1-2009:35).

För att beakta drivningen vid takets innergirar används samma differentialkoefficient μ_2 som gäller för sågformade tak enligt bild 16(RIL 205-1-2009:35)

6.4 Brottgränstillstånd

Till brottgränstillstånd klassas sådana fall då konstruktionen förlorar sin balans, den skadas, det uppstår brott eller konstruktionen skadas av utmattning. Brottgränstillstånd har att göra med människors säkerhet och att konstruktioner garanterat håller. I brottgränstillstånd dimensioneras konstruktioner mot drag-, tryck-, skjuv-, moment-, upplagstryck och en samverkan av dessa. Om brottgränstillståndet överskrids förlorar konstruktionen sin bärförmåga (RIL 201-1-2008:27).

När en konstruktions hållfasthet granskas, beräknas lastkombinationen i varaktighetsklasser på följande sätt:

$$1,15K_{FI}G_{kj} + 1,5K_{FI}Q_{k,1} + 1,5K_{FI} \sum_{i>1} \Psi_{0,i}Q_{k,i} \text{ variabla lasters varaktighetsklasser} \quad (18)$$

$$1,35K_{FI}G_{kj} \quad \text{permanent varaktighetsklass} \quad (19)$$

var G_{kj} de permanenta lasternas värden

$Q_{k,1}$ den bestämmande variabellastens värde

$Q_{k,i}$ andra variabellasters värden

K_{FI} lastkoefficient beroende av konsekvensklass

$\Psi_{0,i}$ variabellasternas kombinationskoefficient

Om sambandet mellan de permanenta lasterna inverkar på konstruktionen på ett sådant sätt att de ökar på konstruktionens hållfasthet, får de permanenta lasternas värde G_{kj} multipliceras med 0,9 istället för $1,15K_{FI}$. Om jordtryck eller stationära maskiner ökar konstruktionens hållfasthet, beaktas de inte i beräkningar av lastkombinationer (RIL 205-1-2009:25)

Konsekvensklasser finns det 3 stycken av:

Klass CC3, $K_{FI} = 1,1$. Betydande konsekvenser, stora skador. Över 8 våningar höga bostads-, kontors- och affärsbyggnader. Konsertsalar, teatrar, sport- och utställningshallar,

läktare (över 1000 personer). Högt belastade eller långa spännvidder innehållande byggnader. Specialbyggnader som stora master och torn (RIL 205-1-2009:26).

Klass CC2, $K_{FI} = 1,0$. Medelstora konsekvenser, betydande skador. Alla byggnader som inte hör till klasserna CC3 och CC1 (RIL 205-1-2009:26).

Klass CC1, $K_{FI} = 0,9$. Små konsekvenser, lindriga och obetydliga skador. 1- och 2-vånings byggnader, ställen där det bara tillfälligt befinner sig människor, som till exempel lager. Byggnader, som skadade inte utgör någon betydande fara (RIL 205-1-2009:26).

I den förkortade versionen gällande planering av träkonstruktioner ("Puurakenteiden suunnitteluohje", "Lyhennetty suunnitteluohje") beskrivs beräkningen av lastkombinationer på ett förenklat sätt enligt följande:

Permanent varaktighetsklass:

$$1,35G_{kj} \quad (20)$$

Medellång varaktighetsklass:

$$1,15G_{kj} + 1,5Q_{k,1} + 1,05Q_{k,2} \quad (21)$$

(Kevarinmäki 2010:9)

Tillfällig varaktighetsklass: det större värdet av följande;

$$1,15G_{kj} + 1,5Q_{k,t} + 1,05Q_{k,1} + 1,05Q_{k,2} \quad (22)$$

$$1,15G_{kj} + 1,5Q_{k,1} + 1,05Q_{k,2} + 0,9Q_{k,t} \quad (23)$$

var G_{kj} de permanenta lasternas värden

$Q_{k,1}$ det större värdet av snö- eller variabelasten

$Q_{k,2}$ det mindre värdet av snö- eller variabelasten

$Q_{k,t}$ vindlastens värde

(Kevarinmäki 2010:9)

6.5 Brukgränstillstånd

Brukgränstillstånd förknippas med byggnaders eller byggnadsdelars användning enligt dess bruksändamål, människors bekvämlighet eller byggnadsobjektets utseende. I brukgränstillstånd dimensioneras konstruktioners flyttningar, nedböjning och vibrationer. Om brukgränstillståndet överskrids, uppnår inte konstruktionen de krav gällande användbarhet som ställs (RIL 201-1-2008:28).

Formförändringstillståndet, som orsakas av lasternas och fuktens inverkan på konstruktionen, bör hållas tillräckligt liten då man beaktar risken att det kan orsaka skador i ytmaterial, tak, golv, lätta mellanväggar samt ytbeläggningar. Tillståndet kan även förhindra användning eller ha en negativ inverkan på utseende (RIL 205-1-2009:27).

Tillfällig nedböjning w_{inst} eller formförändringstillståndet u_{inst} , som förorsakas av laster, beräknas på följande sätt då vistelse- och snölasterna är de bestämmande variabelasterna:

$$G_{kj} + Q_{k,1} + 0,7Q_{k,2} \quad (24)$$

När vindlasten är bestämmande:

$$G_{kj} + Q_{k,t} + 0,7Q_{k,1} + 0,7Q_{k,2} \quad (25)$$

(Kevarinmäki 2010:10).

6.6 Lasternas varaktighetsklasser

Varaktighetsklassen är beroende av lastens typ och under hur lång tid lasten belastar konstruktionen. I tabell 8 beskrivs varaktighetsklasserna och i tabell 9 beskrivs vilka typer av laster som hör till de olika varaktighetsklasserna (RIL 205-1-2009:29–30).

Tabell 8 Lasternas varaktighetsklasser.

Varaktighetsklass	Lasternas varaktighet
Permanent	över 10 år
Långvarig	6 månader till 10 år
Medellång	1 vecka till 6 månader
Kortvarig	under en vecka
Tillfällig	

(RIL 205-1-2009:30).

Tabell 9 Exempel på lasternas indelning i varaktighetsklasser.

Varaktighetsklass	Laster
Permanent	Egenvikter. Permanent i byggnaden fästa maskiner och lätta mellanväggar. Jordtryck.
Långvarig	Förvarade föremål, laster av vattentankar.
Medellång	Snölaster. Golv och balkongers vistelselasters ytlaster i klasserna A-D. Garage, trafikområdets vistelselaster. Belastningar som förorsakas av fuktväxling.
Kortvarig	Trappors vistelselaster. Vistelselasternas punktlaster, mellanväggars och räckes horisontallaster. Underhåll- eller personallaster på tak. Fordonslaster. Monteringslaster.
Tillfällig	Vind- och olyckslaster.

(RIL 205-1-2009:30).

I den förkortade versionen, gällande planering av träkonstruktioner ("Puurakenteiden suunnitteluohje, Lyhennetty suunnitteluohje") delas lasterna i enbart 3 varaktighetsklasser. Den långvariga klassen har kombinerats med klassen för permanenta laster och den kortvariga klassen med den medellånga. Varaktighetsklasserna beskrivs i tabell 10 (Kevarinmäki 2010:15).

