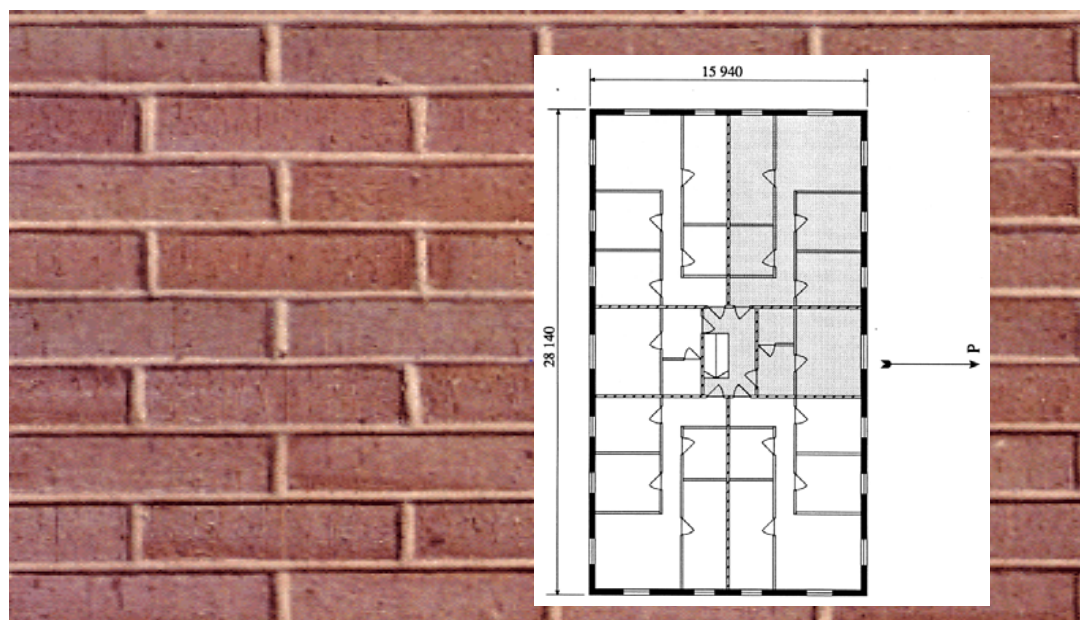


Sirje Vares

Kerrostalon ympäristövaikutukset

LVIS-2001-tyyppikerrostalo



Kerrostalon ympäristövaikutukset LVIS-2001-tyyppikerrostalo

Sirje Vares

VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka



ISBN 951-38-5907-X
ISSN 1455-0865

Copyright © Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) 2001

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT), Vuorimiehentie 5, PL 2000, 02044 VTT
puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 456 4374

Statens tekniska forskningscentral (VTT), Bergsmansvägen 5, PB 2000, 02044 VTT
tel. växel (09) 4561, fax (09) 456 4374

Technical Research Centre of Finland (VTT), Vuorimiehentie 5, P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland
phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 9 456 4374

VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, Rakenne- ja talotekniikkajärjestelmät
Lämpömiehenkuja 3, PL 1804, 02044 VTT
puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 467 927

VTT Bygg och transport, Konstruktioner och husteknik
Värmemansgränden 3, PB 1804, 02044 VTT
tel. växel (09) 4561, fax (09) 467 927

VTT Building and Transport, Structures and Building Services
Lämpömiehenkuja 3, P.O.Box 1804, FIN-02044 VTT, Finland
phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 9 467 927

Vares, Sirje. Kerrostalon ympäristövaikutukset. LVIS-2001-tyyppikerrostalo. Espoo 2001. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 2108. 49 s.

Avainsanat: apartment buildings, residential buildings, environmental impact, construction, building materials, service life, energy consumption, energy economy, life-cycle assessment, heating, structures, requirements

Tiivistelmä

Työn tarkoituksena oli määrittää normaali tyyppiasuinkerrostalo ja sen ympäristövaikutukset. Tyyppitalon mallina käytettiin 1990-luvun alussa kauppa- ja teollisuusministeriön LVIS-2000-tutkimusohjelmassa esitettyä asuinkerrostalon ratkaisua. Mallirakennus päivitettiin kerroskorkeudeltaan sekä rakenteiltaan nykyvaatimusten mukaiseksi. Rakenteissa käytettyjen tuotteiden ja materiaalien ympäristövaikutukset perustuivat kirjallisuuteen sekä tuotteiden ympäristöselosteisiin. Rakennusmateriaalien, rakenteiden sekä tyyppitalon ympäristövaikutukset esitettiin seuraavina parametreina: uusiutuvana ja uusiutumattomana energiana sekä raaka-aineen kulutuksena, kasvihuonekaasuina, happamoittavina päästöinä sekä oksidantteja muodostavina päästöinä. Lisäksi kuvattiin tyyppitalon käytön aiheuttamat ympäristövaikutukset materiaalien huollon sekä korjauksien osalta. Tyyppitalon lämmitysenergian sekä sähkön kulutus arvioitiin WinEtana-ohjelmalla ja esitettiin energiankulutuksesta aiheutuvat ympäristövaikutukset.

Rakentamisen ekologisesti kestävässä kehityksessä pyritään ympäristöä vähemmän kuormittaviin tuotantomenetelmiin niin tuotteiden valmistuksessa, uudis- kuin korjausrakentamisessa. Jotta vastaavia tarkasteluja voidaan tehdä, tarvitaan nykytaseiden selvityksiä. LVIS-2001-asuinkerrostalon ympäristöprofiilia voidaan käyttää viitetietona myös muiden vastaavien kohteiden, kuten pienkerrostalorakennuksien, ympäristövaikutusten vertailussa.

Alkusanat

Tyypikerrostalon määrittäminen sekä ympäristötunnuslukujen laskenta liittyvät VTT Rakennustekniikan futuurihankkeeseen "Kiinteistöjen toimivuustyökalut", jonka tarkoituksena oli täydentää "Vaatimukset hallintaan" -futuurin tuloksia. Tavoitteena oli tuottaa päätöksenteon apuvälineitä kiinteistönomistajille ja kehitystyökaluja palvelutuottajille. Ekotehokkaan rakentamisen toimivuusvaatimukset pyritään täyttämään mahdollisimman vähän ympäristöä kuormittavalla maan ja resurssien käytöllä rakennuksen koko elinkaaren aikana. Elinkaarivaatimusten asettamista helpottaa, jos ominaisuuksiin kohdistuvat vaatimukset voidaan esittää arvona ja luokkana (esim. nykytaso, parannettu taso ja ekotaso). Jotta vaatimusten asettaminen olisi tuloksellista, tarvitaan vaatimusten todentamismenetelmiä sekä suunnitteluratkaisulle että toteutuneelle rakennukselle. VTT Rakennustekniikassa on kehitetty rakennusten ympäristövaikutusten laskentaa ja todentamista varten LCA-HOUSE -ohjelma (Vares, S. 1999). Sen avulla voidaan tarkistaa suunniteltavan tai jo toteutuneen rakennuksen ympäristöpaineet tai tunnusluvut materiaalien energiankulutuksena (uusiutuvana- ja uusiutumattomana energiankulutuksena), raaka-aineiden käyttönä, kasvihuonekaasujen, happamoittavien ja oksidantteja muodostavien päästöjen osalta. Jotta tulos voidaan luokitella nykytason, parannetun tason tai ekotason mukaan, tarvitaan vertailukohde. Tämän työn tarkoituksena olikin tuottaa vertailuaineistoa nykytason tyypikerrostalon ympäristöparametreista.

Sisällysluettelo

TIIVISTELMÄ	3
ALKUSANAT	4
1. JOHDANTO	7
2. TAUSTA	8
2.1 Rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset	8
2.2 Energiankäytön ympäristövaikutukset	10
2.3 Rakennuksen taustatiedot	10
2.4 Määritelmät	12
2.4.1 Kerroskorkeus	12
2.4.2 Bruttoala	12
2.4.3 Kerrostasoala	12
2.4.4 Huoneistoala	12
2.4.5 Rakennuksen tilavuus	12
2.4.6 Alapohjat	12
2.4.7 Yläpohjat	13
2.4.8 Välipohjat	13
2.4.9 Ulkoseinät	13
2.4.10 Ikkunat ja ovet	13
2.5 Tila- ja rakennetiedot	13
2.6 Rakennetyypit	16
2.6.1 Sokkeli	16
2.6.2 Ulkoseinä	17
2.6.3 Väliseinät	18
2.6.4 Alapohja	20
2.6.5 Välipohja	21
2.6.6 Yläpohja	22
2.6.7 Ovet ja ikkunat	23
2.6.7.1 Ovet	23
2.6.7.2 Ikkunat	24
2.6.8 Portaat	25
2.7 Rakennusmateriaalien ympäristövaikutusten taustatiedot	26
2.7.1 Poltettu tiililaatta	26
2.7.2 Mineraalivilla	26
2.7.3 Kipsilevy ja kipsitasoite	26
2.7.4 Teräsbetoni	27
2.7.5 Ontelolaatta	27

2.7.6	Seinätasoite	27
2.7.7	Teräsranka sekä kisko	27
2.7.8	Lämmöneriste solupolystyreeni (EPS).....	28
2.7.9	Bitumihuopa ja bitumieriste.....	28
2.7.10	Salaojitussora	28
2.7.11	Ulko- sekä väliovet	28
2.7.12	Ikkuna.....	29
3.	TULOKSET.....	30
3.1	Tyypitalon rakenteiden ympäristövaikutukset	30
3.2	Tyypitalon rakenteiden ympäristövaikutukset, talon käyttöikä 100 vuotta ...	34
3.3	Tyypitalo ja matalaenergiatalot	35
3.4	Tyypitalon sekä lämpötekniisesti parannetun talon käytönaikainen energiankulutus ja ympäristövaikutukset	37
4.	TULOSTEN TARKASTELU.....	41
4.1	Materiaalien käyttö.....	41
4.2	Materiaalien käyttöikä.....	43
4.3	Materiaalien käyttö sekä energiankulutus	43
5.	YHTEENVETO.....	46
	LÄHDELUETTELO	47

1. Johdanto

Ympäristövaikutuksella tarkoitetaan muutosta ympäristössä, kuten ihmisen toiminnan aiheuttamaa luonnon raaka-aineiden käyttöä, kasvihuonekaasujen, happamoittavien päästöjen sekä oksidanttien muodostumisen lisääntymistä. Rakennusten ympäristöpaineet voidaan jakaa rakennusmateriaalien ja -tuotteiden käytöstä aiheutuviin sekä rakennuksen käytönaikaisiin ympäristöpaineisiin. Tässä selvityksessä keskitytään rakennustuotteista aiheutuviin ympäristöpaineisiin, joiden aiheuttajia ovat raaka-aineiden hankinta, tuotteen valmistus, kuljetus ja asennusaikainen hukka sekä käytönaikainen huolto ja uusimistarve. Lisäksi esitetään tarkasteltavan kerrostalo-rakennuksen käytönaikaisen energiankulutuksen vaikutukset ympäristöön.

