

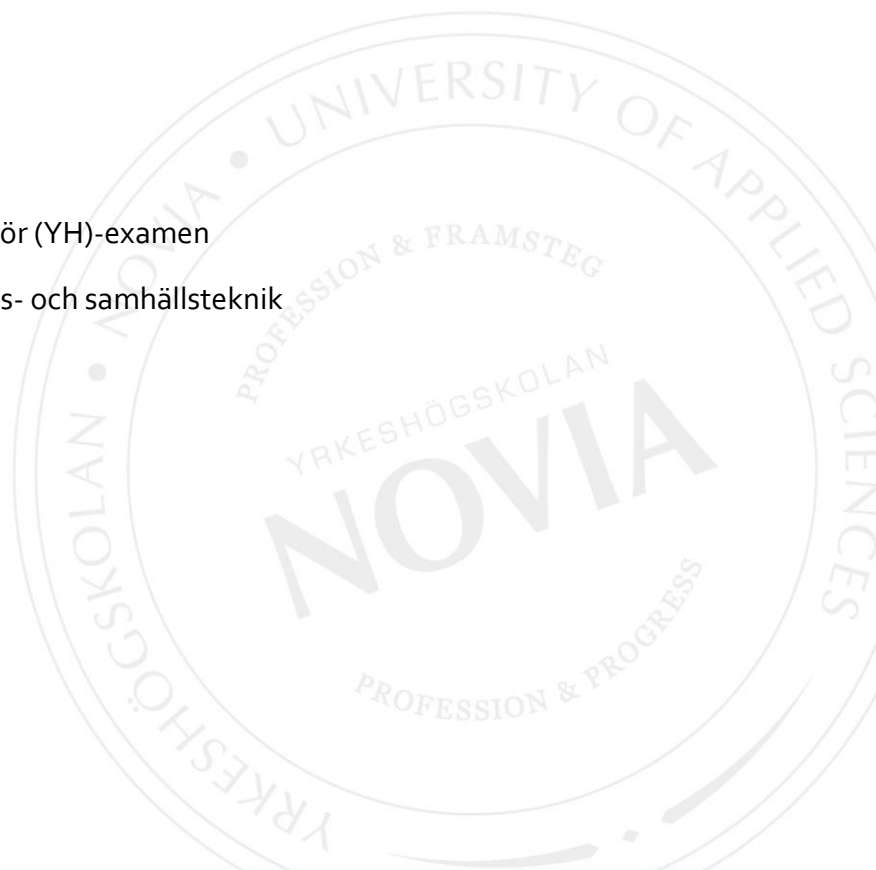
Energicertifikat och lufttäthetsmätning av småhus

Casper Carlsson

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Utbildningen för byggnads- och samhällsteknik

Ekenäs 2019



EXAMENSARBETE

Författare: Casper Carlsson

Utbildning och ort: Byggnads- och samhällsteknik, Ingenjör YH, Raseborg

Inriktning/alternativ/Fördjupning: Projektering och byggnadskonstruktion

Handledare: Towe Andersson

Titel: Energicertifikat och lufttäthetsmätning av småhus

Datum 9.5.2018

Sidantal 31

Bilagor

Abstrakt

Detta examensarbete behandlar två separata ämnen som till en del hör ihop med varandra, det vill säga energicertifikat och lufttäthetsmätning. Examensarbete första del går ut på energicertifikat med basinformation och en del exempel från en byggnad som jag upprättat energicertifikat för. Jag har använt mig av Excel programmet Timbal Energia 1.1.0 vid beräkningen.

Den senare delen går in på lufttäthetsmätningarna, hur dessa skall utföras, med vilka medel och vad man bör göra för förberedelser innan själva täthetsmätningen påbörjas. Det går att utföra en lufttäthetsmätning på två sätt, endera med byggnadens egna ventilationssystem eller med hjälp av ett så kallat Blower door system. I detta arbete har jag fördjupat mig på det senare nämnda systemet, det vill säga med ett skilt täthetsmätinstrument.

Detta examensarbete ger läsaren en snabb och informationsrik inblick på dessa två ämnen. Här finns nämnt allt det väsentliga när det gäller energicertifikat och lufttäthetsmätning för småhus.

Språk: Svenska

Nyckelord: Energicertifikat, lufttäthetsmätning, Excel

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Casper Carlsson

Koulutus ja paikkakunta: Rakennus ja yhdyskuntatekniikka, Raasepori

Suuntautumisvaihtoehto/Syventävät opinnot: Rakennesuunnittelu

Ohjaajat: Towe Andersson

Nimike: Energiatodistus ja ilmatiiviysmittaus pientaloissa

Päivämäärä 9.5.2019

Sivumäärä 31

Liitteet

Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö käsittelee, kahta erillistä aihetta jotka liittyvät osittain toisiinsa, eli energiatodistus ja ilmatiiviuden mittaus. Opinnäytetyön ensimmäinen osa käsittelee energiatodistuksia, jossa on perustietoa ja muutamia esimerkkejä, energiatodistuksesta jonka mallinsin. Käytin Excel pohjaista Timabal Energia 1.1.0 ohjelmaa laskentaan. Jälkimmäisessä osassa käsitellään ilmatiiviysmittauksia, miten ne tulisi suorittaa, millä keinoin ja mitä valmisteluja tulee tehdä ennen itse tiiviysmittausta. On mahdollista suorittaa ilmatiiviysmittaus kahdella tavalla, joko rakennuksen omalla ilmanvaihtojärjestelmällä tai Blower Door Systemillä. Tässä työssä olen syventynyt viimeksi mainittuun järjestelmään, eli erilliseen tiiviysmittauslaitteistoon. Opinnäytetyö antaa lukijalle nopean ja informatiivisen käsityksen näistä kahdesta aiheesta. Kaikki tärkeimmät asiat koskien pientalojen energiatodistuksia ja ilmatiiviysmittauksia mainitaan.

Kieli: Ruotsi

Avainsanat: Energiatodistus, ilmatiiviysmittaus, Excel

BACHELOR'S THESIS

Author: Casper Carlsson

Degree Programme: Construction Engineering

Specialization: Structural Engineering

Supervisors: Towe Andersson

Title: Energy Performance Certificates and Airtightness Measurement for Small Buildings

Date 9.5.2019

Number of pages 31

Appendices

Abstract

This thesis deals with two separate subjects that are partly related to each other, that is energy performance certificates and airtightness measurement. First part of the thesis is about energy certificates with basic information and some examples from a building which I have established an energy certificate for. I used an Excel program, Timbal Energia 1.1.0 for the calculation.

The latter part tells about the airtightness measurements, how these should be carried out and which preparations should be made before the actual airtightness measurement begins. It is possible to perform an airtightness measurement in two ways, either with the buildings own ventilation system or with a blower door system. This thesis will focus more on the latter system.

This thesis gives the reader a quick and informative introduction these two subjects. All the essentials are mentioned when it comes to energy performance certificates and airtightness measurement for small buildings.

Language: Swedish
measurement, Excel

Key words: Energy performance certificates, airtightness

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
2	Vad är ett energicertifikat.....	1
2.1	När krävs ett energicertifikat	1
2.1.1	Vem får upprätta ett certifikat.....	2
2.1.2	Lagens syfte och tillämpningsområde.....	3
3	Beräkningsföreskrifter.....	4
3.1	E-talet.....	4
3.1.1	Beräknade förbrukning av köpt energi.....	4
3.1.2	Nybyggnads energicertifikat	5
3.1.3	Befintlig byggnads energicertifikat	6
3.1.4	Månadsbaserad beräkningsräknemetod.....	6
3.1.5	Dynamisk beräkningsmetod	6
4	Beräknings objekt	7
4.1	Byggnadsdelars area	7
4.1.1	Konstruktioner	8
4.1.2	Energiformsfaktorer.....	9
5	Beräkning med Timbal Energia 1.1.0	9
5.1	Behövlig information för beräkning	11
6	Energicertifikat för objektet.....	12
6.1.1	Energiprestanda klassificering för små bostadsbyggnader.....	17
7	Konstruktionens lufttäthet.....	18
7.1	Luftläcketal, n_{50} [1/h].....	18
7.1.1	Luftläcketal q_{50} [$m^3/(h m^2)$].....	19
7.1.2	När bör en täthetsmätning utföras	19
7.1.3	Byggnadens tryckskillnad	19
7.1.4	Möjliga problem förorsakade av luftläckage.....	20
8	Mätinstrument för lufttäthet.....	22
8.1	Krav på Mättingsförhållanden (50Pa).....	24
8.1.1	Luftläckagemätning förberedelser	24
8.1.2	Behövlig utrustning för lufttäthetsmätning	26
8.1.3	Lufttäthetsmätning	26
8.1.4	Lufttäthetsrapportens innehåll.....	27
9	Sammanfattning.....	29
10	Källförteckning	30

1 Inledning

I Finland har energicertifikat varit i bruk sedan år 2008. Energeticertifikaten har haft en positiv inverkan särskilt på nybyggnaders energieffektivitet, med hjälp av striktare U-värdeskrav med mer har vi lyckats få allt energisnålare byggnader. Men man får inte glömma att ventilationen skall fungera i enlighet med byggnaden för att förhindra fuktskador i våra välisolerade hus.