Tabell 10

Förkortad version av varaktighetsklasser.

Varaktighetsklass	Lasternas varaktighet	Laster
Permanent	över 6 månader	Egenlaster, maskiner, lätta mellanväggar, lagrade föremål
Medellång	10 minuter till 6 månader	Snölaster, vistelselaster, fuktbelastningar, monteringsbelastningar
Tillfällig	under 10 minuter	Vind, olycksaster

(Kevarinmäki, 2010:15).

6.7 Fuktklasser

Fuktklasserna är 1, 2 och 3. Konstruktionerna skall delas i fuktklasser för att man skall kunna beakta omgivningens inverkan på konstruktionens hållfasthet (Kevarinmäki 2010:15)

Förutom att man beaktar den relativa fuktigheten då man väljer fuktighetsklass, är det även viktig att beakta om det sker stora ändringar i fukthalten. Att fukthalten konstant ändrar kan ha större inverkan på en träkonstruktion, än en konstant högre fukthalt har. I fuktklass 1 bör man speciellt beakta faran för sprickbildning i trämaterialiet ((RIL 205-1-2009:31).

6.7.1 Fuktklass 1

Typiskt för fuktklass 1 är att materialens fukthalt motsvarar 20°C och att luftens relativa fuktighet överskrider 65 % bara några veckor i året. I fuktklass 1 överskrider fukthalten i barrträd sällan 12 % (RIL 205-1-2009:30).

Till fuktklass 1 hör sådana träkonstruktioner som finns i uppvärmda utrymmen eller i motsvarande fuktmiljöer. Konstruktioner och balkar med dragdelen i isoleringsskikt hör även till fuktklass 1 (RIL 205-1-2009:30).

6.7.2 Fuktklass 2

Typiskt för fuktklass 2 är att materialens fukthalt motsvarar 20°C och att luftens relativa fuktighet överskrider 85 % bara några veckor i året. I fuktklass 2 överskrider fukthalten i barrträd sällan 20 % (RIL 205-1-2009:31).

Till fuktklass 2 hör träkonstruktioner som hålls torra, men är utomhus. Konstruktionen skall vara i ett täckt och ventilerat utrymme. Utrymmet ska dessutom vara ordentligt skyddat, både underifrån och på sidorna, från att bli vått. Till fuktklass 2 hör ofta till exempel träkonstruktioner i trossbotten samt i kalla vindsutrymmen (RIL 205-1-2009:31).

6.7.3 Fuktklass 3

Typiskt för fuktklass 3 är, att miljöförhållandena är sämre än i fuktklass 2, vilket leder till högre fukthalter (RIL 205-1-2009:31).

Till fuktklass 3 hör sådana träkonstruktioner som är ute och oskyddade mot vädret, i fuktiga utrymmen eller i oundviklig kontakt med vatten (RIL 205-1-2009:31).

6.8 Materialens delsäkerhetskoefficienter

Materialens hållfasthetsegenskapers dimensioneringsvärden X_d beräknas på följande sätt:

$$X_d = k_{\text{mod}} \frac{x_k}{\gamma_m} \quad (26)$$

I ekvationen är X_k egenvärden för hållfasthetsegenskaper, γ_M är materialegenskapernas säkerhetskoefficient och k_{mod} är en omräkningsfaktorn med vilken man beaktar lasternas varaktighet och fuktens inverkan (Kevarinmäki 2010:15).

Tabell 11 *Materiallegenskapernas säkerhetskoefficient γ_M .*

Grundkombinationer:	
Sågvirke och runt sågvirke i allmänhet	1,4
Sågvirke av barrträ, med hållfasthetsklass \geq C35	1,25
Limträ, LVL	1,2
Träskivor	1,25
Skarvar	*)
Olycksfallskombination	1

(Kevarinmäki 2010:15)

När skarvhållfasthetens dimensioneringsvärde beräknas, används den materialegenskaps säkerhetskoefficient γ_M som gäller för de trädelar som skarvas. Om de delar som skarvas har olika säkerhetskoefficienter används det större värdet (Kevarinmäki 2010:15)

6.9 Materialegenskaper

6.9.1 Lasternas varaktighet och fuktens inverkan

När dimensioneringshållfastheter för material och skarvar beräknas, används omräkningsfaktorn k_{mod} för att beakta inverkan av lasternas varaktighet och fukt. Om lastkombinationen består av laster som hör till olika varaktighetsklasser skall faktorn k_{mod} -värde väljas för den kortvarigaste lasten. Om en konstruktion till exempel belastas av en permanent last och en snölast som hör till den medellånga varaktighetsklassen hörande snölast, användes den medellånga varaktighetsklassens k_{mod} värde för denna lastkombination. Vid beräkning av långvarig böjning används kryptal k_{def} (Kevarinmäki 2010, 16).

Tabell 12 Omräkningsfaktorn k_{mod} värden beroende av fukt- och varaktighetsklass, ¹⁾ får användas enbart i fuktklass 1.

Material	Fuktklasser	Lasternas varaktighetsklasser				
		Permanent	Långvarig	Medellång	Kortvarig	Tillfällig
Sågvirke, Runt trävirke, Limträ, LVL, Faner	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Spånskiva P4 ¹⁾ och P5, OSB/2 ¹⁾ Hård fiberskiva	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
Spånskiva P6 ¹⁾ och P7, OSB/3 och OSB/4	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Halvhårda fiberskivor: MBH.LA1), MBH.HLS, MDF.LA1) och MDF.HLS	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
	2	-	-	-	0,45	0,80

(RIL 205-1-2009:45).

Tabell 13 k_{def} värden för trävirke och träprodukter.

Material	Standard	Fuktklass		
		1	2	3
Sågvirke, runt trä	EN 14081-1	0,60	0,80	2,00
Limträ	EN 14080			
LVL	EN 14374, EN 14279			
Faner, Kerto-Q på ligg	EN 636, VTT 184/03	0,80	1,00	2,50
OSB-faner	EN 300: OSB/2	2,25	-	-
	EN 300: OSB/3, OSB/4	1,50	2,25	-
Spånskiva	EN 312: P4 och P5	2,25	3,00	-
	EN 312: P6 och P7	1,50	2,25	-
Hård fiberskiva	EN 622-2: HB.LA, HB.HLA	2,25	3,00	-
Halvhård fiberskiva	EN 622-3: MBH.LA, MBH.HLS	3,00	4,00	-
MDF-skiva	EN 622-5: MDF.LA, MDF.HLS	2,25	3,00	-

(RIL 205-1-2009:46).

6.9.2 Sågvirke

Sågvirke bör uppfylla de krav som standarden EN 14081-1 ställer. Fingerskarvar skall vara gjorda enligt standarden EN 385. Finskt runt trävirke kan anses ha hållfasthetsklass C30. Barrträdens hållfasthetsklasser C14-C50, vanligaste klassen är C24 och hållfasthetsklasserna D30-D70 för lövträd finns i standarden EN 338 (Kevarinmäki 2010:16).

Om man använder färskt- eller mycket fuktigt trävirke, som troligtvis krymper under tiden som det är belastat, skall kryptalen k_{def} förstöras genom att multiplicera de tabellerade värdena med 1,0 (Kevarinmäki 2010:16).