1990-luvun alussa kauppa ja teollisuusministeriön LVIS-2000-tutkimusohjelmassa esitettiin järjestelmäteknisiä ratkaisuja rakennusten sisäilmastosta ja energiakäytöstä. Silloin määritettiin laskennallisten tarkastelujen yhtenäistämiseksi yhteiset tyyppirakennukset toimistorakennukselle, asuinpientalolle, asuinkerrostalolle sekä koululle. Tässä julkaisussa on päivitetty asuinkerrostalon tyyppirakennukset kasvattaen kerroskorkeutta sekä muuttaen rakenteita nykyisen vaatimustason mukaiseksi. Tavoitteena oli määrittää tyyppikerrostalo ja sen ympäristövaikutukset LVIS-2000-kerrostalon pohjalta. Tulosta voidaan käyttää LVIS-2001-kerrostalon osalta viitetietona konkreettisen kohteen, pienkerrostalorakennuksen, ympäristökuormitusten vertailussa.

2. Tausta

2.1 Rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset

Rakennustuotteiden ja taloteknisten laitteiden elinkaaritarkastelussa selvitetään resursien käyttö, haitalliset päästöt ilmaan, veteen ja maahan sekä jätteet valittua toiminnallista yksikköä kohden elinkaaren aikana

- raaka-aineiden ja energian raaka-aineiden hankinnassa,
- osa-aineiden, tuotteiden ja apuaineiden valmistusprosesseissa,
- kaikissa kuljetuksissa,
- asennuksessa ja rakentamisessa,
- käytössä, huollossa ja ylläpidossa sekä
- toisto- ja uusiokäytössä tai loppusijoituksessa.

Rakennustuotteiden elinkaaritutkimuksissa on kuitenkin erityispiirteitä. Niiden käyttöikä on pitkä verrattuna monien muiden tuotteiden käyttöikään. Siten vertailtavien tuotteiden käyttöikäen arvioiminen sekä uusimisjaksojen ja huoltotarpeiden määrittäminen on tärkeää tasavertaisten toiminnallisten yksiköiden käsittelemiseksi. Rakennustuotteiden pitkä käyttöikä vaikeuttaa myös uusio- ja uudelleen-käyttömahdollisuuksien huomioon ottoa, koska kierrätys tapahtuu vasta pitkän ajan kuluttua. Tässä tutkimuksessa on valittu rakennuksen käyttöikäksi 100 vuotta. Rakennusmateriaalien kierrätys on huomioitu materiaalien ympäristöprofiilien laskennassa. Materiaalien valmistusaikainen hukka ja hukan uudelleenkäyttö (jos mahdollinen) on otettu huomioon materiaalien ympäristövaikutusten selvityksessä. Laskennassa on huomioitu myös rakentamisaikainen hukka.

Rakennusmateriaalien valmistuksen vaikutukset ympäristöön luokitellaan kasvihuonekaasuiksi (CO₂ ekv), happamoittaviksi päästöiksi (SO₂ ekv) sekä oksidanttien muodostukseen vaikuttaviksi päästöiksi (eteeni ekv). Energia käsitellään uusiutuvana ja uusiutumattomana energiankulutuksena ja raaka-aineet uusiutuvina ja uusiutumattomina raaka-aineina. Luokittelu ja painottaminen perustuvat pääasiassa pohjoismaisiin ohjeisiin (Anon 1995), joiden perusteluita käsitellään esimerkiksi viitteessä Häkkinen ja Kronlöf 1994.

VTT:n sekä Rakennustietosäätiön (RTS) yhteistyönä ovat valmistuneet rakennusmateriaalien ja tuotteiden ympäristöselosteet. Ne perustuvat tuottajayritysten antamien tietojen pohjalta laadittuun tuotteen elinkaariarvioon. Ympäristöselosteet on julkaistu RTS:n kotisivulla www.rts.fi. Esimerkki ympäristöselosteen sisällöstä annetaan kuvassa 1.

YMPÄRISTÖSELOSTE
perustuu elinkaariselvitykseen
ISO 14040 ja ISO 14041
Selosteen voimassaoloaika

Tuotteen nimi ja valmistaja

Tuote

Tuotenimi
Käyttötarkoitus (Rakennusosa ja menekki)
Tuotedimensiot
Tiheys
Koostumus
k-arvo
RT-tarvikekortin numero

Käyttöikä

Odotettavissa oleva käyttöikä
Edellytykset ja rajoitukset

Energia ja raaka-aineet

Uusiutumaton energia (MJ/kg)
Uusiutuva energia (MJ/kg)
Uusiutumattomat raaka-aineet (kg/kg)
Uusiutuvat raaka-aineet (kg/kg)

Päästöt

Kasvihuonekaasut (g CO₂ ekv / kg)
Tuotteeseen varastoitunut CO₂ (g / kg)
Happamoittavat päästöt ilmaan (SO₂ ekv / kg)
Oksidantteja muodostavat päästöt (g eteeni ekv / kg)

Emissiot sisäilmaan

Ei merkitystä
Pintamateriaalien luokittelu (M1, M2 tai M3)

Kierrätys

Tuotteen kierrätys
Energiaikäyttö. Tuotteen energiasisältö (MJ / kg)
Pakkauksen kierrätys

Tiedon laatu

Viitteet:

Paikka ja aika

Allekirjoitukset

Kuva 1. Rakennustuotteen ympäristöseloste.

Elinkaaritutkimuksen tulosta käytetään aina vertailuun, mm. vaihtoehtoisten tuotteiden, raaka-aineiden, prosessien, logistiikkaratkaisujen ja huoltotoimien vertailuun. Rakennustuotteiden kohdalla toiminnallisen yksikön valinta vaatii erityistä harkintaa, koska rakennussuunnittelussa monet tuotevalinnat ovat riippuvaisia toisistaan. Jotkut rakennustuotteet, kuten rakennuksen ulkovaipan osat ja jotkut talotekniset tuotteet, vaikuttavat rakennuksen käytönaikaiseen energiankulutukseen. Ympäristöä säästävissä rakennussuunnittelussa haluttu toiminnallinen yksikkö on rakennus, joka täyttää elinkaarensa aikana sille asetetut tila- ja toimintavaatimukset ja on toteutettu sellaisin materiaali- ja energiapanostuksin, jotka aiheuttavat mahdollisimman vähän ympäristökuormia.

Rakennusten ekologiset vaatimukset pitäisi kohdistaa rakennuksen käytön ja tuotannon aiheuttamiin materiaali- ja energiavirtoihin, kuten rakennuksen lämmitykseen kuluvaan energiaan ja siitä aiheutuviin ympäristökuormiin. Toisaalta ekologisia vaatimuksia voidaan kohdistaa sellaisiin rakennuksen ja sen osien ominaisuuksiin, jotka vaikuttavat rakennuksen materiaali- ja energiavirtoihin ja niistä aiheutuviin ympäristökuormiin (Häkkinen et al. 1997). Tässä on valittu tyyppirakennukseksi asuinkerrostalo, ja sen ympäristövaikutusten tarkastelut kohdistuvat käytettyihin materiaali- ja energiavirtoihin sekä käytönaikaiseen energiankulutukseen.

2.2 Energiankäytön ympäristövaikutukset

Rakennustuotteiden valmistukseen, kuljetuksiin, talojen lämmitykseen ja käyttöön tarvitaan energiaa. Energian valmistuksessa käytettyjen raaka-aineiden hankinta, energian valmistus ja käyttö kuormittavat ympäristöä. Taulukossa 1 esitetään suomalaisen keskimääräisen sähköntuotannon ja Vantaan kaukolämmöntuotannon ympäristöprofiili käytettyä kilowattituntia kohti vuonna 1998 (Tattari, K. 1999). Ympäristöprofiilit on laskettu hyötyjakomenetelmällä, jonka periaatteet esitetään viitteessä (Liikanen, J. 1999).

Taulukko 1. Sähkön sekä kaukolämmön ympäristöprofiilit (Tattari, K. 1999).