1 januari 2008 fick vi vår första lag angående energicertifikat. Denna har uppdaterats i två omgångar, 1 juni 2013 kom första uppdateringen vilken även ändrade på energicertifikatens upprättningsätt. Senaste lagen angående energicertifikat kom år 2018 men denna har inte ändrat på upprättningen.

Lufttäthetsmätningarna går hand i hand med energicertifikatet. I dagens nybyggnader eftersträvar man nära nollenergihus och detta betyder i praktiken välisolerade hus. Men i en byggnad med isoleringstjocklekar på större än 250mm i en yttervägg eller så behövs en tät och fungerande diffusionsspärr och framför allt en tillräcklig ventilation. Vanligtvis då i form av maskinell från- och tilluftsventilation. (Paloniitty 2012, 12-13)

2 Vad är ett energicertifikat

Ett energicertifikat är ett verktyg för att jämföra och förbättra byggnaders energiprestanda vid försäljning samt uthyrning. Certifikatet ger relevant information om byggnaden, vilket i sig gör vårt köpbeslut en aning lättare. Dessutom innehåller certifikatet rekommendationer på energibesparingsåtgärder.

I Finland har det krävts energicertifikat sedan år 2008 för alla nya byggnader som uppförts. Från och med 2009 har det krävts certifikat vid försäljning och uthyrning av stora byggnader och nya småhus. Ett certifikat är tio år i kraft därefter måste det förnyas ifall ägaren har som mål att sälja eller hyra ut byggnaden.

2.1 När krävs ett energicertifikat

Vid ansökan om bygglov för en nybyggnad skall byggnadens beräknade energiprestanda visas i form av energicertifikat. Däremot behövs inte ett certifikat vid bygglovsansökan för reparations- eller ändringsarbete på den befintliga byggnaden, utbyggnad eller ändring av användningsändamålet för byggnaden.

Även vid uthyrning och försäljning av ett hus eller lägenhet som har större än eller lika med 50 m² våningsyta krävs ett certifikat. (Markanvändnings- och byggförordningen 50/2013)

Dock krävs inget energicertifikat för följande byggnader som är uppräknade nedan:

- Semesterbostäder som inte används för bedrivande av inkvarteringsverksamhet (Markanvändnings- och byggförordningen 50/2013)
- Byggnader som används av försvarsförvaltningen och vilka som sådana eller vid användning har anknytning till sekretessbelagd information. (Markanvändnings- och byggförordningen 50/2013)
- Tillfälliga byggnader som uppförs på platsen och som får vara i användning högst två år (Markanvändnings- och byggförordningen 1999/132)
- Industribyggnader och verkstäder. (Markanvändnings- och byggförordningen 1999/132)
- Jordbruksbyggnader som inte används för boende och som har lågt energibehov. (Markanvändnings- och byggförordningen 1999/132)
- Byggnader som skyddas med stöd av lagen om skyddande av byggnadsarvet (498/2010). Det vill säga byggnader som är av arkitektoniskt eller historiskt värde. (Markanvändnings- och byggförordningen 1999/132)

2.1.1 Vem får upprätta ett certifikat

Kravnivån för att upprätta ett energicertifikat delas upp i två delar, grundläggande nivå och högre nivå. Som namnet i sig själv säger är högre nivå mera omfattande och kräver högre kompetens. (Markanvändnings- och byggförordningen 170/2013)

Kravnivån för uppgiften att upprätta energicertifikat är högre nivå, då certifikatet upprättas för en avkyld byggnad. Med avkylning menas avkylningsapparat som fungerar med tilluftssystemet. Hit räknas inte med luftvärmepumpar som används tillfälligt på somrarna för avkylning av byggnaden. I övrigt är kravnivån grundläggande nivå.

För att upprätta ett energicertifikat av kravnivån grundläggande nivå skall man ha högre högskoleexamen eller yrkeshögskoleexamen inom bygg-, husteknik- eller energiteknikbranschen alternativt tidigare byggnadsingenjörs- eller byggnadsarkitekts-,

VVS-ingenjör-, maskiningenjör- eller elingenjörsexamen även VVS-tekniker-, eltekniker- eller byggmästarexamen godkänns. Som arbetserfarenhet vilken ersätter bristfällig utbildning godkänns minst tre års erfarenhet i uppgifter som berör ämnet byggnaders energiprestanda. (Markanvändnings- och byggförordningen 170/2013)

Då kravnivån uppnår svårighetsgraden högre nivå bör upprättaren ha högre högskoleexamen eller yrkeshögskoleexamen inom bygg-, husteknik- eller energiteknikbranschen eller tidigare byggnadsingenjör- eller byggnadsarkitektexamen eller VVS-ingenjör-, maskiningenjör- eller elingenjörsexamen. Ifall man inte har den krävda utbildningen kan man även med rätt sorts arbetserfarenhet bli beviljad rätt att upprätta energicertifikat. Ett års arbetserfarenhet i uppgifter som gäller beräkning av byggnader med ett dynamiskt räknesätt, men detta förutsätter att sökande har behörighet att upprätta energicertifikat på grundläggande nivå från tidigare. (Markanvändnings- och byggförordningen 170/2013)

Det räcker inte enbart med rätt utbildning eller arbetserfarenhet, man måste även kunna bevisa sin kompetens. I det här fallet genom en tent som ordnas av Suomen LVI-liitto SuLVI ry. År 2019 kostar själva tenten 120€ + moms 24 %, plus att de debiterar 190€ + moms 24 % för att kolla den ansökandes kompetens, d.v.s. att kolla upp ifall personen har rätt utbildning alternativt tillräcklig arbetserfarenhet inom ämnet. Upprättarna bör alla höra till ARAs (Finansierings- och utbildningscentralen för boendet) energicertifikats register, där kan privatpersoner samt företag hitta behöriga personer. Alla certifikat sparas i registret, man kan endast underteckna bevisen elektroniskt och enbart skriva ut dem via energicertifikatsregistret.

Det bör också ligga i beställarens intresse att ta reda på ifall upprättaren har rätt kompetens och att den hör till ARAs register. Dessutom är det till fördel att veta att upprättarnas behörighet är giltig under en bestämd tid som får vara högst sju år. (motiva.fi/energiatodistuksenlaatijat)

2.1.2 Lagens syfte och tillämpningsområde

Syftet med denna lag är att förbättra byggnaders energiprestanda samt gynna användningen av förnybar energi i byggnader. Dessutom ger detta en chans att jämföra olika byggnaders energiprestanda och på så vis komma på en optimal lösning. (Markanvändnings- och byggförordningen 50/2013)

Omkring 40 % av den totala energiförbrukningen i Finland hänför sig till byggnader. Medan energipriset fortsättningsvis stiger kan vi fortfarande hålla energikostnaderna under kontroll genom att förbättra på energiprestandan. Bättre energiprestanda leder ofta också till ökad boendekomfort.

3 Beräkningsföreskrifter

Energicertifikat beräknas enligt föreskrifter och tabeller som framstår i miljöministeriets förordning om energicertifikat 1048/2017, denna bilaga är utgiven 28 december 2017. På finska publicerades senaste version 1 november 2018.

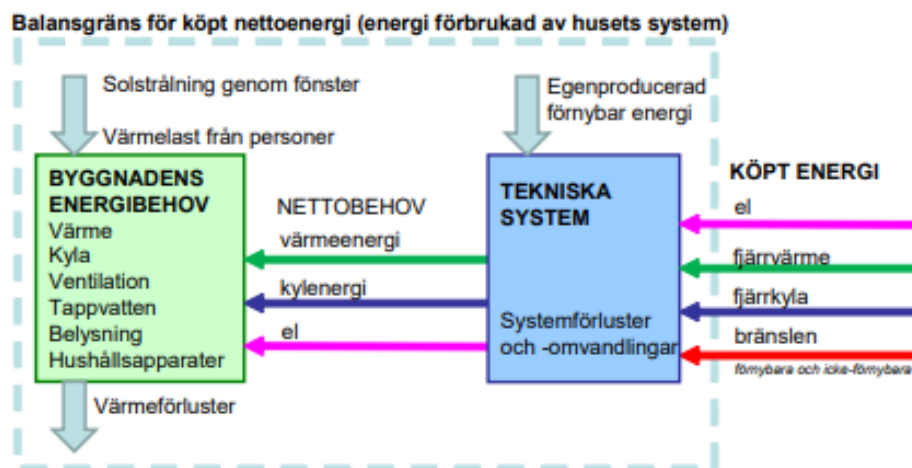
3.1 E-talet

E-talet står för det beräknade jämförelsetalet för energiprestanda i energicertifikatet. E-talet för en byggnad eller en del av en byggnad bestäms genom byggnadens beräknade årliga förbrukning av köpt energi vilket divideras med byggnadens värmda nettoarea. (Miljöministeriets förordning 1048/2017)

3.1.1 Beräknade förbrukning av köpt energi

Byggnadens beräknade förbrukning av köpt energi är byggnadens standardanvändning av energi, där energin skaffas till byggnaden till exempel från fjärrvärmenät, elnätet, fjärrkylanätet, eller utvinns ur förnybara eller fossila bränslen. Den beräknade förbrukningen av köpt energi omfattar den energi vilken förbrukas av ventilations-, uppvärmnings-, kylsystemen-, och hushållsapparaterna samt belysningen. (Miljöministeriets förordning 1048/2017)

Figur 1 är tagen från Finlands byggbestämmelsesamling D3 som inte längre är i kraft. Men jag valde fortfarande att använda mig av den för att bilden ger en tydlig syn över vad man ska observera vid beräkningen.