En träbalks storlek inverkar på drag- och böjhållfastheten, detta skall beaktas. Om en böjd balks höjd och en dragen balks större sidomått är mindre än 150 mm får böjhållfasthetens $f_{m,k}$ och draghållfasthetens $f_{t,0,k}$ egenvärden förstöras med faktorn k_h enligt:

$$k_h = \left(\frac{150}{h} \right)^{0,2} \leq 1,3 \quad (27)$$

där h är den böjda balkens tvärsnittsareans höjd och den dragna balkens bredd (mm) (RIL 205-1-2009:46).

Tabell 14 Barrträvirkes hållfasthetsegenskaper, styvhetsegenskaper och densitet för hållfasthetsklasserna C14, C18, C24, C30, C35 och C40. Virke av klasserna C35 och C40 finns vanligen inte i trävaruhus.

Hållfasthetsklass		C14 T0	C18 T1	C24 T2	C30 T3	C35	C40
Hållfasthetsegenskaper (N/mm ²)							
Böjning	$f_{m,k}$	14	18	24	30	35	40
Drag	$f_{t,0,k}$	8	11	14	18	21	24
	$f_{t,90,k}$	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
Tryck	$f_{c,0,k}$	16	18	21	23	25	26
	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,5	2,7	2,8	2,9
Skjuv	$f_{v,k}$	1,7	2,0	2,5	3,0	3,4	3,8
Styvhetsegenskaper (N/mm ²)							
Elasticitets modul	$E_{0,mean}$	7000	9000	11000	12000	13000	14000
	$E_{0,05}$	4700	6000	7400	8000	8700	9400
	$E_{90,mean}$	230	300	370	400	430	470
Skjuvmodul	G_{mean}	440	560	690	750	810	880
	$G_{0,05}$	300	380	460	500	540	590
Densitet (kg/m ³)							
Karakteristisk densitet	ρ_k	290	320	350	380	400	420
Medeldensitet	ρ_{mean}	350	380	420	460	480	500

(RL 205-1-2009:47).

6.9.3 Limträ

Limträ skall vara enligt standarden EN 14080. Limträ som är tillverkat av barrträ, har hållfasthetsklasser beskrivna i standarden EN 1194. I standarden finns det skilt beskrivet om limträbalken är homogen, sammansatt av lameller med samma hållfasthetsklass eller inhomogent limträ. Homogent limträ betecknas med GL24h-GL36h och inhomogent limträ med GL24c-GL36c. Den vanligaste klassen i Finland är GL32c (Kevarinmäki 2010:16).

En limträstavs storleks inverkan på drag- och böjhållfastheter får beaktas. Om en böjd limträbalks tvärsnittsareans höjd och en dragen balks större sidomått är under 600 mm får böjhållfasthetens $f_{m,k}$ och draghållfasthetens $f_{t,0,k}$ egenvärden förstoras med faktorn k_h enligt:

$$k_h = \left(\frac{600}{h}\right)^{0,1} \leq 1,1 \quad (28)$$

där h är den böjda balkens tvärsnittsareans höjd och den dragna balkens bredd (mm).

Om en färdig limträbalk klyvs eller sänks, minskar oftast balkens hållfasthet. Klyvning av limträbalkar förutsätter lov av den nämnda granskningsinstitutionen. Enligt standarden EN 14081-1 skall lamellernas hållfasthetsindelning göras om, om tvärsnittsarean minskas mera än en hyvlingsmåne (5 mm, när $b < 100$ mm eller 10 mm, när $b \geq 100$ mm). Homogent limträ tillverkas vanligen på beställning (RIL 205-1-2009, 48:49).

Tabell 15 Limträns hållfasthetsegenskaper för de, enligt standard EN 1194, vanligaste limträ klasserna. GL28h och GL32h homogena och tillverkas oftast enbart efter beställning.

Hållfasthetsklass		GL24c	GL28c	GL28h	GL32c	GL32h
Hållfasthetsegenskaper (N/mm ²)						
Böjning	$f_{m,k}$	24	28	28	32	32
Drag	$f_{t,0,k}$	14	16,5	19,5	19,5	22,5
	$f_{t,90,k}$	0,35	0,4	0,45	0,45	0,5
Tryck	$f_{c,0,k}$	21	24	26,5	26,5	29
	$f_{c,90,k}$	2,4	2,7	3,0	3,0	3,3
Skjuv	$f_{v,k}$	2,2	2,7	3,2	3,2	3,8
Styvhetsegenskaper (N/mm ²)						
Elasticitets modul	$E_{0,mean}$	11600	12600	12600	13700	13700
	$E_{0,05}$	9400	10200	10200	11100	11100
	$E_{90,mean}$	320	390	420	420	460
Skjuvmodul	G_{mean}	590	720	780	780	850
	$G_{0,05}$	480	580	630	630	690
Densitet (kg/m ³)						
Karakteristisk densitet	ρ_k	350	380	410	410	430
Medeldensitet	ρ_{mean}	390	430	460	470	500

(RIL 205-1-2009:48)

6.9.4 Fanerbalkar

Fanerbalkar skall uppfylla de krav som ställs i standarden EN 14374. Fanerbalkprodukter heter Kerto-S, Kerto-T och Kerto-Q. Kerto-S och Kerto-T har alla fanerskikt i samma fiberriktning, i balken längdled. Kerto-Q:s fanerskikt går i kors. Även för fanerbalkar skall storlekens inverkan på drag- och böjhållfastheten beaktas. Storleksinverkans exponent s definieras i standarden EN 14374. Referenshöjden för böjhållfasthet för balkar på kant är

300 mm. När en böjd på kantstående fanerbalks höjd är högre än 300 mm, skall böjhållfasthetens egenvärde $f_{m,k}$ minskas med faktorn k_h . Faktorn k_h beräknas enligt:

$$k_h = \left(\frac{300}{h} \right)^s \leq 1,2 \quad (29)$$

där h är balkens höjd och s är storleksinverkans exponent (RIL 205-1-2009, 50)

När en dragen fanerbalks längd är över 3000 mm, skall draghållfasthetens egenvärde $f_{t,0,k}$ minskas med faktorn k_l . Då längden är under 3000 mm, kan draghållfastheten ökas med faktorn k_l . Draghållfasthetens storleksinverkans exponent beräknas enligt:

$$k_l = \left(\frac{3000}{l} \right)^{s/2} \leq 1,1 \quad (30)$$

l är den dragna stavens längd och s är storleksinverkans exponenten (RIL 205-1-2009:51).

Tabell 16 Hållfasthetsegenskaper för LVL- produkter och storleksinverkans exponenten s .