	Sähkö -98*	Vantaan kaukolämpö -98**
Uusiutuva energia MJ/kWh	1,9	-
Uusiutumaton energia MJ/kWh	6,5	3,5
kg/CO ₂ ekv /kWh	0,247	0,249
g SO ₂ ekv/kWh	0,811	0,461
g eteeni ekv./kWh	0,021	0,0161
Uusiutumattomat raaka-aineet g/kWh	97	81

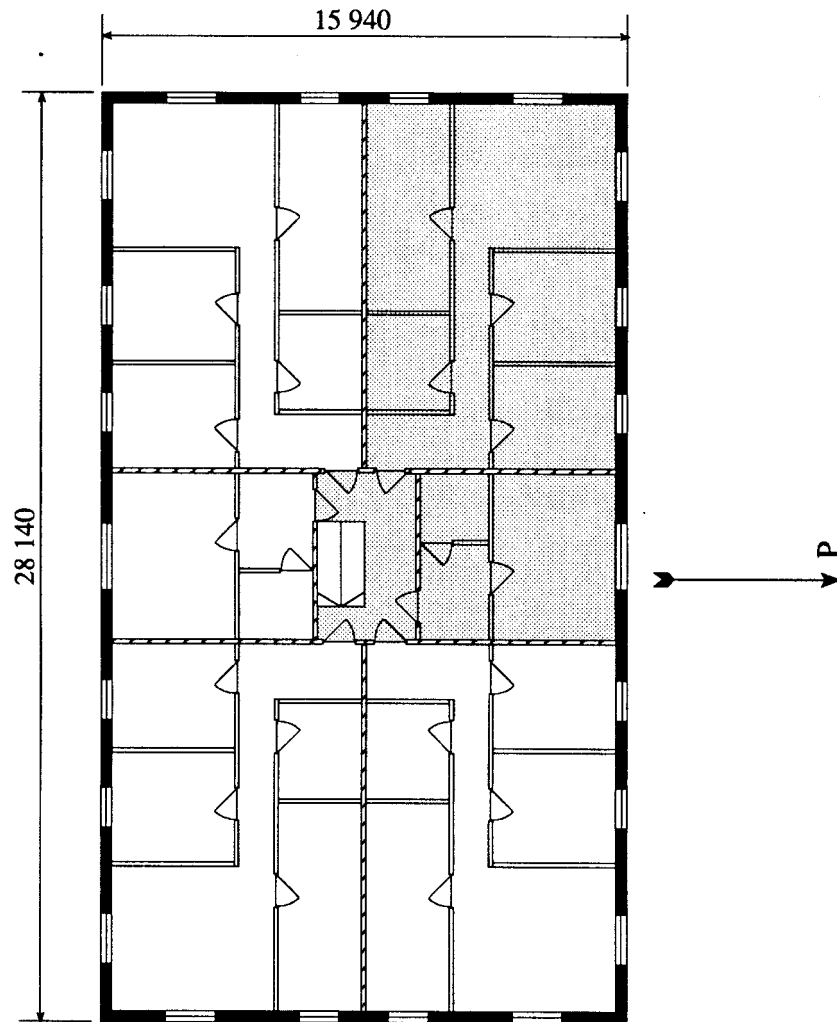
* Sähkön ympäristöprofiili perustuu vuoden 1998 Suomen keskimääräiseen sähkön tuotantoon. Laskennassa huomioitu polttoaineiden hankinta sekä verkkohäviö. Sähkön tuonti ei sisälly laskelmiin.

** Vantaan Energia Oy:n tuottama keskimääräisen kaukolämmön ympäristöprofiili vuonna 1998. Profiilissa on otettu huomioon polttoaineiden hankinta sekä kaukolämmön jakelu- ja siirtohäviö.

2.3 Rakennuksen taustatiedot

Kerrostalon tyyppirakenteiden määrittämisessä käytettiin pohjana 1990-luvun alussa LVIS-2000-tutkimusohjelmassa määritettyjä kerrostalon rakenteita (Lassila, K. 1992).

LVIS-2000-tyyppiasuinkerrostalo oli 3-kerroksinen, ja siinä oli 17 asuntoa. LVIS-2000-kerrostalon rakenteet muutettiin nykyvaatimuksia vastaavaksi (kerrostalo LVIS-2001). Kuvassa 2 esitetään kerrostalon pohjapiirustus.



Kuva 2. LVIS-2001-tyyppiasuinkerrostalon 2. kerroksen pohjapiirustus. Varjostetulla alueella on porraskäytävä, yksiö ja kolmio.

2.4 Määritelmät

2.4.1 Kerroskorkeus

Kahden päällekkäisen lattiapinnan välinen kohtisuora etäisyys.

2.4.2 Bruttoala

Bruttoala kuvaa koko rakennuksen laajuutta. Bruttoala (brm^2) lasketaan rakennuksen kaikkien kerrostasojen kerrostasoalojen summana (RT 12-10277).

2.4.3 Kerrostasoala

Kerrostasoala (ktm^2) laskettiin kerrostasoon kuuluvien huoneistojen, huoneistoihin kuulumattomien tilojen huonealojen sekä kantavien rakennusosien ja muiden huoneistoihin kuulumattomien rakennusosien rakennusosa-alojen summana (RT 12-10277).

2.4.4 Huoneistoala

Huoneistoala (htm^2) lasketaan huoneistoon kuuluvien huoneiden huonealojen sekä eikantavien seinien rakennusosa-alojen summana (RT 12-10277).

2.4.5 Rakennuksen tilavuus

Rakennuksen tilavuudella tarkoitetaan tilaa, jota rajoittavat ulkoseinien ulkopinnat, alapohjan alapinta ja yläpohjan yläpinta (RT 120.12).

2.4.6 Alapohjat

Alapohjan pinta-ala laskettiin ulkomittojen mukaan aukkojen ja rakenteiden aloja vähentämättä (RakMK D5).

2.4.7 Yläpohjat

Yläpohjan pinta-ala lasketaan ulkoseinien ulkomittojen mukaisesti porraskäytävien ym. aukkoja vähentämättä (RakMK D5).

2.4.8 Välipohjat

Välipohjien pinta-ala lasketaan ulkoseinien ulkomittojen mukaisesti porraskäytävien ym. aukkoja vähentämättä (RakMK D5).

2.4.9 Ulkoseinät

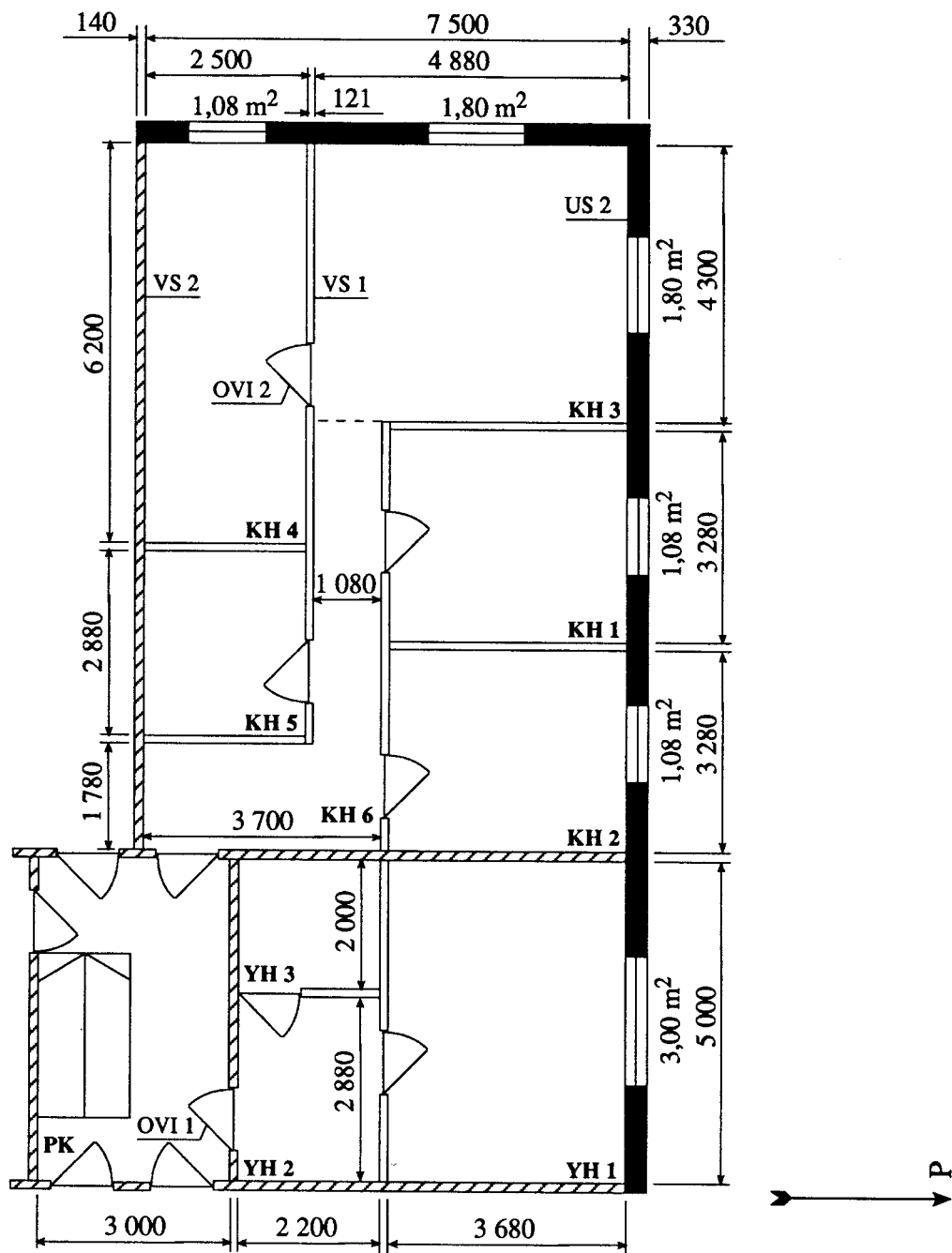
Ulkoseinien pinta-ala lasketaan ulkomittojen mukaisesti alimman lattiapinnan lämmöneristyskerroksen alapinnasta yläpohjan lämmöneristyskerroksen yläpintaan vähentäen ikkunoiden ja ovien aukkojen pinta-alat (RakMK D5).

2.4.10 Ikkunat ja ovet

Ikkunoiden ja ovien pinta-alat lasketaan liittymismittojen (karmin ulkomittojen) mukaisesti (RakMK D5).

2.5 Tila- ja rakennetiedot

Kerrostaloasunnoista 12 on kolmioita, joiden htm² oli 83,0, ja 5 yksiötä, joiden htm² oli 30,0. Alimmassa kerroksessa toinen yksiö korvattiin sisääntuloaulalla siten, että ulkovi oli pohjoiseen. Kuvassa 3 esitetään kerrostalon porraskäytävän (PK), kolmion (KH) ja yksiön (YH) pohjapiirustus (Lassila 1992). Taulukossa 1 esitetään tyypikerrostalon tila- ja mittatiedot. Taulukossa 2 esitetään rakenteiden lämmönläpäisykertoimia minimivaatimusten, nykyisen käytännön ja matalaenergiatalon mukaan (Häkkinen, T. et al. 1999). Taulukossa 3 esitetään lämmönläpäisyvaatimuksia täyttävät kerrostalon tyypirakenteet, määrät sekä lämmönläpäisykerroimet.



Kuva 3. Kerrostalon porraskäytävän (PK), kolmion (KH) ja yksiön (YH) pohjapiirustus. Kuvassa ikkunoiden pinta-ala on esitetty vain lasituksen pinta-alana, laskennassa on käytetty ikkunoiden liittymismittojen mukaan laskettuja pinta-aloja (katso taulukko 9).