Figur 1 Balansgräns för förbrukning av köpt energi (Finlands byggbestämmelsesamling D3)

3.1.2 Nybyggnads energicertifikat

Som redan tidigare tagits upp så krävs det energicertifikat för nybyggnader redan vid bygglovsansökan. Före man beställer slutsyn hos byggnadsinspektören skall det slutliga certifikatet vara upprättat och underskrivet digitalt. Det är normalt att byggnaden inte ännu vid lovskedet har en byggnadsbeteckning då bör denna införas i energicertifikatet i ett senare skede då beteckningen finns till förfogande. Ett annat normalt scenario är att det blir ändringar i ursprungliga planerna, det vill säga att till exempel det maskinella från- och tilluftssystemets värmeåtervinning är en bråkdel av vilket som står på certifikatet. Detta har en betydlig inverkan på energicertifikatets E-tal och bör åtgärdas. (Ympäristöministeriön energiatodistusopas 2018)

Fastän en nybyggnads energicertifikat upprättas av en behörig person, så behövs även övriga specialplanerarens hjälp. I småhus så använder man sig mera sällan av arkitekter men då får man fråga storleksdata av till exempel konstruktionsplaneraren. (Ympäristöministeriön energiatodistusopas 2018)

Upprättaren samlar ihop behövlig information av flera olika planerare:

- Byggnadens areal/ volym av arkitekten.
- Konstruktionsdata av konstruktionsplaneraren.
- El- och belysningsdata av elplaneraren
- Uppvärmnings-, ventilations-, och vattensystemdata av VVS-planeraren

3.1.3 Befintlig byggnads energicertifikat

Vid upprättande av ett energicertifikat för en befintlig byggnad gäller samma principer som för en ny. För beräkningen används samma beräkningsregler och det behövs samma utgångsdata som för en nybyggnad. (Ympäristöministeriön energiatodistusopas 2018)

Upprättaren bör alltid bekanta sig med objektet och på så vis skaffa sig den behövliga informationen. Om byggnadens ägare har några gamla ritningar med mer kan dessa vara till stor hjälp. Även bruks- och användningsanvisningarna kan hjälpa upprättaren på traven. Gjorda observationer torde rapporteras, dessutom borde man se efter kostnadseffektiva energibesparingsåtgärder när man befinner sig på plats. För att man måste ge energieffektiviseringsförslag på en befintlig byggnad. Dessutom skall man nämna den verkliga köpta energimängden, om den informationen finns till förfogande. (Ympäristöministeriön energiatodistusopas 2018)

3.1.4 Månadsbaserad beräkningsräknemetod

Enligt 8 paragrafen i energiprestandaförordningen kan en ny byggnads beräknade energiförbrukning beräknas med hjälp av en månadsbaserad beräkningsmetod för en byggnad. Detta gäller där det inte krävs någon kylning för att upprätthålla inomhustemperaturen eller då kylning endast krävs i en liten del av byggnaden, max 10 procent av byggnadens nettoarea. Även då kylning krävs i utrymmen vars uppvärmda nettoarea är mindre än 50 m² fungerar denna beräkningsmetod. (Miljöministeriets förordning 1048/2017)

Alla nya byggnader som hör till kategori 1 det vill säga småhus, flervåningshus i max 2 våningar samt radhus får räknas med hjälp av månadsbaserad beräkningsräknemetod. I punkt 5.1.1 tabell 1-4 finns dessa byggnader nämnda med nettoareor. Dessutom får alla befintliga byggnader fastän de skulle vara avkylda räknas med månadsbaserad räknemetod så länge som man följer reglerna som står skrivna i miljöministeriets förordning 1048/2017 i avsnitt 3 över ett alternativt sätt för beräkning av en avkyld byggnad.

3.1.5 Dynamisk beräkningsmetod

Dynamisk beräkningsmetod är enbart obligatorisk att använda vid beräkning av ett nytt energicertifikat för en avkyld byggnad vid bygglovsansökan. I övriga fall är det frivilligt att använda sig av dynamisk beräkningsmetod.

Den dynamiska beräkningsmetoden är mera grundlig och beräkningen av värmeöverföringen skall beakta konstruktionernas värmemagasinande egenskaper i tidsintervall på högst en timme. (Miljöministeriets förordning 1010/2017)

4 Beräknings objekt

Jag har upprättat ett energicertifikat för en befintlig byggnad till mitt examensarbete. Byggnaden är ett tvåvånings egnahemshus med 172 m² bostadsyta. Huset blev färdigställt år 2001. Byggnaden är både med platta på mark och trossbotten. Som värmesystem fungerar direkt el kopplat till ett takvärmesystem. Byggnaden ventileras med hjälp av maskinell från- och tilluftsventilation.

Min familj och jag själv bor i huset så jag har haft lätt att gå omkring i byggnaden och söka fram behövlig information efter hand. Dessutom fick jag en hög med gamla ritningar med mera som jag har utnyttjat vid beräkningarna.

4.1 Byggnadsdelars area

Klimatskalets olika areor som behövs för beräkningen bestäms enligt byggnadens totala innermått. (Miljöministeriets förordning 1048/2017)

Bottenbjälklagets area beräknas enligt innermåttan utan att öppningar och konstruktionernas areor räknas bort. Det vill säga man räknar alla mellanväggar, genomföringar med mera till den totala arean. (Miljöministeriets förordning 1048/2017)

Vindbjälkslagets area beräknas enligt ytterväggarnas innermått, men ifall byggnaden har takfönster så skall de dras av från totala arean. Däremot dras inte genomföringar som (kanaler, skorstenar och ventilationsrör) från bottenbjälklagets area. (Miljöministeriets förordning 1048/2017)

Ytterväggarnas area beräknas enligt ytterväggarnas innermått från bottenbjälklagets golvyta yta till vindbjälkslagets nedre yta med avdrag för dörröppningarna. (Miljöministeriets förordning 1048/2017)

Fönster- och dörrareor beräknas enligt karmens yttermått. (Miljöministeriets förordning 1048/2017)

4.1.1 Konstruktioner

För nya byggnader fås konstruktionernas värmeledningskoefficienter från byggnadsplanen. För befintliga byggnader tar man reda på värmeledningskoefficienterna vid inspektionen eller med hjälp av byggnadsritningar eller genom att använda sig av typiska värden som var i kraft då bygglovets beviljades. (Miljöministeriets förordning 1048/2017)

Byggnadsdel	Bygglovets blev anhängigt år								
	-1969	1969-	1976-	1978-	1985-	10/2003-	2008-	2010-	2012-2018-
Varma utrymmen									
Yttervägg	0,81	0,81	0,70	0,35	0,28	0,25	0,24	0,17*	0,17*
Bottenbjälklag på mark	0,47	0,47	0,40	0,40	0,36	0,25	0,24	0,16	0,16
Bottenbjälklag med kryprum	0,47	0,47	0,40	0,40	0,40	0,20	0,20	0,17	0,17
Bottenbjälklag mot det fria	0,35	0,35	0,35	0,29	0,22	0,16	0,16	0,09	0,09
Vindsbjälklag	0,47	0,47	0,35	0,29	0,22	0,16	0,15	0,09	0,09
Dörr	2,2	2,2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,0	1,0
Fönster	2,8	2,8	2,1	2,1	2,1	1,4	1,4	1,0	1,0
Delvis uppvärmda utrymmen									
Yttervägg	0,81	0,81	0,70	0,60	0,45	0,40	0,38	0,26*	0,26*
Bottenbjälklag på mark	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,36	0,34	0,24	0,24
Bottenbjälklag med kryprum	0,60	0,60	0,60	0,60	0,40	0,30	0,28	0,26	0,26
Bottenbjälklag mot det fria	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,30	0,28	0,14	0,14
Vindsbjälklag	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,30	0,28	0,14	0,14
Dörr	2,2	2,2	2,0	2,0	2,0	1,8	1,8	1,4	1,4
Fönster	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	1,8	1,8	1,4	1,4

Figur 2 Värmeledningskoefficienter för konstruktioner, W/m²K (Miljöministeriets förordning 1048/2017)

4.1.2 Energiformsfaktorer

Vid beräkning av E-talet skall förbrukade energin multipliceras med dessa numeriska värden på energiformsfaktorer för byggnader. (Markanvändnings- och byggförordningen 788/2017)

Det vill säga direkt el värma har den överlägset största multiplikationsfaktorn. Ifall att vi jämför mot fjärrvärmesystemet som har en energiformsfaktor som är över tvådubbelt mindre som den för el. Om vi tänker att vi förbrukar 100 kW med direkt el uppvärmning blir detta multiplicerat med energiformsfaktorerna 120 kW, medan det med fjärrvärme system blir 50 kW.