Modell		Kerto-S, (balkar)	Kerto-T, (stolpar)	Kerto-Q Tjocklek 21-24 mm (skivor)	Kerto-Q Tjocklek 27-69 mm (skivor)
Hållfasthetsegenskaper (N/mm ²)					
Böjning					
- på kant	$f_{m,k}$	44	27	28	32
- storleksinverkans exponent	s	0,12	0,15	0,12	0,12
- på ligg	$f_{m,0,flat,k}$	50	32	32	36
Drag					
- i fiberriktningen	$f_{t,0,k}$	35	24	19	26
- tvärsöver på kant	$f_{t,90,edge,k}$	0,8	0,5	6,0	6,0
Tryck					
- i fiberriktningen	$f_{c,0,k}$	35	26	19,0	26,0
- tvärsöver på kant	$f_{c,90,edge,k}$	6	4	9,0	9,0
- tvärsöver på ligg	$f_{c,90,flat,k}$	1,5	1,0	2,2	2,2
Skjuv					
- på kant	$f_{v,k}$	4,1	2,4	4,5	4,5
- liggande i ytfanerskiktets riktning	$f_{r,0,k}$	2,3	1,3	1,3	1,3
Styvhetsegenskaper (N/mm ²)					
Elasticitetsmodul	E_{mean}	13800	10000	10000	10500
	$E_{0,05}$	11600	8800	8300	8800
Skjuvmodul	$G_{edge,mean}$	600	400	600	600
	$G_{edge,0.05}$	400	300	400	400
Karakteristisk densitet (kg/m ³)	ρ_k	480	410	480	480
Medeldensitet (kg/m ³)	ρ_{mean}	510	440	510	510

(RIL 205-1-2009:50).

6.10 Hållfasthetsberäkningar

6.10.1 Nedböjning

En balks nedböjning beräknas i brukgränstillstånd. En balk skall granskas mot tillfällig nedböjning w_{inst} och mot totalnedböjning w_{fin} .

Tillfällig nedböjning w_{inst} beräknas på följande sätt:

$$w_{inst} = w_{inst,G} + w_{inst,Q1} + w_{inst,Q2} \quad (31)$$

Den tillfälliga nedböjningen w_{inst} är summan av den nedböjning som den permanenta lasten och de olika variabellasterna ger upphov till.

Den totala nedböjningen w_{fin} beräknas enligt följande sätt:

$$w_{fin} = (1 + k_{def})w_{inst,G} + (1 + 0,2k_{def})w_{inst,snö} + (0,7 + 0,3k_{def})w_{inst,vistelse} \quad (32)$$

$$w_{fin} = (1 + k_{def})w_{inst,G} + (1 + 0,3k_{def})w_{inst,vistelse} + (0,7 + 0,2k_{def})w_{inst,snö} \quad (33)$$

Det större värdet används. I formlerna är k_{def} kryptalet, $w_{inst,G}$ är den tillfälliga nedböjningen som orsakas av den permanenta lasten, $w_{inst,snö}$ är den tillfälliga nedböjningen som orsakas av snölasten och $w_{inst,vistelse}$ är den tillfälliga nedböjningen som orsakas av vistelselasten (Kevarinmäki 2010:10).

Den totala nedböjningen w_{fin} består av w_c som är överhöjning, w_{inst} som är den tillfälliga nedböjningen, w_{creep} är tilläggsnedböjning som orsakas av krypning och $w_{net,fin}$ är den slutliga nedböjningen (Kevarinmäki 2010:21)

$$w_{net,fin} = w_{inst} + w_{creep} - w_c = w_{fin} - w_c \quad (34)$$

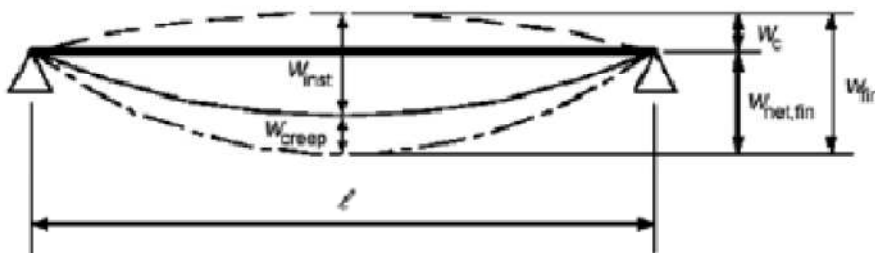


Bild 20 Denna bild beskriver de olika delarna som utgör den totala nedböjningen (Kevarinmäki:21)

Tabell 17 Tillåten nedböjning.

Konstruktion	$w_{inst}^{1)}$	$w_{net,fin}^{2)}$	$w_{fin}^{3)}$
Huvudbärare	$l/400$	$l/300$	$l/200$
Sekundärbärare	-	$l/200$	$l/150$
Byggnadens horisontala flyttning	-	$H/300$	-

l är spännvidden
 H är höjde på det ställe var byggnaden granskas
¹⁾ Gäller endast golv
²⁾ Gäller raka och förhöjda konstruktioner
³⁾ Gäller förhöjda konstruktioner

(Kevarinmäki 2010:21)

6.10.2 Upplagstryck vinkelrät mot fiberriktningen

Följande krav bör uppfyllas:

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,\perp} f_{c,90,d}$$

var $\sigma_{c,90,d}$ är den tryckkraft som verkar på kontaktytan, $f_{c,90,d}$ är den dimensionerande tryckhållfastheten vinkelrät mot fiberriktningen och $k_{c,\perp}$ är upplagstryckskoefficienten.

Upplagstryckskoefficienten beräknas enligt ekvation (35):

$$k_{c,\perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} k_{c,90} \quad (35)$$

I ekvation (35) betecknar l tryckytans längd i fiberriktningen, $l_{c,90,ef}$ är den effektiva belastningslängden och $k_{c,90}$ är en koefficient med vilken lastens placering, virkets eventuella sprickning och tryckets storlek beaktas (RIL 205-1-2009:66).

Med den effektiva belastningslängden menas att tryckytans längd l får förstöras med 30 mm per sida, dock högst $a, l, l/2$, se bild 21.

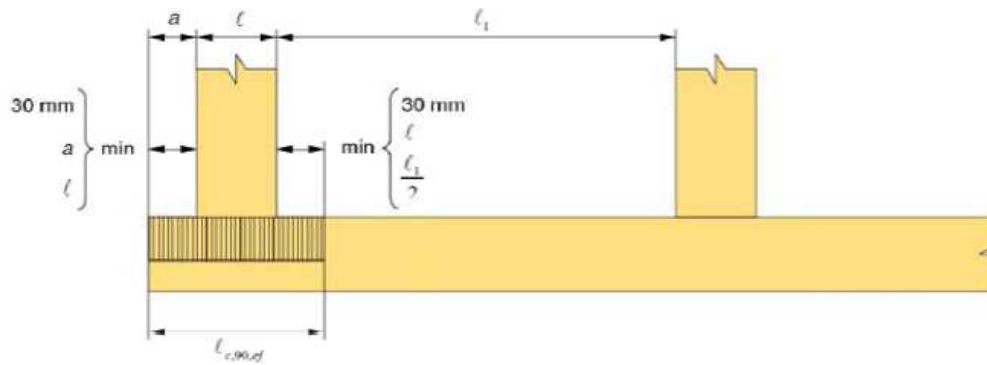


Bild 21 Beskrivning av den effektiva belastningslängden $l_{c,90,ef}$ (RIL 205-1-2009:67)

Värdet för koefficienten $k_{c,90}$ är 1 förutom om villkoret $l_1 \geq h$ uppfylls, om $l_1 \geq h$ används följande värden:

- $K_{c,90}$ för sågvirke av barrträd = 1,25
- $K_{c,90}$ för limträ av barrträd = 1,5
- $K_{c,90}$ för Kerto-Q på kant = 1,3
- $K_{c,90}$ för Kerto-LVL på ligg = 1,4

(RIL 205-1-2009:66–67)

6.10.3 Böjspänning

När man skall dimensionera en balk mot böjspänning skall man börja med att räkna ut de maximala böjmomenten som balken utsätts för. Böjmomenten skall beräknas skilt för den permanenta lasten och för eventuella variabelaster. Det böjmoment som orsakas av egenvikten betecknas $M_{g,k}$ och momenten från variabelasterna betecknas till exempel med $M_{q,k,snö}$ och $M_{q,k,vistelse}$ och så vidare. Efter att man vet $M_{g,k}$, $M_{q,k1}$ och $M_{q,k2}$ beräknar man det dimensionerande momentet M_d . M_d är det totala momentet (Kevarinmäki 2010:9).