Taulukko 2. Kerrostalon tila- ja mittatiedot.

Leveys	15,94	m
Pituus	28,14	m
Kerroskorkeus	3	m
Huonekorkeus	2,7	m
Bruttoala	1346	m ²
Huoneistoala	1146	m ²
Tilavuus	4176	m ³
Ulkoseinien pinta-ala – etelä ja pohjoinen	446	m ²
Ulkoseinien pinta-ala – länsi ja itä	254	m ²
Ikkunoiden pinta-ala – etelä ja pohjoinen, josta lasin pinta-ala etelä ja pohjoinen	78 65,6	m ² m ²
Ikkunoiden pinta-ala – länsi ja itä, josta lasin pinta-ala länsi ja itä	44 34,6	m ² m ²
Ulko-oven pinta-ala – pohjoinen	3	m ²

Taulukko 3. Rakenteiden lämmönläpäisykertoimia minimivaatimusten, nykyisen käytännön ja matalaenergiatalon mukaan (Häkkinen, T. et al. 1999).

Rakennusosa	k-arvo, W/m ² K		
	Minimivaatimus RakMK osa C3	Nykyinen käytäntö	Matalaenergia-talo
Ulkoseinä	0,28	0,26–0,21	0,13
Yläpohja	0,22	0,22–0,17	0,08
Maanvarainen alapohja	0,36	0,36	0,15
Ulko-ovet	0,7	0,7	0,4
Ikkunat	2,1	1,6–1,8	0,5–1,0

Taulukko 4. Kerrostalon rakenteet ja lämmönläpäisykertoimet.

Rakenne	Tyyppi	m ²	Tyypitalorakenteen k-arvo W/m ² K	
Ulkoseinä	US 2	704	0,25	ulompi sisempi
Väliseinä	VS 1	1041	0,44	
Väliseinä	VS 2	455	9,1	
Maanvarainen alapohja	AP 2	449	0,27	
			0,17	
Yläpohja	YP 2	449	0,21	
Välipohja	VP 1	897	1,64	
Sokkeli	Sok 1	153*		
Ulko-ovi sekä huon. ovi	OVI 1	37	0,66	
Väliovi	OVI 2	118	3,5	
Ikkuna	IK 1	122	1,8	
Portaat	E 11			

* sokkelin pituus – jm.

2.6 Rakennetyypit

2.6.1 Sokkeli

LVIS-2000-kerrostalossa ei ollut määritetty tyypikerrostalon perustusta tai sokkeliä. Rakentamisessa yleisimmät perustamismenetelmät ovat perustaminen suoraan kalliolle, perustaminen peruspilareille joko anturaa käyttäen tai ilman anturaa, perustaminen peruslaatoille sekä perustaminen paaluille. Mikäli rakennuspaikan pohjasuhteet ja topografia sallivat, maanvaraiset antura-, pilari- ja laattaperustukset ovat yleensä taloudellisin vaihtoehto. Tässä oletetaan, että tyypikerrostalo rakennetaan maapohjalle, jossa piliarien alle rakennetaan myös anturat, jotta maapohjalle sallittavaa painetta ei ylitetä. Jos maaperän vuoksi joudutaan käyttämään muuta perustamistapaa, niin rakenteiden massat sekä ympäristöpaineet kasvavat.

Tässä tyypikerrostalon perustukseksi on valittu perusmuuri ja antura. Perusmuuri tehdään teräsbetonista (300 x 600 mm²) ja lämmöneristetään polystyreenieristeellä (EPS, 50 x 600 mm²). Anturana käytetään tyypikerrostalossa betonianturaa (200 x 600 mm²), ja routaeristys tehdään polystyreenillä (EPS 200 mm ja l 1200 mm), jonka alle pannaan bitumihuopakaista (150 mm).

Kun perustukselle tuleva paine on suhteellisen pieni (rakennus on kevyt), perusmuurin antura voidaan tehdä jäykistämättömäksi. Vaikka antura lasketaan jäykistämättömäksi, on kuitenkin tapana asettaa siihen pari pituussuuntaista terästä (esim. 2 kpl Ø16–20

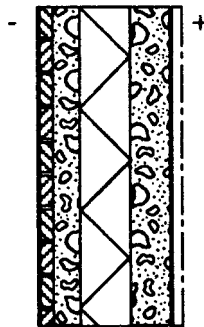
mm) paremman koossapysyvyyden aikaansaamiseksi. Taulukossa 4 esitetään tyyppikerrostalon sokkelin materiaalmäärät, hukat sekä uusimisjaksot.

Taulukko 5. Tyyppikerrostalon sokkeli.

Materiaalit	Tiheys kg/m ³	m ³ /jm	Massa kg/jm	Hukka %	Massa + hukka kg/jm	Käyttö- kerta (käyttöikä 100 v.)
Sok 1 Perusmuuri sekä antura						
Teräsbetoni	2400	0,180	432	10	475	1
Betoniteräksset	7800		2	18	2,4	1
Lämmöneristys, EPS	15		0,45	5	0,47	1
Betoniantura	2400	0,120	288	10	317	1
Anturateräksset (2kpl Ø 10 mm)	7800		1,22	18	1,44	1
Routaeriste	20	0,120	2,4	5	2,5	1
Bitumihuopakaista			0,84	10	0,93	1

2.6.2 Ulkoseinä

Tyypiasuinkerrostalon ulkoseinäinä käytetyn tiililaattapintaisen betonielementtiseinän (US 2) rakenne esitetään kuvassa 4. Laskennassa käytettiin julkisivutiililaattana punaista Lappilan tehtaalla valmistettua tiiltä (285 x 85 x 20 mm³). Tiilen menekkinä oli 35 kpl/m² ja painona 1 kg/kpl.



Kuva 4. Tyyppikerrostalon ulkoseinärakenne – tiililaattapintainen betonielementti.

Betonielementissä käytettyjen teräksien määrä laskettiin RakMK B4:n seinien rajatilamitoituksen ohjeiden mukaisesti (RakMk B4, Betonirakenteet, Ohjeet 2001). Kantavan betoniseinän ulkokuoren paksuudeksi valittiin 85 mm ja sisäkuoren paksuudeksi 100 mm. Sekä ulkokuoressa että sisäkuoressa oletettiin olevan halkaisijaltaan 5 mm ja 150 mm:n silmäinen teräsverkko (verkko 5–150 B500K). Lisäksi sisäkuoriraudoitukseen lisättiin nostolenkkien sekä irtoraudoituksen määrä.

Rakennuseristeinä käytettiin jäykkää, pinnoittamatonta, ehytpintaista vuorivillalevyä 02.005 (EL), jonka tiheys oli 70 kg/m^3 ja lämmönjohtavuus $\lambda_n 0,037 \text{ W/m K}$ (eristys on molemmilta puolilta kiinni tiiviissä pinnassa). Seinien minimi k-arvo vaatimus, RakMK:n osa C3:n mukaan, asuinrakennukselle on ulkoilmaa vasten $0,28 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. Tässä k-arvo oli $0,25 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.

Taulukossa 6 esitetään tyyppikerrostalossa käytetyn ulkoseinärakenteen materiaali-määrät, hukat sekä uusimisjaksot.

Taulukko 6. Ulkoseinärakenne.

Materiaalit	Tiheys kg/m^3	Paksuus m	Massa kg/raken. $-\text{m}^2$	Hukka %	Massa + hukka kg/raken. $-\text{m}^2$	Käyttö- kerta (käyttöikä 100 v.)
US 2 -betonielementtiulkoseinä, tiililaattapintainen						
Poltettu tiililaatta		0,020	35	0	35	1
Betoni	2400	0,085	204	0	204	1
Raudoitus	7850		2,1	5*	2,2	1
Mineraalivilla	70	0,140	9,8	0	9,8	1
Betoni	2400	0,100	240	0	240	1
Betoniteräs	7850		4,0	5*	4,2	1
Tasoite, sem. perust. seinä-tasoite 2,5 kertaa	1600	0,0015	6,0	0	6	3

* betoniraudoituksen hukka tehtaassa

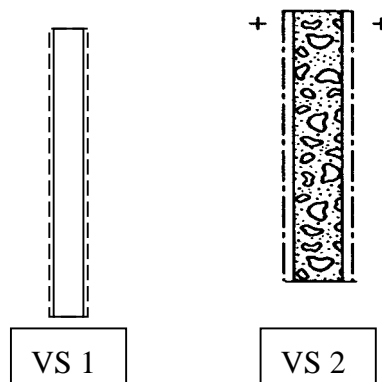
2.6.3 Väliseinät

Kuvassa 5 esitetään huoneiston sisäisenä väliseinänä tavallisesti kerrostaloissa käytetyn teräsrankaseinän (VS 1) rakenne. Pystyrankana käytettiin Rannilan tuottama läppäranka LPR (reuna 47 mm, leveys 95 mm ja ainevahvuus 0,56 mm) ja teräskiskona SKT/37:n kiskoa (reuna 37 mm, leveys 95 mm ja ainevahvuus 0,56 mm). VS 1 -väliseinän lämmönneristeenä käytettiin vuorivillaa. Kun eristys oli molemmilta puolilta tiiviisti kiinni kipsilevyssä, eristeen lämmönjohtavuus oli $0,045 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ja koko teräsrankaseinän lämmönläpäisevyyskerroin $0,44 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.

Kuvassa 5 esitetään huoneistojen välisenä seinänä käytetty kantavan 180 mm teräsbetonelementtiseinän (VS 2) rakenne. Betoniteräksiä käytettiin elementin molemmissa pinnoissa ja molemmissa suunnissa. Terästen määrä laskettiin rajatilamitoituksen ohjeiden mukaan (RakMk B4, Betonirakenteet, Ohjeet 2001).

Rakentamismääräysten minimivaatimusten mukaan (RakMK C1) kerrostalon väliseinien pienimmän sallitun ilma-ääneneristävyysluvun asuinhuoneistojen sekä asuinhuoneiston ja porrashuoneen tai käytävän välillä täytyy olla $R'w = 55$ dB. Jos seinän paksuus on 180 mm, ilmaääneneristysluku on 53 dB. Tämän väliseinän (VS 2) paksuudeksi valittiin 180 mm.