- 1) 1,20 för el,
- 2) 0,50 för fjärrvärme,
- 3) 0,28 för fjärrkyla,
- 4) 1,00 för fossila bränslen,
- 5) 0,50 för förnybara bränslen som används i en byggnad.

Figur 3 Energiformsfaktorerna för byggnader (Markanvändnings- och byggförordningen 788/2017)

5 Beräkning med Timbal Energia 1.1.0

Timbal energiprogrammet är uppbyggt på ett Excel-botten. Själva beräkningarna och informationsdelen går på finska, eller i princip är beräkningsprogrammet uppbyggt på finska. Men man får det färdiga energicertifikatet på både svenska och finska. Programmet upprätthålls och uppdateras av Timbal Palvelut Oy. År 2019 är grundavgiften, det vill säga själva programmet 1155 € + moms 24 %. I denna grundavgift hör även första årets användningsavgift med. Därefter kostar användning 404 € + moms per år.

Först skall man ange byggnadens basinformation samt upprättarens information. Därefter går man till själva räknedelen, vilken är uppbyggd av sjutton olika skeden var det gäller att modellera in byggnaden enligt bästa förmåga. Men energiprogrammet är smart uppbyggt

och man får hjälp till en massa av punkterna via informationsrutor som är inbyggda i programmet. De är ytterst lättförståeliga och klart beskrivna förutsatt att man förstår det finska språket.

När beräkningen är utförd och byggnaden är korrekt modellerad går det att skriva ut certifikatet. Men som tidigare nämnts i texten så skall man för befintliga byggnader ge åtgärdsförslag för att energieffektivisera byggnaden. Detta program har ett ytterst smart system för att jämföra olika effektiviseringsåtgärder. Man gör på det gamla modelleringsbottnet någon energibesparingsåtgärd och sparar den som en ny jämförelsetabell. Därefter jämför programmet själv denna åtgärd med den ursprungliga modelleringen.

Från figur 4 kan vi se hur Timbal energiprogrammet har jämfört två olika värmeåtervinningssystem. Byggnadens nuvarande ventilationsmaskin har ingen värmeåtervinning medan den som vi har modellerat in som jämförelse har 80 % värmeåtervinning på frånluften. En ny ventilationsmaskin kostar cirka 4000 € och detta skulle betyda att efter ungefär 4 år så har man sparat in denna kostnad med hjälp av energibesparingen som den för med sig på 958 € per år.

Simulointiskenaarioiden tulosten yhteenveto									
Kohde: K 409056 T 2, Tuohitorventie 8, Porvoo, ()									
Laskenta skenaario	Osto- ja kokonaisenergiankulutus, kWh/vuosi	Osto- ja kokonaisenergian kustannus	CO ₂ päästöt, kg CO ₂ /a	E-luku ja E-luokka	Vuosittaiset käyttö- ja huolto-kustannukset, €/vuosi	Investointi	Energian säästö, kWh/vuosi	Kustannusten säästö, €/vuosi	Takaisinmaksuaika, vuotta
Nykyinen rakennus	51618	6 440 €	10256	E (342)	0€	-	-	-	-
1. IV+LTO	44253	5 483 €	8636	E (290)	0€	4 000 €	7366	958 €	4
					0€				
					0€				

Copyright © Timbal Palvelut Oy

Figur 4 Jämförelse mellan maskinell från- och tilluftsventilation med och utan värmeåtervinning (Timbal Energia 1.1.0)



Figur 5 Graf över på vilket tidsintervall som man har sparat in investeringen (Timbal Energia 1.1.0)

5.1 Behövlig information för beräkning

Då jag upprättade energicertifikatet för objektet med hjälp av Timbal energiprogrammet har jag gjort en hel del observationer på objektet som jag därefter modellerat in i beräkningsprogrammet. I detta objekt har jag beaktat följande för att kunna göra upp energicertifikatet.

- Byggnadsdelarnas area (m^2) samt U-värde (W/m^2K)
 - Ytterväggar, övrebjälklag, bottenbjälklag, dörrar, total fönsterarea skilt för väderställen (norr, söder, väster, öster)
- Byggnadens lufttäthet
- Ventilationssystemets funktion
- Varmvatten
 - Varmvattenboiler (storlek och isoleringstjocklek)
- Eldstad

6 Energicertifikat för objektet

Det färdiga energicertifikatet består av åtta sidor, jag har själv valt att ta med de fem väsentliga här i mitt arbete. De tre som jag lämnade bort var tomma sidor med åtgärdsförslag och tilläggsuppgifter.

E-talet för beräkningsobjektet blev energiprestandaklass E. Resultatet blev svagare som jag hade tänkt mig, men detta kan förklaras med att u-värdes kraven var mycket lägre år 2001 och att det inte finns någon värmeåtervinning i byggnaden.

ENERGICERTIFIKAT 2018

Byggnadens namn och adress: K 409056 T 2
Näverlurvägen 8
06450 Borgå

Permanent byggnadsbeteckning: 0
Byggnaden färdigställd år: 2001
Byggnadens användningskategori: Yhden asunnon talot

Certifikatnummer:

Energicertifikatet har upprättats

för en ny byggnad i samband med att byggnad söks

för en ny byggnad när den tas i bruk

för en befintlig byggnad, datum för iakttagelser på plats: 15.4.2019

	Energiprestandaklass
A	
B	
C	
D	
E	← E ₂₀₁₈
F	
G	

kWh_e/(m²år)

Beräknat jämförelsetal för byggnadens energiprestanda (E-talet) 342

Krav för E-talet för en ny byggnad ≤109

Certifikatet upprättat av:
Casper Carlsson
Byggnadsingenjör
Digital signatur:

Företag:
Företag Ab
Skäldagårdsvägen 5B10
00160 Ekenäs

Datum för upprättandet:
18.4.2019

Sista giltighetsdag:
18.4.2029

Copyright © Timbal Palvelut Oy

Figur 6 Energiprestanda klass (Timbal Energia 1.1.0)

SAMMANDRAG ÖVER BYGGNADENS ENERGIPRESTANDA													
Beräknad förbrukning av köpt energi och jämförelsetal för energiprestanda (E-tal)													
Uppvärmad nettoarea		172											
Uppvärmningssystemet													
Ventilationssystemet													
Energiformer som används	Köpt energi beräknad vid standardanvändning		Energiforms-faktor	Energiförbrukning viktad med energiformsfaktorn									
	kWh/år	kWh/(m ² år)				kWh _e /(m ² år)							
fjärrvärme			-										
el	46 618	272	0,5	327									
fossila bränslen			1,2										
fjärrkyla			1,0										
förnybara bränslen	5 000	30	0,28	15									
			0,5										
Jämförelsetal för energiprestanda (E-tal)				342									
Byggnadens energiprestandaklass													
Klassificeringsskala som använts för E-talet		Pienet asuinrakennukset											
Klassernas gränsvärden enligt skalan		<table border="1"> <tr> <td>A: ...80</td> <td>B: 81...125</td> <td>C: 126...161</td> </tr> <tr> <td>D: 162...241</td> <td>E: 242...371</td> <td>F: 372...441</td> </tr> <tr> <td>G: 442...</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			A: ...80	B: 81...125	C: 126...161	D: 162...241	E: 242...371	F: 372...441	G: 442...		
A: ...80	B: 81...125	C: 126...161											
D: 162...241	E: 242...371	F: 372...441											
G: 442...													
Energi-prestandaklass för byggnaden		E											
<p>E-talet grundar sig på byggnadens beräknade förbrukning och på energiformsfaktorer. Förbrukningen har beräknats för den uppvärmda nettoarean vid standardanvändning för att E-talen för olika byggnader ska vara jämförbara. På grund av standardanvändningen lämpar sig E-talet inte för en jämförelse av enskilda byggnaders faktiska och beräknade förbrukning. I E-talet ingår energiförbrukningen för byggnadens uppvärmning, ventilation och kylning samt för hushållsapparater och belysning. Energiförbrukningen utanför byggnaden, såsom eluttag för blivärmare, uppvärmning för frostrivret och utbelysning, ingår inte i E-talet.</p>													
ÅTGÄRDSFÖRSLAG FÖR ATT FÖRBÄTTRA E-TALET													
De viktigaste rekommendationerna för att förbättra byggnadens E-tal (gäller inte nya byggnader)													
Rekommendationerna beskrivs mera ingående på s. 6 och 7, under punkten Åtgärdsförslag för att förbättra E-talet.													