När man vet M_d skall böjspänningen beräknas enligt ekvation (36):

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6 \cdot M_d}{b \cdot h^2} \quad (36)$$

I ekvationen betecknar b balkens bredd och h är balkens höjd. När man har beräknat böjspänningen skall man beräkna balkens dimensionerande böjhållfasthet $f_{m,d}$ med ekvation (37):

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} \quad (37)$$

(Puuinfo 2010).

I ekvationen betecknar $f_{m,k}$ balkens böjhållfasthet beroende på material och hållfasthetsklass, k_{mod} är omräkningsfaktorn som beror på fuktklass och lasternas varaktighet. γ_m är en säkerhetskoefficient som varierar beroende på vilket material som används (Kevarinmäki 2010:15)

Dimensioneringsvillkoret är att $\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,d}$ (Puuinfo 2010).

6.10.4 Skjuvspänning

Vid dimensionering mot skjuvspänning skall man först beräkna den maximala skjuvkraften som balken utsätts för, $V_{g,k}$ om det är frågan om skjuvkraften som orsakas av den permanenta lasten och $V_{g,k,snö}$ om det är frågan om en snölast. För att beräkna den maximala skjuvkraften V_d adderas de olika skjuvkrafterna ihop och multipliceras med de rätta säkerhetskoefficienterna beroende på kombinationen av laster (Kevarinmäki 2010:9).

Skjuvspänningen i balken beräknas med ekvation (38):

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{b_{ef} \cdot h} \quad (38)$$

I ekvationen betecknar b_{ef} balkens effektiva bredd och h balken höjd (Puuinfo 2010).

När man dimensionerar en balk mot skjuvkrafter, som befinner sig i fuktklass 1, skall man beakta eventuell sprickbildning genom att i beräkningarna använda den effektiva bredden för balken. Balkens effektiva bredd b_{ef} beräknas med ekvation (39):

$$b_{ef} = k_{cr} \cdot b \quad (39)$$

I ekvationen betecknar b balkens bredd och k_{cr} är en minskningskoefficient.

$k_{cr} = 0,67$ för sågvirke och limträ i uppvärmda utrymmen men för LVL produkter är $k_{cr} = 1$.

För virke som alltid är i sådana förhållanden som motsvarar fuktklass 1 och 2, får värdet 1 användas (RIL 205-1-2009: 68-69).

Efter att skjuvspänningen som balken utsätts för är beräknad, skall balkens dimensionerande skjuvhållfasthet $f_{v,d}$ beräknas. Beräkningen görs med ekvation (40):

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} \quad (40)$$

I ekvationen betecknar $f_{v,k}$ balkens skjuvhållfasthet beroende på material och hållfasthetsklass, k_{mod} är omräkningsfaktorn som beror på fuktklass och lasternas varaktighet. γ_m är en säkerhetskoefficient som varierar beroende på vilket material som används (Kevarinmäki 2010:15)

Dimensioneringsvillkoret är att $\tau_d \leq f_{v,d}$ (Puuinfo 2010).

7 Saneringsprojektet

7.1 Val av takmaterial till saneringsprojektet

Till saneringsprojektet har vi bestämt att använda maskinfalsad plåt. Orsaken till att vi valde maskinfalsad plåt, är att det gamla taket är gjort med maskinfalsad plåt och vi ville hålla samma stil.

Plåten som används kommer i ett senare skede att målas, så plåten kommer inte att beställas med ytbeläggning. Plåtmaterialet kommer att bestämmas senare efter att vi har jämfört priser och fått offerter. Taket byggs med underlagspapp och fulkantiga 22 x100 mm:s bräder som monteras med 5 cm skarv för att underlätta vistelsen på taket då plåten monteras.

Det som kvarstår, är att få materialpriser och offerter av plåtslagare sedan, när det blir aktuellt att börja med saneringen.

7.2 Ventilationslösning för saneringsprojektet

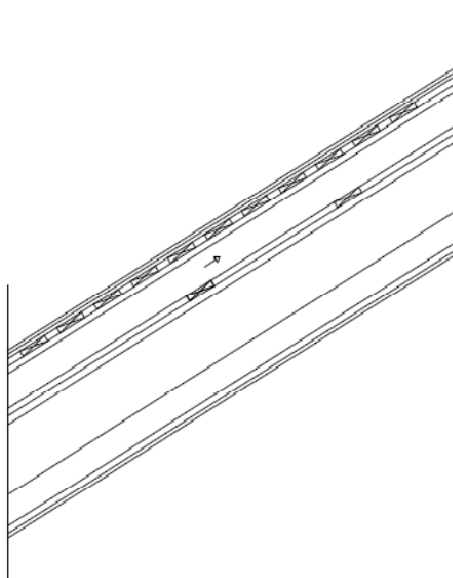
Taket ventileras genom att en vindskyddsskiva monteras ovanom de takbalkar som isoleringen kommer mot. Ovanom vindskyddsskivan monteras 22 x 100 mm bräden horisontalt med en indelning på 600 mm och ovanom de horisontala bräderna monteras 50 x 100 mm battingar på kant i samma riktning som takbalkarna utanpå varje takbalk. Luften kommer att ventileras ut vid takets täckor och med takventiler med 5 meters mellanrum. Vi valde att bygga ventilationsspalten ovanom takbalkarna istället för in mellan balkarna, var på grund av utrymmesbrist.

7.3 Isoleringen av saneringsprojektet

Som isoleringsmaterial valdes polyuretanskivor, SPU AL. Konstruktionen skulle ha blivit väldigt tjock om man använt sig av till exempel mineralull. Målet var att isolera taket enligt de krav som ställs i Finlands byggbestämmelsesamling del C3, 2010 och att beräkningen av *U*-värdet skulle göras enligt anvisningar som finns i utkast 28.09.2010 av Finlands byggbestämmelsesamling del C4 som träder i kraft år 2012.

Konstruktionen kommer att byggas upp så att en 25 mm tjock vindskyddsskiva monteras ovanpå takbalkarna, 200 mm SPU AL som isolering mellan takbalkarna och ett 90 mm tjock lager med SPU AL på insida av takbalkarna som monteras fast med glesbrädning. Som ytmaterial på insidan monteras en 13 mm tjock gipsskiva, se bild 22.