Taulukossa 7 esitetään tyyppikerrostalossa käytettyjen väliseinärakenteiden massat, hukat sekä uusimisjaksot.



Kuva 5. Tyyppikerrostalon väliseinärakenteet, väliseinä VS 1 -teräsrunkaseinä ja VS 2 -betoniseinä.

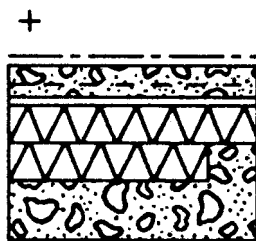
Taulukko 7. Väliseinärakenteet.

Materiaalit	Tiheys kg/m ³	Paksuus m	Massa kg / m ²	Hukka %	Massa + hukka kg/m ²	Käyttökerta (käyttöikä 100 v.)
VS 1 -teräsrunkaseinä						
Kipsikartonkilevy molemmin puolin	700	0,026	18,2	10	20	3
Teräsranka 95 k 600 (70 mm), 2,5 jm	7850	0,095	2,08	0	2,08	1
Teräskisko 95; 0,8 jm	7850		0,59	0	0,59	1
Mineraalivilla	17	0,095	1,62	2	1,7	1
Osittainen kipsitasoite, molemmin puolin	700	0,0006	0,84	0	0,84	3
VS 2 -betoniseinä						
Teräsbetoniseinä, elementti	2400	0,180	432	0	432	1
Betoniteräksiset	7850		5,9	5	6,2	1
Sem. pohj. tasoitus molemmin puolin, 2,5 kertaa	1600	0,004	12	0	12	3

2.6.4 Alapohja

Kuvassa 6 esitetään tyypikerrostalossa käytetyn solupolystyreenillä eristetyn maanvaraisen betonilaatan (AP 2) rakenne. Alapohjan teräsbetonilaatta oli BY 45/BLY 7 C-4-30:n vaatimusten mukainen (lattian tasaisuus luokka C, kulutuskestävyys luokka 4 ja betonin lujuus K30). Laatan raudoituksena käytettiin 5 mm:n rauditusverkkoa 150 mm:n silmällä (verkko 5-150 B500K). Lämmöneristeenä käytettiin solupolystyreenia, jonka lämmönjohtavuus oli 0,041 W/m K.

Alapohjien minimi k-arvovaatimus, RakMK osa C3 mukaan, asuinrakennukselle on maata vasten 0,36 W/m² K. Tässä k-arvo oli uloimmalla reuna-alueella 0–1 m sokkelista 0,28 W/m² K ja sisemmällä reuna-alueella 0,17 W/m²K.



Kuva 6. Tyypikerrostalon maanvarainen alapohja solupolystyreenieristyksellä.

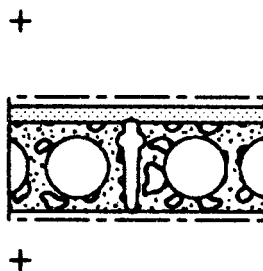
Taulukossa 8 esitetään tyypikerrostalossa käytetyn alapohjan materiaalmäärät, hukat sekä uusimisjaksot.

Taulukko 8. Alapohjarakenne.

Materiaalit	Tiheys kg/m ³	Paksuus m	Massa kg/m ²	Hukka %	Massa + hukka kg/m ²	Käyttökerta (käyttöikä 100 v.)
AP-2 -betonilaatta, maanvarainen, alapuolella solupolystyr. eriste						
Tasoite	1600	0,010	16	0	16	3
Teräsbetonilaatta	2400	0,080	192	3	198	1
Rauditus			2,1	5	2,2	1
Sitkeä suojapaperi	1100	0,0002	0,22	5	0,23	1
Solupolystyreeni (EPS)	20	0,100	2,0	5	2,1	1
Salaojitussora	1900	0,200	380	0	380	1

2.6.5 Välipohja

Kuvassa 7 esitetään tyyppikerrostalon välipohjana käytetyn 265 mm:n ontelolaatta-betonin rakenne (VP 1). Ontelolaatan painona käytettiin kokeissa havaittua keskimääräistä painoa (350 kg). Teräksien määrä on laskettu keskimääräisen ontelolaatan raudoituksen mukaan. Välipohjarakenteen k-arvo oli 1,73 W/m²K.



Kuva 7. Tyyppikerrostalon ontelolaattavälipohjan rakenne.

Rakentamismääräysten minimivaatimusten mukaan (RakMk C1) asuinkerrostalon välipohjien pienemmän sallitun ilmaääneneristävyysluvun (R'_{w}) asuinhuoneistojen välillä täytyy olla vähintään 55 dB ja askeläänitasoluvun $L'_{n,w} < 53$ dB. Tässä on käytetty ontelolaattavälipohjaa P27/By VP 03 (äänitekkinen rakennekortti, edustaa tilannetta 15.6.2000). Tämän mukaan pintabetonikerroksen täytyy olla > 60 mm (massan täytyy olla vähintään 135 kg/m²) ja lattiapinnoitteena täytyy käyttää esim. Upostep 53 -lattiamattoa, jotta ääneneristävyysvaatimukset tulisivat täytettyä. Tämän rakenteen askeläänitasot kenttätutkimuksien mukaan olivat $L'_{n,w} = 48 - 51$ dB. Laskelmassa pintamateriaalina käytetty matto on jätetty tarkastelun ulkopuolelle. Käytetyn välipohjarakenteen lämmönläpäisykerron (k-arvo) oli 1,64 W/m² K.

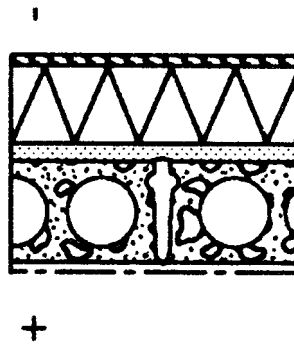
Taulukossa 9 esitetään tyyppikerrostalon välipohjan materiaalimäärät, hukat sekä uusimisjaksot.

Taulukko 9. Välipohjarakenne.

Materiaalit	Tiheys kg/m ³	Paksuus m	Massa kg/m ²	Hukka %	Massa + hukka kg/m ²	Käyttökerta (käyttöikä 100 v.)
VP 1 -ontelolaatta, tasoite						
Vetonit-tasoite	1200	0,001	1,8	0	1,8	3
Pintabetoni	2400	0,060	144	3	148	1
Ontelolaatta		0,265	350	0	350	1
Tasoite	1600	0,010	16	0	16	3

2.6.6 Yläpohja

Kuvassa 8 esitetään tyypikerrostalossa käytetyn 265 mm:n ontelolaattayläpohjan rakenne (YP 2). Ontelolaatan painona oli ontelolaatan keskimääräinen paino (350 kg). Teräksien määrä laskettiin keskimääräisen ontelolaatan raudoituksen mukaan.



Kuva 8. Tyypikerrostalon ontelolaattarakenteiden yläpohja.

Lämmöneristeenä käytettiin tavanomaisia vesikattoeristeitä, vuorivillalevyjen yhdistelmää, kuten aluskattolevyä ja kovakattolevyä (AKL + KKL). Aluskattolevyn tiheys oli 110 kg/m^3 ja kovakattolevyn tiheys 250 kg/m^3 . Aluskattolevy sekä kovakattolevy olivat molemmilta puolilta tiivistä kiinni rakenteessa. Silloin eristeiden lämmönjohtavuus oli vastaavasti $0,037 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja $0,041 \text{ W/m}^2\text{K}$. Vesieristeenä käytettiin 3-kerroksista bitumihoopaa.

Yläpohjien minimi k-arvo vaatimus, RakMK osa C3:n mukaan, asuinrakennukselle on $0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$. Tässä käytettiin rakennetta, jonka k-arvo oli $0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Taulukossa 10 esitetään tyypikerrostalossa käytetyn yläpohjan materiaalimäärät, hukat sekä uusimisjaksot.

Taulukko 10. Yläpohjarakenne.

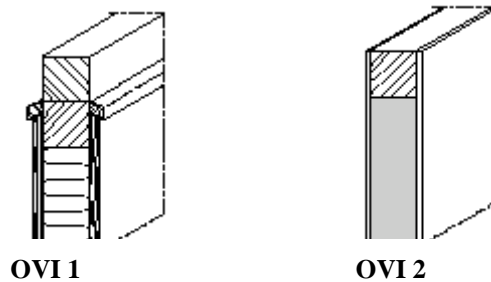
Materiaalit	Tiheys kg/m^3	Paksuus m	Massa kg/m^2	Hukka %	Massa + hukka kg/m^2	Käyttökerta (käyttöikä 100 v.)
YP 2 -ontelolaatta, tasoite						
Bitumihoopa		0,003	11,5	1,5	11,6	3
Mineraalivilla (KKL)	250	0,02	5	2	5,1	1
Mineraalivilla (AKL)	110	0,140	15,4	2	15,7	1
Bitumieriste	1300	0,001	1,3	2	1,3	1
Tasoite	1600	0,015	22,5	0	22,5	1
Ontelolaatta		0,265	350,0	0	350	1
Alapuolinen tasoite (ruiskupinta)	1600	0,010	16,0	5	17	3

2.6.7 Ovet ja ikkunat

2.6.7.1 Ovet

Asuinkerrostalon ulko-ovena sekä asuinhuoneistojen kerrostaso-ovina käytettiin kehys-ovea (OVI 1). Asuinhuoneistojen sisäovina olivat laakaovet (OVI 2). Kehysovella tarkoitetaan ovea, jonka ovilevyn kantavana osana on puinen jäykkä kehys. Kehyksen välissä on lämmöneriste. Ovilevyn molemmat sivut verhoillaan esimerkiksi paneelilau-doilla. Laakaovella tarkoitetaan ovea, jonka ovilevy on kerrosrakenteinen. Ovilevyn jäykkyys perustuu siihen, että ovilevyn kehys, täyteaine ja pintalevyt liimataan yhteen.