Figur 7 Sammandrag över byggnadens energiprestanda (Timbal Energia 1.1.0)

UTGÅNGSVÄRDEN FÖR BERÄKNING AV E-TAL				
Byggnadsobjekt				
Byggnadens användningskategori	Yhden asunnon talot			
Byggnaden färdigställd år	2001	Uppvärmd nettoarea	172	m ²
Klimatdata				
Lufttäcketal q_{00}	4,8	m ² /(h m ²)		
	A	U	UxA	värmeförlusten
	m ²	W/(m ² K)	W/K	%
Ytterväggar	169,0	0,28	47,3	24,0
Vindsbjälklag	121,0	0,22	26,6	13,5
Bottenbjälklag	121,0	0,38	45,7	23,2
Fönster	23,7	2,10	49,8	25,2
Ytterdörrar	8,4	1,40	11,8	6,0
Köldbryggor	-	-	16,1	8,1
Fönster enligt vädersträck				
	A	U	värde för $g_{virkens}$	
	m ²	W/(m ² K)	-	
Norr	7,6	2,10	0,72	
Nordöst	0,0	2,10	0,00	
Öster	4,3	2,10	0,72	
Sydost	0,0	2,10	0,00	
Söder	6,2	2,10	0,72	
Sydväst	0,0	2,10	0,00	
Väster	5,6	2,10	0,72	
Nordväst	0,0	2,10	0,00	
Ventilationssystem				
Beskrivning av ventilationssystemet:				
	Luftflöde till/frånluft (m ³ /s) / (m ³ /s)	Systemets SFP-tal kW/(m ³ /s)	Temperaturrelation för VÄV	Isbildningskydd
Huvudaggregat (ventilation)	0,068/0,068	2,00	-	0,0
Separata utsug	0/0	0,00	-	-
Ventilationssystem	0,068/0,068	2,00	-	-
Årsverkningsgraden för VÄV från byggnadens ventilationssystem:			0 %	
Uppvärmningssystem				
Beskrivning av uppvärmningssystemet:				
	Verkningsgrad för produktion	Verkningsgrad för distribution och avgivning	Värmeeffektivitet *	Ei förbrukad av tillbehör ²
	-	-	-	kWh/(m ² år)
Uppv. av utrymmen och ventilationsluft	100 %	85 %		0,5
Varmvattenberedning	100 %	85 %		1,0
Genomsnittlig årlig värmeeffektivitet för värmepump				
*Kan ingå i den genomsnittliga årliga värmeeffektiviteten i ett system med värmepump				
	Antal st.	Produktion kWh/år		
Värmelagrande eldstad	1	3000		
Luftvärmepump	0	0		
Kylsystem				
Kylsystem	Viktad kylkoefficient för kylningssäsongen			
	0			
Varmt tappvatten				
	Specifik förbrukning	Nettobehov av uppvärmningsenergi		
	dm ³ /(m ² år)	kWh/(m ² år)		
Varmt tappvatten	421	24		
Interma värmelaster enligt användningsgrad				
	Användningsgrad	Personer	Hushållsapparater	Belysning
	-	W/m ²	W/m ²	W/m ²
Personer och hushållsapparater	0,60	2	3	6
Belysning	0,10			

Figur 8 Utgångsvärden för beräkning av E-tal (Timbal Energia 1.1.0)

BERÄKNING AV E-TAL, RESULTAT				
Byggnadsobjekt				
Byggnadens användningskategori	Yhden asunnon talot			
Byggnaden färdigställd år	2001			
Uppvärmd nettoarea, m ²	172			
E-tal, kWh _e /(m ² år)	342			
KOEKÄYTTÖVERSIO				
Specifikation av E-fal				
Använda energiformer	Köpt energi beräknad vid standardanvändning kWh/år	Energiformsfaktor	Energiförbrukning viktad med energiformsfaktorn kWh _e /år kWh _e /(m ² år)	
fjärrvärme		0,5		
el	46 618	1,2	55 942	325,2
fossila bränslen		1,0		
fjärrkyla		0,28		
förnybara bränslen	5 000	0,5	2 500	14,5
TOTALT	51 618		58 442	341
Energi som utvunnits från energi i byggnadens närmiljö, tillvaratagen andel (månadlig specifikation i tilläggsuppgifterna)				
		kWh/år	kWh/(m ² år)	
Solel				
Solvärme				
Vindel				
Energi som en värmepump upptar från värmekällan				
Annan energi som utvunnits ur närmiljön, el				
Annan energi som utvunnits ur närmiljön, värme				
Energi som förbrukas av husets tekniska system				
		El kWh/(m ² år)	Värme kWh/(m ² år)	Fjärrkyla kWh/(m ² år)
Uppvärmningssystemet				
Uppvärmning av utrymmen ¹		0,5	130,2	-
Uppvärmning av tilluft		-	48,7	-
Varmvattenberedning		1,0	61,9	-
Elenergi som förbrukas av ventilationsystemet		6,9	-	-
Kylsystem		0,0	-	0
Hushållsapparater och belysning		21,1	-	-
TOTALT		29,5	240,9	0
¹ Uppvärmningen av tilluft och ersättande luft inne i byggnaden ingår i uppvärmningen av utrymmen				
Nettoenergibehov				
		kWh/år	kWh/(m ² år)	
Uppvärmning av utrymmen ²		21 304	123,9	
Uppvärmning av ventilationsluft ²		8 384	48,7	
Varmvattenberedning		4 200	24,4	
Kylning		0	0,0	
² inkluderar uppvärmning av inläckande luft, ersättande luft och tilluft inne i byggnaden				
³ beräknad inklusive värmeåtervinning				
Lämpökuormal				
		kWh/år	kWh/(m ² år)	
Solen		1 860	10,8	
Personer		1 806	10,5	
Hushållsapparater		2 718	15,8	
Belysning		912	5,3	
Cirkul. varmt tappvatten och förluster från varmvattenb.		2 910	16,9	
Beräkningsverktygets namn och versionsnummer				
Beräkningsverktygets namn och versionsnummer	Timbal Energia versio 1.1.0			

Figur 9 Resultat (Timbal Energia 1.1.0)

Anmärkningar - ventilations- och luftkonditioneringssystem				
Ventilationsmaskinen är helt och hållet utan värmeåtervinning. Med att byta ut den får man en besparing på cirka 950 € i året och återbetalningsperioden är cirka 4 år.				
Åtgärdsförslag och beräknade ändringar i den köpta energin				
1	Byte av ventilationsmaskin till en med 80 % värmeåtervinning.			
2				
3				
	Värme, förändring i köpt energi kWh/år	El, förändring i köpt energi kWh/år	Kylning, förändring i köpt energi kWh/år	E-tal, förändring kWh _e /(m ² år)
1		7366		52
2				
3				
Anmärkningar - belysning, kylsystem, separat eluppvärmning och andra system				
Åtgärdsförslag och beräknade ändringar i den köpta energin				
1				
2				
3				
	Värme, förändring i köpt energi kWh/år	El, förändring i köpt energi kWh/år	Kylning, förändring i köpt energi kWh/år	E-tal, förändring kWh _e /(m ² år)
1				
2				
3				
Rekommendationer för användning och underhåll av byggnaden (påverkar inte E-talet)				
Ytterligare uppgifter om energiprestanda				
Motiva Oy - Saktkunnig i effektiv användning av energi och material, www.motiva.fi				

Figur 10 Åtgärdsförslag (Timbal Energia 1.1.0)

6.1.1 Energiförbrukningsklassificering för små bostadsbyggnader

I ett energicertifikat står nedanstående tabeller för klassificering av energiförbrukningen för en byggnad eller en specifik byggnadsdel. Det beräknade jämförelsetalet för en byggnad eller för en del av en byggnad (E-talet), för vilket enheten [$\text{kWh}_E/(\text{m}^2\text{år})$] används, anges som helhet avrundat uppåt när energiförbrukningsklassen fastställs. (Miljöministeriets förordning 1048/2017)

Energiförbrukningsklass	E-tal ($\text{kWh}_E/(\text{m}^2\text{år})$)
A	E-tal ≤ 80
B	$81 < \text{E-tal} \leq 110$
C	$111 \leq \text{E-tal} \leq 150$
D	$151 \leq \text{E-tal} \leq 210$
E	$211 \leq \text{E-tal} \leq 340$
F	$341 \leq \text{E-tal} \leq 410$
G	$411 \leq \text{E-tal}$