Eftersom en del av isoleringen monteras mellan takbalkarna skall detta skikt beaktas som ett inhomogent skikt. Därför granskades skillnaden mellan de olika materialens värmeledningsförmåga. Takbalkarnas värmeledningsförmåga är $0,12 \text{ W}/(\text{mK})$ och isoleringsmaterialets värmeledningsförmåga är $0,024 \text{ W}/(\text{mK})$. Skillnaden mellan dessa är precis 5 vilket resulterar i att takbalkarna inte behöver beaktas som köldbryggor. Eftersom balkarna inte beaktas som köldbryggor får värmemotståndet beräknas med över- och underapproximationsmetod. Överapproximationen blev $11,68 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ medan underapproximationen blev $10,48 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$. Takets totala värmemotstånd blev $11,08 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ som är medeltalet av under- och överapproximationen. Konstruktionens U -värde beräknades genom att invertera medeltalet av under- och överapproximationen. U -värdet för denna konstruktion är $0,09 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, beräkningarna finns i bilagorna (se bilaga 1). Eftersom konstruktionens U -värde blev $0,09 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ uppfylls de krav som ställs enligt Finlands byggbestämmelsesamling del C3.



*Bild 22 Skärningsritning på takkonstruktionen. Utifrån in, 1) maskinfalsad takplåt, 2) glesbrädning 22*100 mm c/c 150 mm, 3) ribba 22*50 mm c/c 900 mm, 4) underlagspapp, 5) batting 100*50mm c/c 900 mm och ventilationsspalt 100mm, 6) glesbrädning c/c 600 mm, 7) vindskyddsskiva 25 mm, 8) takbalkar 100*200, c/c 900 mm och isolering SPU AL 200 mm, 9) SPU AL 90 mm, 10) glesbrädning 22 mm c/c 600 mm, 11) ytbeläggning.*

7.4 Konstruktionens hållfasthet

Takkonstruktionen består av takbalkar som är 100 mm breda och 200 mm höga. Balkarnas centrum till centrummåt är 900 mm och spännvidden är 4000 mm.

Som takbalkarnas hållfasthetsklass har jag valt att använda C30. Takbalkarna är som sagt gamla och därför inte hållfasthetsstämplade. Jag valde ändå en hög klass på grund av att takbalkarnas virke är väldigt tätvuxet och hade noggrant valts ut då balkarna sågades. Dessutom är takbalkarna i väldigt bra skick och otroligt hårda.

Den regionala snölasten där huset finns är $2,5 \text{ kN/m}^2$ men då taklutningen är 32° och balkarnas indelning 900 mm blev snölasten som belastar taket $1,7 \text{ kN/m}$.

Beräkningarna för takbalkarnas hållfasthet gjordes för en plåttakskonstruktion och en tegeltakskonstruktion. Plåttakets egenvikt är $0,5 \text{ kN/m}$ medan tegeltakets egenvikt är 1 kN/m . Takbalkarna hållfasthet beräknades mot böjspänning, skjuvspänning, upplagsstyvhet och nedböjning. Takbalkarna uppfyllde alla de krav som ställdes enligt eurocode 5 då man använder plåt som takmaterial, medan alternativet med tegel ledde till att takbalkarna inte klarade av krav gällande nedböjning. Den tillåtna nedböjningen för dessa takbalkar är 13 mm. I belastningsfallet med tegeltak var takbalkarnas nedböjning 14 mm, vilket är för mycket. Orsaken till detta är att tegeltakskonstruktionen är dubbelt tyngre än plåttakskonstruktionen. Hållfasthetsberäkningarna finns som bilagor (se bilagorna 2-5).

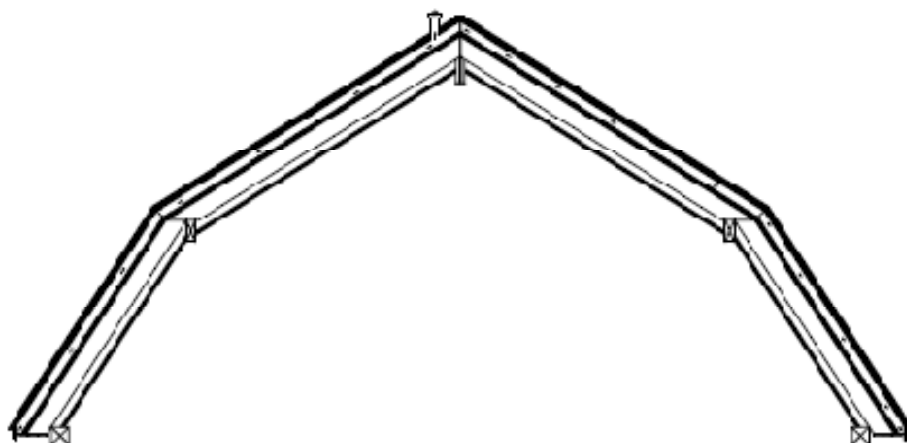


Bild 23 Skärning av saneringsprojektet.

8 Avslutning

Målet med examensarbetet var att samla all information gällande takmaterial, isoleringsmaterial och hållfasthetsberäkningar för att kunna planera en bra sanering av ett gammalt tak.

I mitt arbete har jag bekantat mig med olika tak. De olika takens uppbyggnad var av väsentlig roll, för att senare i arbetet kunna beräkna vad de olika takens egenvikter är.

Förutom olika tak har jag bekantat mig med värmeisolering, isoleringskrav och beräkning av byggnadsdelars värmegenomgångskoefficient U . Att få tillräcklig kunskap om beräkning av värmegenomgångskoefficienten var viktigt för att kunna beräkna mängden isoleringsmaterial som krävs för att nå upp till de krav som ställs i Finlands byggbestämmelsesamling C3, 2010.

Efter att jag hade tillräckligt med kunskap om värmeisolering, började jag bekanta mig med hållfasthetsberäkningar av träbalkar.

I examensarbetet har jag bekantat mig med hur man beräknar träkonstruktioners hållfastheter enligt EC 5.

Som helhet anser jag att examensarbetet uppfyller mina egna förväntningar.

Källförteckning

- Finlands byggbestämmelsesamling del C4 (2012, utkast 28.09.2010). *Lämmöneristys*.
<http://www.miljo.fi/download.asp?contentid=121173&lan=fi> (hämtad 27.01.2010).
- Finlands byggbestämmelsesamling del C3 (2010). *Rakennusten lämmöneristys*.
http://www.finlex.fi/data/normit/34163-C3-2010_suomi_221208.pdf (hämtad 27.01.2010).
- Kevarinmäki, Ari. 2010. Eurokoodi 5. *Lyhennetty suunnitteluohje*. 2.painos. Puuinfo Oy.
- Keppo, Juhani. 2002. *Pientalon vesikatto- ja ulkoverhoustyöt*. Gummerus Kirjapaino Oy. s.
- Puuinfo. 2010. EC 5 *Sovelluslaskelmat- Asuinrakennus*.
<http://www.puuinfo.fi/kirjasto/ec5-sovelluslaskelmat-asuinrakennus> (hämtad 23.03.2010).
- Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL ry. 2009. RIL 205-1-2009 Puurakenteiden suunnitteluohje. Helsinki
- Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL ry. 2008. RIL 201-1-2008 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Helsinki
- RT 85–10862-kortti (2006). *Metallinen saumattu katto*. Rakennustieto
- RT-85–10767-kortti (2002). *Metalliset muoto- ja poimulevykatteet*. Rakennustieto
- RT- 85–10847-kortti (2005). *Savitiilikatot*. Rakennustieto
- RT 85–10848-kortti (2005). *Betonitiilikatot*. Rakennustieto
- RT 85–10894-kortti (2007). *Jyrkät bitumikermikatot*. Rakennustieto
- RT 85–10851-kortti (2005). *Loivat bitumikermikatot*. Rakennustieto
- RT 85–10799-kortti (2003). *Loivat bitumikermikatteet, perustietoja*. Rakennustieto