Ovilevyn kehyn (rungon) muodostaa ovilevyn ympäri kiertävä noin 50 mm:n levyinen ja eristeen paksuinen umpipuinen runkosoiro. Lisäksi rakenteen jäykistämiseen käytetään yhtä pysty- tai kahta vaakajäykistettä (tässä käytetty kahta vaakajäykistettä), jotka ovat rakenteeltaan samanlaiset kuin runkosoiro. Ovilevyn pinta voi olla sileä tai profiloitu (peiliovi). Tässä on käytetty sileää ovea. Kuvassa 9 esitetään tyyppikerrostalossa käytetyt ovityypit.



Kuva 9. Asuinkerrostalossa käytetyt ovityypit. OVI 1 kehysovi ja OVI2 laakaovi.

Ulko-oven lämmöneristävyuden suhteen noudatetaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C3 (Lämmöneristys. Määräykset) esitettyjä vaatimuksia, joiden mukaan oven lämmönläpäisykerroinvaatimukset ovat lämpimän tilan tai ulkoilman tai lämmittämättömän tilan osalta $< 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$. Tässä oli asuinhuoneistojen kerrostasovien sekä ulko-oven k-arvo $0,66 \text{ W/m}^2\text{K}$. Sisäovien k-arvo oli $3,50 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Ovirakenteilta vaadittavia ääniluokkia on laboratoriossa mitattu keskimääräisen äänen-eristävyuden R_m mukaan (RakMK C1). Asuinhuoneistojen kerrostaso-oville se on 30 dB (34 dB). Tämä saavutetaan ovirakenteella (OVI 1).

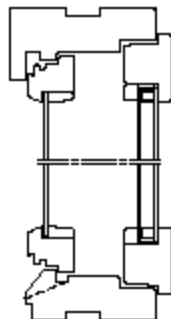
Taulukossa 11 esitetään tyyppikerrostalossa käytettyjen ovirakenteiden massat, hukat sekä uusimisjaksot (uusiminen talon 100 vuoden käyttöiän aikana).

Taulukko 11. Ovirakenteet.

Materiaalit	Tiheys kg/m ³	Paksuus m	Massa kg/m ²	Hukka %	Massa + hukka kg/m ²	Käyttökerta (käyttöikä 100 v.)
OVI 1 - ulko-ovi sekä asuinhuoneistojen kerrostaso-ovi						
Puu	520	0,007	3,64	5	3,8	3
Vaakarunko 50 x 50 mm (4 kpl)	520		2,47	5	2,6	3
Pystyrunko 50 x 50 mm (2 kpl)	520		4,10	5	2,9	3
Mineraalivilla	110	0,050	5,5	2	5,6	3
Puu	520	0,007	3,64	5	3,8	3
OVI 2 - väli-ovi						
Puu	520	0,007	3,64	5	3,8	3
Vaakarunko (4 kpl) 25 x 50 mm ²	520		2,47	5	1,3	3
Pystyrunko (2 kpl) 25 x 50 mm ²	520		4,10	5	1,4	3
Puu	520	0,007	3,64	0	3,8	3

2.6.7.2 Ikkunat

Tässä asuinkerrostalossa käytettiin MSE 3-kertaisia kirkkaalla lasilla varustettuja puuikkunoita (1 + 2 -kertainen umpiolasi). Ikkunan välilistan oletettiin olevan alumiinia, ja lasien välissä oletettiin olevan ilmakerros. Lämmönläpäisykerroimen minimivaatimuksena ikkunoille, RakMK osa C3:n mukaan, on 2,1 W/m²K. Tässä käytetyn ikkunan lämmönläpäisykerroin oli 1,8 W/m²K. Kuvassa 10 esitetään tyypikerrostalossa käytetty ikkuna.



Kuva 10. MSE sisäänaukeava, kaksipuitteiden kolmilasinen ikkuna.

LVIS-2000-talossa ikkunoiden pinta-aloiksi laskettiin vain lasipinnat, puiden ja karmien pinnat oli laskettu mukaan ulkoseiniin. Tässä ikkunapinta-alan laskenta perustuu liittymismittojen pinta-aloihin sekä toleransseihin.

Taulukossa 12 esitetään tyyppikerrostalon ikkunoiden tyypit sekä pinta-alat. Taulukossa 13 esitetään tyyppikerrostalossa käytettyjen ikkunoiden massat, hukat sekä uusimisjaksot (uusiminen talon 100 vuoden käyttöiän aikana).

Taulukko 12. Ikkunat (RT 4110049 mukaan).

Ikkunatyyppe	Lasipinta-ala m ²	Ikkunan pinta-ala m ²
12M x 12M	1,08	1,42
16M x 14M	1,8	2,21
18M x 20M	3	3,56

Taulukko 13. Tyyppikerrostalossa käytetyn 12 m x 12 m ikkunan massa, hukka sekä uusimisjaksot (uusiminen talon 100 vuoden käyttöiän aikana).

Materiaalit	Massa kg/kpl	Osuus %	Hukka %	Käyttökerta (käyttöikä 100 v.)
IKK , 3-lasinen puuikkuna, 12 m x 12 m, paino 42,2 kg				
Puu	18,00	42,6 %	0	3
Tasolasi	23,51	55,7 %	0	3
Alumiini	0,701	1,7%	0	3
Yhteensä	42,2			

2.6.8 Porta

Tyyppikerrostalossa on yksi portaikko, jossa käytettiin yksivartista Elemento-porraselementtiä (RT 315.4-35328). Elemento-porraselementti koostuu teräsbetonipalkista ja mosaiikkibetonisesta askellankusta. Askelpinnan pintavaihto-ehdona oli pelkkä betonipinta. Yksivartisessa porrasedimentissä on yhteensä 18 nousua, yhden porrasedimentin korkeus on 166,7 mm (kerroskorkeus 3 000 mm) ja paino on 3 100 kg. Askeleen leveys on 1,2 m ja etenemä 270 mm.

Porraselementissä käytetään teräksiä niin teräsbetonipalkissa kuin askeleissa. Porraselementin 18-nousuisen teräspalkin pituus on 5 600 mm ja askeleen leveys 1 200 mm. Palkin ylä- sekä alapinnassa käytettyjen teräksien määrä oli 79,5 kg (8 +8 kpl Ø12 mm). Yhden askeleen ylä- ja alapinnassa käytettyjen teräksien määrä oli 2,8 kg (3 + 3 kpl Ø8mm). Yhteensä askelia oli 17 kpl, joten teräksiä kaksivartisen portaan askelissa oli yhteensä 47,6 kg. Laskennassa yksivartisen portaan betonimääränä käytettiin 2 972 kg ja teräksen määränä 128 kg.

2.7 Rakennusmateriaalien ympäristövaikutusten taustatiedot

2.7.1 Poltettu tiililaatta

Ympäristövaikutukset perustuivat Optiroc Oy:n Lappilan tiilitehtaan ympäristövaikutusten selvitykseen (Ympäristöseloste nro 3). Tarkastelujakson tiedot on koottu vuoden 1997 tiedoista, joissa on oletettu että kaikki poltetut tiilitonnit ovat punaiseksi palavaa tiiltä. Selvitys kattaa päämateriaalien kaikki elinkaaren vaiheet.

2.7.2 Mineraalivilla

Laskennassa käytettiin pehmeää ja kovaa vuorivillaa. Ympäristövaikutukset perustuivat päivitettyyn Partek Paroc Oy Ab:n Paraisten, Oulun ja Lappeenrannan tehtaan tuotantomäärillä painotettuun keskiarvotulokseen (Ympäristöseloste nro 4, päivitys). Selvitys kattaa kaikki tuotteen pääraaka- sekä apuaineet. Perustietoaines perustuu materiaalikirjanpitoon ja ilmasuojelulain nojalla tehtyihin päästömittauksiin. Koksenvalmistuksen tiedot on laskettu metallurgisen koksen valmistuksen perusteella. Todellisuudessa koksi tuodaan ulkomailta.

2.7.3 Kipsilevy ja kipsitasoite

Laskennassa käytettiin sisäverhouskipsilevyä GN 13. Ympäristövaikutukset perustuvat Gyproc Oy:n ympäristöselosteeseen (Ympäristöseloste nro 14). Arvio perustui tuottajan antamiin tietoihin tuotannon materiaali- ja energiavirroista. Selvitys kattaa tuotteen pääraaka-aineet sekä lisäaineiden osalta niiden kuljetuksen.

2.7.4 Teräsbetoni

Laskennassa käytettiin betonia K30. Ympäristövaikutukset perustuivat Lohja Rudus Oy:n ympäristöselosteeseen. Betoniteräksen ympäristövaikutukset perustuivat kirjallisuusviitteeseen ja koskivat romupohjaisen terästuotteen valmistusta Norjassa (Myhre et al. 1997).

2.7.5 Ontelolaatta

Ympäristövaikutusten selvitys perustuu Parma Betonilan Parel-ontelolaatan ympäristöselosteeseen (Ympäristöseloste nro 8). Selvityksen kohteena oli Hyrylän tehtaan keskimääräinen ontelolaatta. Keskimääräinen ontelolaatta on laskettu vuosituotannon kokonaismäärän ja hankittujen raaka-aineiden perusteella. Selvitys kattaa kaikki betonin osat ja valmistuksen apuaineet. Teräspunoksien osalta selvitys perustuu kirjallisuuteen (Björklund et al. 1996).

2.7.6 Seinätasoite

Laskennassa käytettiin Optiroc Oy:n sementtipohjaisen Vetonit-seinätasoitteen ympäristövaikutuksia.

2.7.7 Teräsranka sekä kisko

Niin kiskon kuin pystyrangan ympäristövaikutukset perustuivat sinkityn teräslevyn ympäristöprofiiliin (Ympäristöseloste nro 35). Kylmävalssattujen, kuumasinkittyjen ja tehdasmaalattujen ohutlevyjen teräsosaan sovellettiin kansainvälisessä käytössä olevaa allokointimallia (Anderson, J. & Borg, M. 1997), jonka avulla teräksen valmistukseen tarvittavat energiat, materiaalit ja valmistukseen liittyvät päästöt jaettiin eri kierrätyskerroille. Kierrätysmallissa romupohjaisen teräksen ympäristöprofiili perustuu Fundian Mo I Ranan tehtaan ja Imatra Steelin Imatran tehtaan ympäristöprofiileiden keskiarvoon. Mo I Ranan tehtaan käyttämän sähköprofiili on korvattu laskelmissa Suomessa tuotetun sähköprofiilillä. Ohutlevyjen kierrätysaste allokointimallissa oli 90 % ja kierrätyskertojen määrä ääretön. Kierrätysaste perustuu Steel Recycling Institute:n tutkimuksiin rakentamisessa käytetyistä levy- ja palkkituotteista. Kierrätyskertojen lukumääräksi voidaan valita ääretön, koska teräksen kierrätyskertojen lukumäärälle ei ole käytännössä rajaa. Rautaruukki Oyj:n Hämeenlinnan tehtaassa valmistamien teräsohutlevyjen tiedot perustuvat vuoden 1995 tuotantoon. VOC-päästöt pohjautuvat

vuoden 1998 tuotantoon. Sinkin raaka-aineiden hankinnan tiedot perustuvat kirjallisuuteen ja sinkin valmistuksen tiedot sinkin tuottajilta saatuihin tietoihin.