Tabell 1 $50\text{m}^2 \leq A_{\text{netto}} \leq 150\text{m}^2$, A_{netto} är byggnadens uppvärmda nettoarea (Miljöministeriets förordning 1048/2017)

Energiförbrukningsklass	E-tal ($\text{kWh}_E/(\text{m}^2\text{år})$)
A	E-tal $\leq 110 - 0,2 \times A_{\text{netto}}$
B	$110 - 0,2 \times A_{\text{netto}} < \text{E-tal} \leq 215 - 0,6 \times A_{\text{netto}}$
C	$215 - 0,6 \times A_{\text{netto}} < \text{E-tal} \leq 252 - 0,6 \times A_{\text{netto}}$
D	$252 - 0,6 \times A_{\text{netto}} < \text{E-tal} \leq 332 - 0,6 \times A_{\text{netto}}$
E	$332 - 0,6 \times A_{\text{netto}} < \text{E-tal} \leq 462 - 0,6 \times A_{\text{netto}}$
F	$462 - 0,6 \times A_{\text{netto}} < \text{E-tal} \leq 532 - 0,6 \times A_{\text{netto}}$
G	$532 - 0,6 \times A_{\text{netto}} < \text{E-tal}$

Tabell 2 $150\text{m}^2 \leq A_{\text{netto}} \leq 600\text{m}^2$ (Miljöministeriets förordning 1048/2017)

Energiförbrukningsklass	E-tal ($\text{kWh}_E/(\text{m}^2\text{år})$)
A	E-tal $\leq 83 - 0,02 \times A_{\text{netto}}$
B	$83 - 0,02 \times A_{\text{netto}} < \text{E-tal} \leq 131 - 0,04 \times A_{\text{netto}}$
C	$131 - 0,04 \times A_{\text{netto}} < \text{E-tal} \leq 173 - 0,07 \times A_{\text{netto}}$
D	$173 - 0,07 \times A_{\text{netto}} < \text{E-tal} \leq 253 - 0,07 \times A_{\text{netto}}$
E	$253 - 0,07 \times A_{\text{netto}} < \text{E-tal} \leq 383 - 0,07 \times A_{\text{netto}}$
F	$383 - 0,07 \times A_{\text{netto}} < \text{E-tal} \leq 453 - 0,07 \times A_{\text{netto}}$
G	$453 - 0,07 \times A_{\text{netto}} < \text{E-tal}$

Tabell 3 $A_{\text{netto}} > 600\text{m}^2$ (Miljöministeriets förordning 1048/2017)

Energiprestandaklass	E-tal (kWh _{eq} /(m ² år))
A	E-tal ≤ 70
B	71 ≤ E-tal ≤ 106
C	107 ≤ E-tal ≤ 130
D	131 ≤ E-tal ≤ 210
E	211 ≤ E-tal ≤ 340
F	341 ≤ E-tal ≤ 410
G	411 ≤ E-tal

Tabell 4 Radhus och flervåningshus i max två våningar (Miljöministeriets förordning 1048/2017)

7 Konstruktionens lufttätet

Med lufttätet menas konstruktionens vatten-, luft-, och vattenångatätet. Med lufttätet mäts konstruktionens kapacitet mot luftgenomsläpplighet. Luften slipper oftast att strömma genom diffusionsspärren vid genomföringar och naturligtvis vid anslutningar till fönster och dörrar. Detta går till en stor del att förhindra men kräver extra noggrannhet vid tätande av dessa problempunkter.

Byggnadens lufttätet har en betydlig inverkan på inomhusluften samt konstruktionernas fukttekniska egenskaper. En god tätet minskar känslan av drag och förhindrar möjliga fuktskador.

Luftläcket har en stor inverkan på byggnadens totala energiförbrukning. I till exempel småhus ökar den beräknade totalenergiförbrukningen med (2-7 %) per varje n_{50} heltal. Det vill säga skillnaden på ett hus med luftläcketal på 4,0 1/h till 1,0 1/h är 6-20 % mera totalenergiförbrukning. Det är också skäl att komma ihåg att olika människors levnadsvanor är mycket avvikande så dessa procenttal i energiförbrukningen kan även variera radikalt från person till person fastän luftläcketalet vore detsamma. (RT 80-10974)

7.1 Luftläcketal, n_{50} [1/h]

Luftläcketalet n_{50} står för hur många gånger byggnadens luftvolym växlas under en timme genom läckage i konstruktionen, då man orsakar ett 50 Pascals undertryck alternativt övertryck i byggnaden. Volymen beräknas genom byggnadens inre mått, om det är ett flervåningshus räknas inte mellanbjälklaget med i totalvolymen. (Paloniitty 2012, 15)

7.1.1 Luftläckagetal q_{50} [$\text{m}^3/(\text{h m}^2)$]

Luftläckagetalet q_{50} beskrivs som byggnadsmantelns genomsnittliga läckageluftflöde per timme vid 50 Pascals tryckskillnad för totala innermättet i byggnaden [$\text{m}^3/(\text{h m}^2)$]. Till byggnadsmantelns yta räknas ytterväggarna i sin helhet med fönster och dörrar och dessutom botten samt takbjälklaget. (Paloniitty 2012, 15)

Klimatskalets luftläckagetal q_{50} kan beräknas från talet n_{50} med formeln nedan.

$$q_{50} = \frac{n_{50}}{A_{\text{klimatskal}}} \quad (1)$$

där

q_{50} klimatskalets luftläckagetal vid en tryckskillnad på 50 Pa [$\text{m}^3/(\text{h m}^2)$]

n_{50} byggnadens luftläckagetal vid en tryckskillnad på 50 Pa (1/h)

V byggnadens luftvolym, m^3

$A_{\text{klimatskal}}$ klimatskalets area inklusive bottenbjälklag, m^2

7.1.2 När bör en täthetsmätning utföras

En täthetsmätning bör utföras då n_{50} värdet är mindre än 4, detta värde finns inskrivet på energicertifikatet och behövs även för beräkningarna där. I småhus räknas värdet $\leq 1,0$ 1/h som utmärkt, normalt är det cirka 3,0 1/h och man anser det vara ett svagt resultat då värdet är ≥ 8 1/h. (RT 80-10974)

Det högsta luftläckagetalet för byggnadsmanteln n_{50} är 4 1/h. Men det står skrivet i Miljöministeriets förordning 1010/2017 om nya byggnaders energiprestanda att 'Luftläckagetalet får dock vara högre än 4,0 $\text{m}^3/(\text{h m}^2)$ om byggnadens konstruktionslösningar, som följer av byggnadens användningsändamål, kräver det'. Jag skulle själv tolka detta som byggnader med traditionell timmerstock.

7.1.3 Byggnadens tryckskillnad

Luftmassan runt jordklotet orsakar ett atmosfärtryck. Tryckets storlek är beroende av väderfenomen samt mätningshöjden. Trycket på marknivå är cirka 1 bar vilket är samma sak som 100 000 Pa. (Paloniitty 2012, 8)

Då det talas om byggnadens tryckskillnad mellan inomhus och utomhusluften, anges det alltid i enheten pascal (Pa). Tryckskillnader mellan byggnaden och uteluften bildas på grund av skorstenseffekten, vinden och ventilationssystemet. (Paloniitty 2012, 8)

- 90 Pa: Max tryckskillnad som bör användas vid lufttäthetsmätningar, större skillnad kan förorsaka fogsador. (Paloniitty 2012, 8)
- 50 Pa: Tryckskillnaden som används vid täthetsmätningarna. (Paloniitty 2012, 8)
- 30 Pa: Största rekommenderade undertrycket vid bruk av byggnaden. (Paloniitty 2012, 8)
- 15 Pa: Rekommenderade undertrycket vid värmekamerafotografering. (Paloniitty 2012, 8)

Det borde alltid strävas efter att hålla undertryck i byggnader, speciellt i moderna byggnader med maskinell till- och frånluftsventilation. Med dessa nya ventilationssystem är det ingen konst att få detta under kontroll och man strävar efter att skapa cirka 10 Pascals undertryck. Detta för att undvika att varma inomhusluften som innehåller rikligt med vattenånga inte skall ta sig in i konstruktionerna genom läckorna. Detta kan förorsaka mögelskador, då varma luften möter en kall yta och inte mera orkar bära sin mättade vattenånga utan avger den på kalla ytan och på så sätt bildas med tiden möjliga fuktskador. (Hagetoft 2002, 66-69)

7.1.4 Möjliga problem förorsakade av luftläckage

Den varma inneluften som försöker tränga sig ut ur byggnaden genom konstruktionerna förorsakar kondensrisk vid kalla konstruktionsdelar vilket i sin tur kan leda till fukt och mögelskador. (Paloniitty 2012, 16-17)

Vanligtvis orsakar redan skorstenen i sig övertryck vid byggnadens innertaknivå, om man inte reducerar detta med hjälp av ett fungerande ventilationssystem. Typiska övertrycksobjekt är takkonstruktion och vindsutrymmen samt sådana byggnader där övertryck bildas på grund av höjd, bristfällig frånluftsventilation eller hög inomhustemperatur. (Paloniitty 2012, 16-17)

Luften transporterar vattenånga med sig genom luftläckaget. Detta fenomen kallas fuktkonvektion. Då utomhusluft strömmar in, vilket sker om det är undertryck i byggnaden.