Beräkning av takkonstruktionens U -värde

Takkonstruktionen inifrån ut				
Skikt	Tjocklek $d(\text{m})$	λ_U (W/(mK))	Andel av arean	Värmemotstånd (d/λ_U)
Inre övergångsmotståndet R_{si}		0,1		0,10
Gipsskiva	0,013	0,12		0,11
Isolering SPU AL	0,09	0,024		3,75
Isolering SPU AL	0,2	0,024	$f_a=89\%$	8,33
Takbalkarna	0,2	0,12	$f_b=11\%$	1,67
Vindskyddsskiva	0,025	0,052		0,48
Luftspalt R_u		0,2		0,20
Yttre övergångsmotstånd R_{se}		0,04		0,04

$$R_{Ta} = R_{si} + R_{gips} + R_{isolering\ 90} + R_{isolering\ 200} + R_{vindskiva\ 25} + R_u + R_{se} = 13,01$$

$$R_{Tb} = R_{si} + R_{gips} + R_{isolering\ 90} + R_{takbalkar} + R_{vindskiva\ 25} + R_u + R_{se} = 6,35$$

Överapproximation

$$R_T' = \frac{1}{\frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}}} = 11,68$$

$$R_{aj} = \frac{200}{\lambda_{isolering}} = 8,33 \quad R_{bj} = \frac{200}{\lambda_{takbalkar}} = 1,67$$

$$R_j = \frac{1}{\frac{f_a}{R_{aj}} + \frac{f_b}{R_{bj}}} = 5,81$$

$$R_T'' = R_{si} + R_j + R_{gips} + R_{isolering\ 90} + R_{vindskydd} + R_u + R_{se} = 10,49$$

$$R_T = \frac{R_T' + R_T''}{2} = 11,08$$

$$U = \frac{1}{R_T} = 0,09$$

U -värdet blev 0,09 W/(m²K).

Böjhållfasthets beräkningar

Böjhållfasthetsberäkningar gjordes för ett tegeltak och ett plåttak. Balken är 100 mm bred och 200 mm hög. Balkens hållfasthetsklass är C30. Balkens längd är 4000 mm.

Tegeltak	
L	4 m
Snölast	1,702 kN/m
Egenvikt	1 kN/m
$M_{g,k}$	2 kNm
$M_{q,k}$	5,31875 kNm
$V_{g,k}$	2 kN
$V_{q,k}$	3,404 kN
$A_{g,k}$	2 kN
$A_{q,k}$	3,404 kN

Plåttak	
L	4 m
Snölast	1,702 kN/m
Egenvikt	0,5 kN/m
$M_{g,k}$	1 kNm
$M_{q,k}$	5,31875 kNm
$V_{g,k}$	1 kN
$V_{q,k}$	3,404 kN
$A_{g,k}$	1 kN
$A_{q,k}$	3,404 kN

KY1 Böjspänning

1,35*egenvikt

Maxmoment M_d	2,7 kNm
bredd	100 mm
höjd	200 mm
$\sigma_{m,y,d} = (6 * M_d) / (b * h^2)$	4,05 N/mm ²
$f_{m,k}$	30
k_{mod}	0,6
γ_m	1,4
$f_{m,d} = (f_{m,k} * k_{mod}) / \gamma_m$	12,86 N/mm ²

Böjspänningen är ok

KY2 böjspänning

1,15*egenvikt+1,5*snölast

Maxmoment M_d	10,28 kNm
bedd	100
höjd	200
$\sigma_{m,y,d} = (6 * M_d) / (b * h^2)$	15,42 N/mm ²
$f_{m,k}$	30
k_{mod}	0,8
γ_m	1,4
$f_{m,d} = (f_{m,k} * k_{mod}) / \gamma_m$	17,14 N/mm ²

Böjspänningen är ok

KY1 Böjspänning

1,35*egenvikt

Maxmoment M_d	1,35 kNm
bredd	100 mm
höjd	200 mm
$\sigma_{m,y,d} = (6 * M_d) / (b * h^2)$	2,025 N/mm ²
$f_{m,k}$	30
k_{mod}	0,6
γ_m	1,4
$f_{m,d} = (f_{m,k} * k_{mod}) / \gamma_m$	12,86 N/mm ²

Böjspänningen är ok

KY2 böjspänning

1,15*egenvikt+1,5*snölast

Maxmoment M_d	9,1281 kNm
bredd	100
höjd	200
$\sigma_{m,y,d} = (6 * M_d) / (b * h^2)$	13,69 N/mm ²
$f_{m,k}$	30
k_{mod}	0,8
γ_m	1,4
$f_{m,d} = (f_{m,k} * k_{mod}) / \gamma_m$	17,14 N/mm ²

Böjspänningen är ok

Skjuvhållfasthets beräkningar

Skjuvhållfasthetsberäkningar gjordes för ett tegeltak och ett plåttak. Balken är 100 mm bred och 200 mm hög. Balkens hållfasthetsklass är C30. Balkens längd är 4000 mm.

KY1 Skjuvspänning	
1,35*egenvikt	
Max skjuv V_d	2,7 kNm
k_{cr}	0,67
bredd	100 mm
b_{ef}	67 mm
höjd	200 mm
$\tau_d = (3/2)*(V_d/(b_{ef}h))$	0,302 N/mm ²
$f_{v,k}$	3
k_{mod}	0,6
γ_m	1,4
$f_{v,d}=(f_{v,k}*k_{mod})/\gamma_m$	1,286 N/mm ²

Sjuvspänningen är ok

KY2 Skjuvspänning	
1,15*egenvikt+1,5*snölast	
Max skjuv V_d	7,406 kNm
k_{cr}	0,67
bredd	100 mm
b_{ef}	67 mm
höjd	200 mm
$\tau_d = (3/2)*(V_d/(b_{ef}h))$	0,829 N/mm ²
$f_{v,k}$	3
k_{mod}	0,6
γ_m	1,4
$f_{v,d}=(f_{v,k}*k_{mod})/\gamma_m$	1,286 N/mm ²

Sjuvspänningen är ok

KY1 Skjuvspänning	
1,35*egenvikt	
Max skjuv V_d	1,35 kNm
k_{cr}	0,67
bredd	100 mm
b_{ef}	67 mm
höjd	200 mm
$\tau_d = (3/2)*(V_d/(b_{ef}h))$	0,1511 N/mm ²
$f_{v,k}$	3
k_{mod}	0,6
γ_m	1,4
$f_{v,d}=(f_{v,k}*k_{mod})/\gamma_m$	1,2857 N/mm ²

Sjuvspänningen är ok

KY2 Skjuvspänning	
1,15*egenvikt+1,5*snölast	
Max skjuv V_d	6,256 kNm
k_{cr}	0,67
bredd	100 mm
b_{ef}	67 mm
höjd	200 mm
$\tau_d = (3/2)*(V_d/(b_{ef}h))$	0,7003 N/mm ²
$f_{v,k}$	3
k_{mod}	0,6
γ_m	1,4
$f_{v,d}=(f_{v,k}*k_{mod})/\gamma_m$	1,2857 N/mm ²

Sjuvspänningen är ok

Upplagstrycks beräkningar

Tryckhållfasthetsberäkningar gjordes för ett tegeltak och ett plåttak. Balken är 100 mm bred och 200 mm hög. Balkens hållfasthetsklass är C30. Balkens längd är 4000 mm.