2.7.8 Lämmöneriste solupolystyreeni (EPS)

Ympäristövaikutukset perustuivat kirjallisuuteen (Boustead, I. 1999). Viitteen mukaan selvitys kattaa raaka-aineiden ja energia-raaka-aineiden hankinnan, kuljetukset, osaineiden ja paisuvan polystyreenin (expandable polystyrene, EPS) valmistuksen ja kuljetuksen. Sähköä koskevat tiedot perustuvat usean Euroopan maan sähkötuotannon keskiarvoon. Raaka-aineiden hankinnan sekä valmistusprosessien luvut ovat myös euroopalaisen tuotannon keskiarvoja. Tarkasteluun ei sisälly energian kulutus valmistettaessa eristettä EPS:stä. Tämän osuus kokonaisenergiankulutuksesta on kuitenkin oletettavasti vähäinen.

2.7.9 Bitumihuopa ja bitumieriste

Ympäristövaikutukset perustuivat tutkimusraporttiin Bitumikatteiden ympäristöominaisuudet ja elinkaariarviot (Häkkinen, T. 1998, julkaisematon).

2.7.10 Salaojitussora

Ympäristövaikutusten tulos perustuu Lohja Rudus Oy Ab:n ympäristöselosteeseen (Ympäristöseloste nro 29). Selvitys perustui tuottajan antamiin materiaali- ja energia-
virtoihin. Tarkastelussa olivat mukana kiviaineksen irrotus, seulonta ja siirrot tuotanto-
alueella sekä kuljetus käyttäjälle.

2.7.11 Ulko- sekä väliovet

Ovissa käytettyjen puuosien ympäristövaikutukset perustuvat suomalaisen laivauskui-
van (kosteus 20 %) sahatavaran valmistukseen. Inventaariolaskelma perustuu Suomen
sahojen sahatavaratuotannon yhteenvedoon vuonna 1998 (Ympäristöseloste nro 27).
Tulos on laskettu LCA-SAHA-ohjelmalla ja edustaa noin 60 sahan keskiarvotulosta
(Vares, S. & Vanhatalo, L. 1999).

2.7.12 Ikkuna

Ikkunassa käytetyn puuosan ympäristöprofiili perustuu suomalaisen erikoiskuivan (kosteus 12 %) sahatavaran elinkaariselvitykseen. Tasolasin osalta selvitys perustuu kirjallisuusviitteeseen (Fossdal, S. 1995), jossa esitetään Pilkingtonin tasolasin valmistuksen ympäristöpaineet. Lahden lasitehtaan tuotannon pysäyttämisen jälkeen suuri osa tasolasista tulee Suomeen Ruotsista. Ikkunan välilistana käytetyn alumiinin ympäristövaikutusten tiedot perustuvat yhteistyössä Nordic Aluminiumin kanssa tehtyyn selvitykseen¹. Laskennassa oletettu, että alumiinin kierrätysaste on 85 %. Ikkunan valmistuksen osalta ympäristökuormien arvio perustuu ikkunan valmistajan ilmoittamiin energia- ja materiaalivirtoihin (Aatola, M. 1995).

¹ Ecological Profile Report for the European Aluminium Industry. EEA (European Aluminium Association). Work certification Boustead, I. Brussels 1996. 35 s.

3. Tulokset

3.1 Tyypitalon rakenteiden ympäristövaikutukset

Ympäristöä säästävissä rakennussuunnittelussa haluttu toiminnallinen yksikkö on rakennus, joka elinkaarensa aikana täyttää sille asetetut tila- ja toimintavaatimukset ja joka on toteutettu mahdollisimman vähän ympäristökuormia aiheuttavin materiaali- ja energiapanostuksin. Tässä tarkastelussa oli toiminnallisena yksikkönä nykyvaatimusten mukaan toteutettu LVIS-2001-tyyppikerrostalo. Kerrostalon rakenteiden ympäristövaikutusten tulokset esitetään taulukossa 14 (laskennan apuna käytettiin LCA-HOUSE-ohjelmaa).

Taulukko 14. Tyyppikerrostalon LVIS-2001-rakenteiden ympäristöpaineet.

	Materiaali raaka-aine käyttö* tn	Uusiutuva energia GJ/talo	Uusiutu- maton energia GJ/talo	tn CO ₂ ekv/talo	kg SO ₂ ekv./talo	kg eteeni ekv/talo
Perustukset	135	5	106	12	41	2
Alapohjat	278	19	253	19	97	5
Välipohjat	510	28	745	75	129	9
Väliseinät	246	48	571	47	293	13
Ulkoseinät	387	91	731	65	332	12
Yläpohjat	217	27	630	51	166	11
Ikkunat	4	43	33	2	14	1
Ovet	2	34	6	0,4	3	0,2
Portaat	7	2	11	1	5	0,2
Yhteensä	1786	296	3087	273	1080	53

* rakennusmateriaalien valmistuksessa käytetyt raaka-aineet

Elinkaaritutkimuksen tulosta käytetään aina vertailuun. Vertailun helpottamiseksi talon ympäristövaikutukset on tulostettu myös rakennuskuutiota ja huoneistoala-m² kohden (taulukot 15 ja 16).

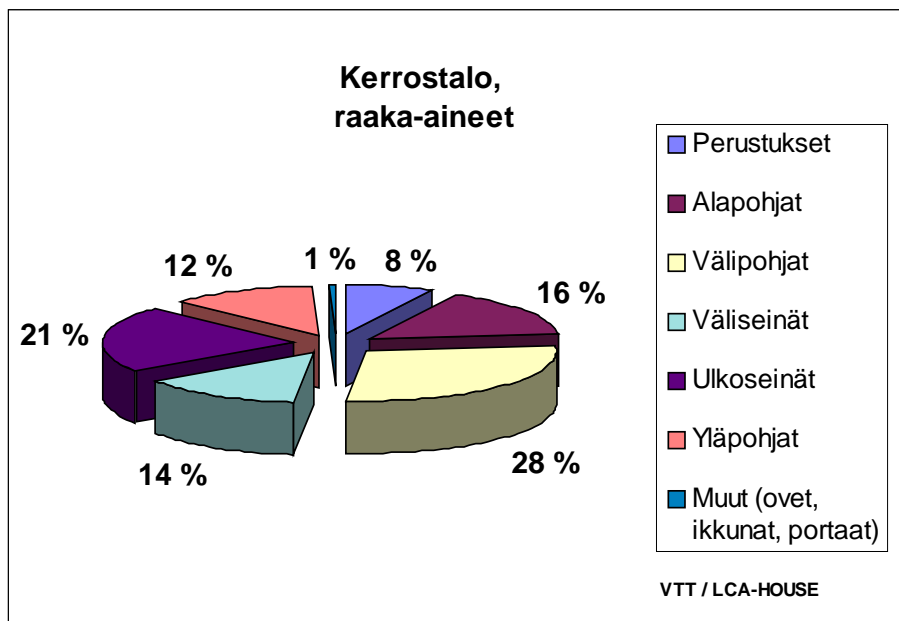
Taulukko 15. Tyypikerrostalon ympäristövaikutusten tulos rakennuskuutiota kohden (tyypikerrostalon rakennuskuutioiden määrä oli 4 176 m³).

	Mater. raaka-aine käyttö tn/rm ³	Uusiutuva energia GJ/rm ³	Uusiutu- maton energia GJ/rm ³	tn CO ₂ ekv. /rm ³	kg SO ₂ ekv. /rm ³	kg eteeni ekv. /rm ³
LVIS-2001- kerrostalo	0,43	0,07	0,74	0,066	0,26	0,012

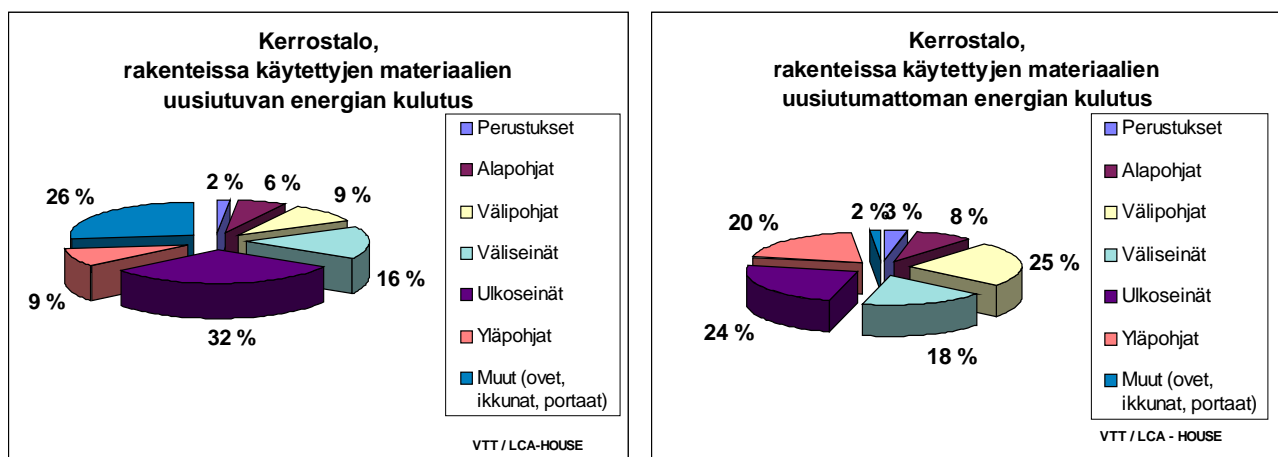
Taulukko 16. Tyypikerrostalon ympäristövaikutusten tulos huoneistoalaa kohden (tyypikerrostalon huoneistoala oli 1 146 m²).