Denna luft orsakar inte fuktskador på grund av att utomhusluften bär med sig mindre mängder fukt. Det vill säga man skall sträva efter att hålla undertryck i byggnaderna för att så gott som möjligt förhindra fukt samt mögelskador. (Paloniitty 2012, 16-17)

Räkneexempel: Vi antar att diffusionsspärren har 10 stycken hål i storlek av 10 mm x 10mm. Nu skall vi räkna hur mycket fukt som strömmar igenom luftläckagen rakt in i isoleringen under 10 dygn.

$$Q = 0,8 \times A \times \sqrt{\Delta\rho} \quad (2)$$

Q = luftmängd

A = hålets storlek (m)

$\sqrt{\Delta\rho}$ = kvadratroten av tryckskillnaden (i detta fall 3,5 Pa övertryck)

$$g = v \times Q \quad (3)$$

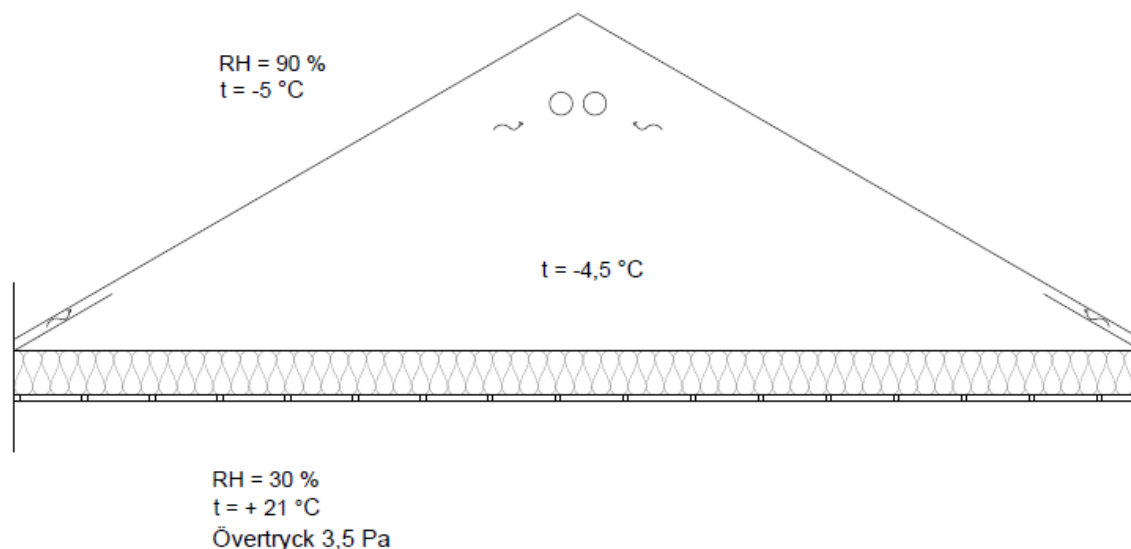
g = fuktflöde

v = vattenånghalten i luften (g/m³)

Q = luftflöde (m³/s)

Luftmängd: $Q = 0,8 \times (0,01 \times 0,01) \times \sqrt{3,5} \times 3600 \text{ s} \times 240 \text{ h} = 129 \text{ m}^3$

Fuktflöde: $5,5 \text{ m}^3 \times 129 \text{ m}^3 = 710 \text{ g} = 0,7 \text{ Kg} / 10 \text{ dygn}$



Figur 11 Takkonstruktion med hål i diffusionsspärren

Fastän man kan tycka att små hål i diffusionsspärren inte spelar någon roll så kan det i värsta fall leda till allvarliga fuktskador ifall att ventilationen inte fungerar korrekt i byggnaden som i detta fall när vi har övertryck. Dessutom bör övrebjälklaget vara väl ventilerat för att minska på fuktskador.

Om man använder sig av mineralull och plast som diffusionsspärr bör man komma ihåg att mineralullen är extremt dålig på att avge fukt även fastän ventilationen vore fungerande. Så det lönar sig verkligen att installera diffusionsplasten med omsorg.

8 Mätinstrument för lufttätethet

Lufttätetsmätning görs i allmänhet med hjälp av ett system som på engelska heter Blower Door System, härefter kallat täthetsmätinstrument. Man kan även vid behov utföra täthetsmätningen med hjälp av byggnadens egna ventilationssystem. Men det föredras att använda sig av täthetsmätinstrument vid lufttätets mätningar på grund av att de ger mycket exaktare svar. (Paloniitty 2012, 30-34)

Sauli Paloniitty skriver i sin bok om byggnaders lufttätetsmätningar att den slutliga felmarginalen vid användning av färdiga täthetsmätinstrument är vanligtvis 3-10 procent medan den är betydligt högre, 10-20 procent vid mätning med byggnadens egna ventilationssystem. Det procentuella kastet i mätningarna uppstår i allmänhet genom att

luftvolymmätningarna för byggnaden är utfört slarvigt eller för få gånger. (Paloniitty 2012, 30-34)

Till mätinstrumentet hör ett luftmätningssinstrument som är försedd med blåsare, dörr- eller fönsterram och ett lakan, tryck-skilnadsmätenhet, styrenhet samt tryck-skilnadsslang och elkabel. Mätningen kan utföras enbart med hjälp av mätinstrumentet, men de är planerade att fungera ihop med ett datorprogram. Programmet styr automatiskt mätningen, gör behövliga beräkningar och uträttar en mätningsrapport. Varje maskinvara har sitt egna datorprogram och rapporteringssätt. (Paloniitty 2012, 30-34)



Figur 12 Täthetsmätinstrument (RT80-10974)

I tabellen nedan finns ett antal i vårt land normalt använda täthetsmätinstrument. Användningsområde står för hur stor mängd luft de olika modellerna kan förflytta under en timme.

Märke	Tillverkningsland	Användningsområde m ³ /h (50 Pa)
Retrotec modell 1000	USA / Kanada	9514
Retrotec modell Q4E	USA / Kanada	13592
Wöhler	Tyskland	3000
Swema	Sverige	1120

8.1 Krav på Mätningförhållanden (50Pa)

- Vindens hastighet bör vara under 6 m/s för att få utföra en lufttäthetsmätning
- Inne- och utetemperaturens skillnad gånger byggnadens höjd bör vara under 500 m²c
annars spelar skorstenseffekten för stor roll

8.1.1 Luftläckagemättnings förberedelser

Den som gör förberedelserna bör vara extremt noggrann med att täppa för alla genomföringar i byggnaden. Det vill säga ventilationssystemets från- och tilluftskanaler, tilluftsventiler, eldstad och skorsten tätas noggrant med hjälp av till exempel plast och tejp. Dessutom måste mellandörrar hållas öppna vid mätningen. (RT 80-10974)

Sauli Paloniitty föreslår i sin bok om rakennusten tiiviysmittaus att man skulle använda sig av någon sorts gummiboll vid tätning av ventiler och skorstenar, han talar om till exempel en fotbolls innergummi.