KY1 Upplagstryck			
1,35*egenvikt			
Stödreaktion A_d		2,7 kN	
b	100 mm		
l	50 mm		
$\sigma_{c,90,d}$	$A_d/(b*l)$	0,54	N/mm ²
$\sigma_{c,90,k}$		2,7	
k_{mod}		0,6	
γ_m		1,4	
$\sigma_{c,90,d} = (\sigma_{c,90,k} * k_{mod}) / \gamma_m$		1,1571	N/mm ²
$k_{c,90}$		1,25	
$l_{c,90,ef}$		110 mm	
Tryckkraftskoefficie			
nt		$(l_{c,90,ef}/l) * k_{c,90}$	2,75
$2,75 * \sigma_{c,90,d}$	3,18214		N/mm ²
d	3		N/mm ²

KY1 Upplagstryck			
1,35*egenvikt			
Stödreaktion A_d		1,35 kN	
b	100 mm		
l	50 mm		
$\sigma_{c,90,d}$	$A_d/(b*l)$	0,27	N/mm ²
$\sigma_{c,90,k}$		2,7	
k_{mod}		0,6	
γ_m		1,4	
$\sigma_{c,90,d} = (\sigma_{c,90,k} * k_{mod}) / \gamma_m$		1,1571	N/mm ²
$k_{c,90}$		1,25	
$l_{c,90,ef}$		110 mm	
Tryckkraftskoefficie			
nt		$(l_{c,90,ef}/l) * k_{c,90}$	2,75
$2,75 * \sigma_{c,90,d}$	3,18214		N/mm ²
d	3		N/mm ²

Upplagstrycket är ok

KY2 Upplagstryck			
1,15*egenvikt+1,5*snölast			
Stödreaktion A_d		7,406 kN	
b	100 mm		
l	50 mm		
$\sigma_{c,90,d}$	$A_d/(b*l)$	1,4812	N/mm ²
$\sigma_{c,90,k}$		2,7	
k_{mod}		0,6	
γ_m		1,4	
$\sigma_{c,90,d} = (\sigma_{c,90,k} * k_{mod}) / \gamma_m$		1,1571	N/mm ²
$k_{c,90}$		1,25	
$l_{c,90,ef}$		110 mm	
Tryckkraftskoefficie			
nt		$(l_{c,90,ef}/l) * k_{c,90}$	2,75
$2,75 * \sigma_{c,90,d}$	3,18214		N/mm ²
d	3		N/mm ²

Upplagstrycket är ok

Upplagstrycket är ok

KY2 Upplagstryck			
1,15*egenvikt+1,5*snölast			
Stödreaktion A_d		6,256 kN	
b	100 mm		
l	50 mm		
$\sigma_{c,90,d}$	$A_d/(b*l)$	1,2512	N/mm ²
$\sigma_{c,90,k}$		2,7	
k_{mod}		0,6	
γ_m		1,4	
$\sigma_{c,90,d} = (\sigma_{c,90,k} * k_{mod}) / \gamma_m$		1,1571	N/mm ²
$k_{c,90}$		1,25	
$l_{c,90,ef}$		110 mm	
Tryckkraftskoefficie			
nt		$(l_{c,90,ef}/l) * k_{c,90}$	2,75
$2,75 * \sigma_{c,90,d}$	3,18214		N/mm ²
d	3		N/mm ²

Upplagstrycket är ok

Nedböjning

Balkarnas nedböjningsberäkningar gjordes för ett tegeltak och ett plåttak. Balken är 100 mm bred och 200 mm hög. Balkens hållfasthetsklass är C30. Balkens längd är 4000 mm.

Tegeltak		Plåttak	
L	4 m	4000 mm	
Snölast	1,702 kN/m		
Egenvikt	1 kN/m		
$M_{g,k}$	2 kNm		
$M_{q,k}$	5,3188 kNm		
$V_{g,k}$	2 kN		
$V_{q,k}$	3,404 kN		
$A_{g,k}$	2 kN		
$A_{q,k}$	3,404 kN		
Nedböjning, tegeltak		Nedböjning, plåttak	
b		100,00 mm	
h		200,00 mm	
$I_y = (b \cdot h^3) / 12$		6,67E+07 mm ⁴	
E_{mean}		12000,00 N/mm ²	
$w_{inst,G} = (5 \cdot p l^4) / (384 \cdot EI)$		4,17 mm	
$w_{inst,Q} = (5 \cdot p l^4) / (384 \cdot EI)$		7,09 mm	
$w_{inst} = w_{inst,G} + w_{inst,Q}$		11,26 mm	
Tillåten nedböjning	L/300	13,33333 mm	
Nedböjningen är ok.			
Total nedböjning			
k_{def}		0,6	
$w_{fin} = (1 + k_{def}) \cdot w_{inst,G} + (1 + 0,2 \cdot k_{def}) \cdot w_{inst,Q}$			
w_{fin}		14,60933 mm	
Tillåten nedböjning	L/300	13,33333 mm	
Nedböjningen är för stor, inte ok.			
L	4 m	4000 mm	
Snölast	1,702 kN/m		
Egenvikt	0,5 kN/m		
$M_{g,k}$	1 kNm		
$M_{q,k}$	5,3188 kNm		
$V_{g,k}$	1 kN		
$V_{q,k}$	3,404 kN		
$A_{g,k}$	1 kN		
$A_{q,k}$	3,404 kN		
Nedböjning, tegeltak		Nedböjning, plåttak	
b		100,00 mm	
h		200,00 mm	
$I_y = (b \cdot h^3) / 12$		6,67E+07 mm ⁴	
E_{mean}		12000,00 N/mm ²	
$w_{inst,G} = (5 \cdot p l^4) / (384 \cdot EI)$		2,08 mm	
$w_{inst,Q} = (5 \cdot p l^4) / (384 \cdot EI)$		7,09 mm	
$w_{inst} = w_{inst,G} + w_{inst,Q}$		9,18 mm	
Tillåten nedböjning	L/300	13,33333 mm	
Nedböjningen är ok.			
Total nedböjning			
k_{def}		0,6	
$w_{fin} = (1 + k_{def}) \cdot w_{inst,G} + (1 + 0,2 \cdot k_{def}) \cdot w_{inst,Q}$			
w_{fin}		11,276 mm	
Tillåten nedböjning	L/300	13,33333 mm	
Nedböjningen är ok.			

Som man ser från beräkningarna uppfylls inte de kraven gällande nedböjning för tegeltaksstrukturen.