Ifall mätningen utförs som en kvalitetssäkring medan byggandet fortfarande pågår, till exempel när diffusionsspärren är tejpad och fastnitad, så är det extremt viktigt att även komma ihåg att täta alla genomföringar i golvet. Detta behövs inte göras vid en slutlig lufttäthetsmätning för att då har man vanligtvis redan vatten i rören som i toalettstolen samt golvsilen. (Paloniitty 2012, 44-49)

Övriga förberedelser som måste göras före tryckprovet är beräkning av bostadsyta samt bostadsvolym, yttre- och innetemperatur, uteluftens tryck, byggnadens uppvärmningssätt och vindförhållande. (Paloniitty 2012, 44-49)



Figur 13 Tätning av ventil (RT 80-10974)



Figur 14 Tätning av eldstad (RT 80-10974)



Figur 15 Tätning av köksfläkt (RT 80-10974)

8.1.2 Behövlig utrustning för lufttäthetsmätning

- Täthetsmätinstrument
- Avståndsmätare (lasermätare), för att mäta luftvolymen
- Termometer, för att mäta ute- och innetemperaturen
- Tejp samt plast, för att täcka igen ventiler med mer.
- Bärbar dator, där man kan köra tryckprovet och få ett resultat
- Stege, till hjälp vid täppning av ventiler

Dessa två är till stor nytta främst för att hitta läckagen ifall att något måste åtgärdas:

- Värmekamera
- Rökmaskin

8.1.3 Lufttäthetsmätning

Då alla förberedelser är utförda är det tid för själva lufttäthetsmätningen. Till en början skall man mata in data på inne- och uteluftens temperatur samt uteluftens tryck. Det skapas antingen ett under- eller övertryck i byggnaden med hjälp av fläkten som blåser luft i någondera riktning, utåt (undertryck), inåt (övertryck) (Paloniitty 2012, 50-54)

Före man utför själva lufttäthetsmätningen skall man kolla upp vindens och skorstenseffektens rådande tryckskillnader i byggnaden. Den utförs med ett 50 Pascals undertryck där man har täckt för fläkten med en plastskiva eller något dylikt som är tätt. Denna tryckskillnad kan namnges som utgångstryck. Utgångstrycket mäts 5-10 gånger, varje mätning tar några sekunder. Av dessa kortvariga mätningar räknar man ut ett medeltal. Utgångstryckets medeltal bör vara under 5 Pa. Om inte så betyder det att vi även måste utföra en övertrycksmätning. (Paloniitty 2012, 50-54)

Efter detta kör man själva lufttäthetsmätningen, den utförs med hjälp av fem olika tryckskillnader, 30-, 40-, 50-, 60-, 70 Pascals tryckskillnader är att föredra. Själva mätinstrumentet mäter genomflödande luften i förhållande till tryckskillnaden, förutsatt att mätning utföraren har valt rätt plastskiva i förhållande till byggnadens volym och även gett programmet denna information. Plastskivan placeras framför blåsaren och har olika mängder hål i sig, vilket möjliggör täthetsmätning på flera olika storleks byggnader. (Paloniitty 2012, 50-54)

Slutligen mäts ett sluttryck, detta utförs på exakt samma vis som utgångstrycket. Men ifall att utgångs- och sluttryckets medeltal skiljer mer än 5 Pa får inte mätresultatet godkännas. Ifall att det inte överskrider 5 Pa och man får grönt ljus modellerar dataprogrammet härefter byggnadens luftläckagekurva och vi får ett luftläckagetal. (Paloniitty 2012, 50-54)

Det är att föredra att täthetsmätningen utförs med både under- och övertryck, för att byggnadsmantelns luftläckagetal kan förändras radikalt då tryckskillnadsriktningen ändras. Ifall att man gör båda mätningarna och mantelns luftläckagetal avviker från varandra mindre än 0,5 l/h använder man sig av medeltalet från dessa två. Om de avviker mera användes det större talet. Luftläckagetalet ges med 0,1 l/h och 0,1 m³/(h·m²) noggrannhet men avrundas enligt matematisk avrundningssätt. (RT80-10974)

8.1.4 Lufttäthetsrapportens innehåll

- Byggnadens tag- och omfattningsdata
- Byggnadens eller byggnadsdelens luftvolym
- Lufttäthetsmätarens namn/ datum
- Väderinformation

- Utetemperatur
- Vindhastighet
- Vindriktning
- Lufttryck
- Lufttäthetsmätningens omfattning
 - Hela byggnaden/ en del av byggnaden
- Information angående mätinstrumentet samt förberedelser
 - Kalibreringsinformation
 - Lufttäthetsmätinstrument/ ventilationssystem
 - Var i byggnaden mätningen har utförts
 - Vilka genomföringar som tillämpats
- Mätresultaten
 - Måtryckskillnaderna
 - Måttade luftläckage vid olika tryckskillnader
 - Innertemperatur
 - Yttemperatur
 - Lufttryck
- Från mätresultaten bestämda luftläckageflöde vid 50 Pascal tryckskillnad
- Mantelns luftläckagetal n_{50}

9 Sammanfattning

Jag tycker personligen att energicertifikaten är till nytta, det ger oss en ungefärlig syn på våra byggnaders energiförbrukning. Dessutom finns det energieffektiviseringsförslag i ett energicertifikat för gamla byggnader. Med till exempel Timbal Energia 1.1.0 beräkningsprogrammet är det verkligen enkelt att jämföra olika energieffektiviseringsförslag.

Enligt EPBD (Energy Performance of Buildings Directive) skall växthusgasutsläppen i både befintliga- och nya byggnader vara 80-95 procent lägre år 2050 jämfört med vad de var år 1990. Detta låter i mina öron som en fullständigt omöjlig uppgift, men ifall att vi siktar på detta så bör vi utan vidare ha energicertifikat med goda energieffektiviseringsförslag som tar i beaktande byggnadens funktion före och efter ändringsarbetet. Det vill säga det behövs en hel del kunniga yrkesmän vid planering samt utförandet.

Lufttäthetsmätningen går hand i hand med energicertifikatet, för att täthetsstalet tas i beaktande i certifikatberäkningarna. Täthetsstalet spelar en stor roll i varje byggnad, men speciellt i stora industrihallar med stora ytor.

Även tätandet av huset bör göras noggrant för att minska på växthusgasutsläppen och för att minska på fuktskador. Jag tycker att lufttäthetsmätning borde vara obligatoriskt på varje ny byggnad, för att säkra oss om att vi får ett tätt hus. Sist och slutligen så är det inte en avgörande kostnad på ett bygge som kostar mellan 250 000 € och 1 000 000 € på småhus sidan, summorna är ungefärliga. Lufttäthetsmätning på ett egna hemshus börjar från 360 € + moms 24 % och därifrån uppåt, så vi talar inte om några stora summor.

Ifall att du vill fördjupa dig vidare inom ämnena energicertifikat och lufttäthetsmätning rekommenderar jag att du börjar med att läsa igenom källorna som finns i kapitel tio. Men för att verkligen förstå sig på allt detta så borde man göra det i praktiken, som man säger på finska "tekemällä oppii".

10 Källförteckning

Finlands byggbestämmelsesamling, 2012. D3 byggnaders energiprestanda (online)

file:///C:/Users/Laptop/Downloads/D3-2012_Svenska.pdf (Hämtat 03.04.2019)

Hagentoft, C-E., 2002 *Vandrande fukt strålande värme. Så fungerar hus*

Lag om energicertifikat för byggnader 18.1.50/2013 (online)

<http://www.finlex.fi/sv/laki/alkup/2013/20130050#Pidp446505568> (Hämtat 26.03.2018)

Markanvändnings- och byggförordning (online) <https://www.ym.fi/sv->

[FI/Markanvandning_och_byggande/Lagstiftning_och_anvisningar/Lagstiftning_som_galler_byggnaders_energiprestanda](https://www.ym.fi/sv-FI/Markanvandning_och_byggande/Lagstiftning_och_anvisningar/Lagstiftning_som_galler_byggnaders_energiprestanda) (Hämtat 26.03.2018)

Miljöministeriets förordning 28.12.1048/2017 (online)

[file:///C:/Users/Laptop/Downloads/Julkaistu%20energicertifikat%20förordning%202017%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Laptop/Downloads/Julkaistu%20energicertifikat%20förordning%202017%20(1).pdf) (Hämtat 29.03.2019)

Miljöförvaltningen (online) <https://www.ymparisto.fi/sv->

[FI/Byggande/Byggnadens_energi_och_ekoeffektivitet/Energicertifikat](https://www.ymparisto.fi/sv-FI/Byggande/Byggnadens_energi_och_ekoeffektivitet/Energicertifikat)(Hämtat 26.03.2018)

Motiva energiatodistusten laatijat (online)

<http://energiatodistus.motiva.fi/energiatodistustenlaatijat/> (Hämtat 7.4.2019)

Paloniitty, S., 2012 *Rakennusten tiiviysmittaus*

RT 80-10974, 2009. *Teollisestu valmistettujen asuinrakennusten ilmapitävyyden*

laadunvarmistusohje. Rakennustietosäätiö. (online) <http://rakennustieto.fi> (Hämtat 03.04.2019)

Statsrådets förordning om den numeriska värdena på energiformsfaktorerna för byggnader

30.11.788/2017 (online) <https://www.finlex.fi/sv/laki/alkup/2017/20170788> (Hämtat 22.4.2019)

Statsrådets förordning om behörighet hos den som upprättar energicertifikat för byggnader

och om förutsättningarna för förenklat förfarande för energicertifikat 27.2.170/2013

(online)

[http://www.finlex.fi/sv/laki/alkup/2013/20130170?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=170%2F\)2013](http://www.finlex.fi/sv/laki/alkup/2013/20130170?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=170%2F)2013) (Hämtat 26.03.2018)

Ympäristöministeriön asetus 27.12.1010/2017 (online)

<file:///C:/Users/Laptop/Downloads/Julkaistu%20energiamääräys%202017.pdf> (Hämtat
02.04.2019)