	Mater. raaka-aine käyttö tn/m ²	Uusiutuva energia GJ/m ²	Uusiutu- maton energia GJ/m ²	tn CO ₂ ekv. /m ²	kg SO ₂ ekv. /m ²	kg eteeni ekv. /m ²
LVIS-2001- kerrostalo	1,56	0,26	2,69	0,24	0,94	0,046

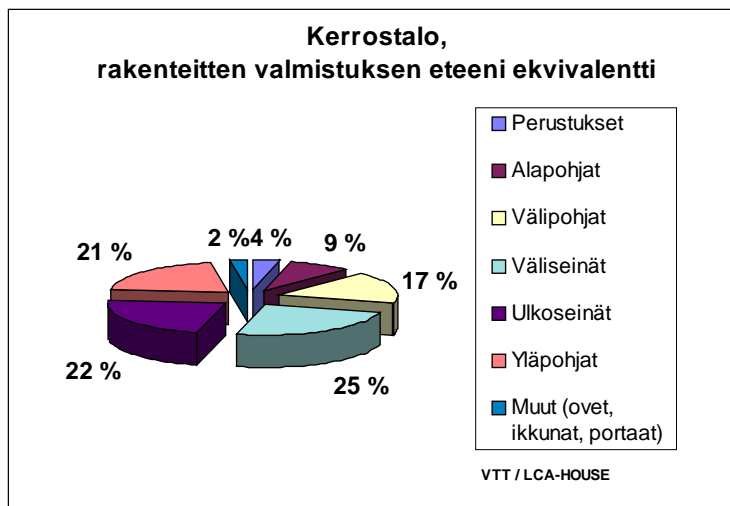
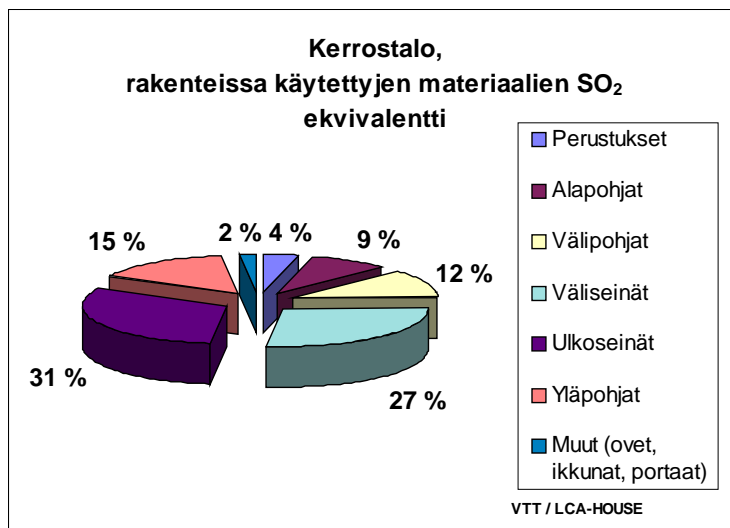
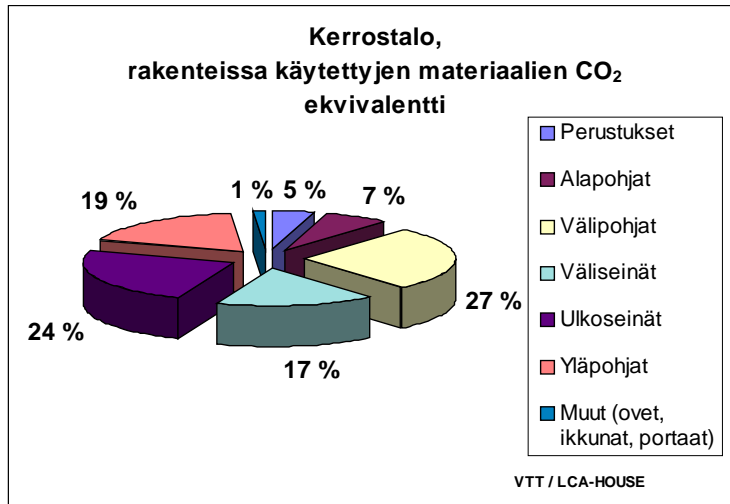
Kuvissa 11–13 esitetään tyypikerrostalossa käytettyjen rakenteiden ympäristövaikutusten osuudet koko talossa käytettyjen materiaalien ympäristövaikutuksista (materiaalien ja energian käyttö sekä päästöt).



Kuva 11. Materiaalien raaka-aineosuudet tyypikerrostalon rakenteissa (yhteensä 1 786 tn).



Kuva 12. Uusiutumattoman ja uusiutuvan energian käytön osuudet tyypikerrostalon rakenteissa (uusiutuvan energian määrä yhteensä oli 296 GJ ja uusiutumattoman energian määrä oli 3087 GJ).



Kuva 13. Tyypikerrostalon rakenteiden osuudet kasvihuonekaasujen (yhteensä 273 tn), happamoittavien päästöjen (yhteensä 1 080 kg) ja oksidantteja muodostavien päästöjen (yhteensä 53 kg) osalta.

3.2 Tyypitalon rakenteiden ympäristövaikutukset, talon käyttöikä 100 vuotta

Yhtenä tarkastelun kohteena oli myös rakennuksen pitkä käyttöikä. Tässä tyypitalon käyttöikäksi oletettiin 100 vuotta. Laskennassa otettiin huomioon talossa käytettyjen materiaalien uusiminen ja huolto 100 vuoden aikana. LVIS-2001-tyypitalossa käytettyjen rakenteiden ympäristövaikutukset käyttöiän aikana esitetään taulukossa 17. Taulukoissa 18 ja 19 esitetään ympäristövaikutusten tulos rakennuskuutiota (m³) ja huoneistoalaa (m²) kohden.

Taulukko 17. Tyypikerrostalon LVIS-2000-rakenteiden ympäristöpaineet, talon käyttöikä 100 vuotta.

	Materiaalien käyttö tn	Uusiutuva energia. GJ/talo	Uusiutumaton energia GJ/talo	tn CO ₂ ekv./talo	kg SO ₂ ekv./talo	kg eteeni ekv./talo
Perustukset	135	5	106	12	41	2
Alapohjat	292	20	286	22	98	5
Välipohjat	542	31	813	83	131	10
Väliseinät	292	52	906	69	503	17
Ulkoseinät	395	92	750	67	332	12
Yläpohjat	243	39	1032	79	219	19
Ikkunat	11	128	99	7	41	3
Ovet	6	101	19	1,3	8	0,6
Portaat	7	2	11	1	5	0,2
Yhteensä	1 923	471	4 023	341	1 379	68

Taulukko 18. Tyypikerrostalon rakenteiden ympäristövaikutusten tulos rakennuskuutiota kohden (tyypikerrostalon rakennuskuutioitten määrä oli 4176 m³ ja talon käyttöikä 100 vuotta).

	Mater. raaka-aine käyttö tn/rm ³	Uusiutuva energia GJ/rm ³	Uusiutumaton energia. GJ/rm ³	tn CO ₂ ekv. /rm ³	kg SO ₂ ekv. /rm ³	kg eteeni ekv. /rm ³
LVIS-2001-kerrostalo, käyttöikä 100 v.	0,46	0,11	0,96	0,08	0,33	0,016

Taulukko 19. Tyypikerrostalon rakenteiden ympäristövaikutusten tulos rakennusne-
liötä kohden (tyypikerrostalon huoneistoala oli 1146 m² ja talon käyttöikä 100 vuotta).

	Mater. raaka-aine käyttö tn/m ²	Uusiutuva energia GJ/m ²	Uusiutu- maton energia. GJ/m ²	tn CO ₂ ekv. /m ²	kg SO ₂ ekv. /m ²	kg eteeni ekv. /m ²
LVIS-2001- kerrostalo, käyttöikä 100 v.	1,68	0,41	3,51	0,30	1,20	0,059

3.3 Tyypitalo ja matalaenergiatalot

Energiatehokkaiden rakennusten suunnittelun lähtökohtana on, että samat toiminnot ja tilat voidaan rakentaa ympäristöä ja energiaa oleellisesti vähemmän kuluttavaksi elinkaarensa aikana kuin nykyisin ilman, että rakennusta käyttävien ihmisten tarvitsee muuttaa mieltymyksiään tai elintapojaan (Häkkinen, T. & Saari, M. et al. 1999). Matalaenergiarakentaminen voidaan toteuttaa rakennuksen ulkovaipan lämpöhäviöitä pienentämällä, talotekniikalla ja oikealla rakentamisella. Rakenneteknisesti k-arvo saadaan pienennettyä lisäämällä eristekerroksen paksuutta esim. ulkoseinissä käyttämällä 300 mm:n eristemateriaalia (k-arvo 0,13 W/m²K), yläpohjassa käyttämällä 500 mm:n eristemateriaalia (k-arvo 0,08 W/m²K), alapohjassa käyttämällä 250 mm:n eristemateriaalia (k-arvo 0,15 W/m²K), eristämällä ulko-ovet esim. 100 mm:n levyvillalla (k-arvo 0,4 W/m²K) ja käyttämällä esim. 3-lasisia selektiivikalvoikkunoita joiden välitilassa on argonikaasua (k-arvo 1,2 W/m²K).

Taulukossa 20 ja 21 on esimerkki vertailutalon rakenteiden lämmönläpäisyn pienentämisen vaikutuksesta materiaalien ympäristökuormiin, kun talon käyttöikä on 100 vuotta.

Taulukko 20. Tyyppikerrostalon LVIS-2001 rakenteiden ympäristökuormat, rakenteiden lämmönläpäisyä pienennetty.

	Materiaalien käyttö tn	Uusiut. energia. GJ/talo	Uusiutumaton energia GJ/talo	tn CO ₂ ekv/talo	kg SO ₂ ekv./talo	kg eteeni ekv/talo
Perustukset	135	5	106	12	41	2
Alapohjat	295	21	404	26	124	8
Välipohjat	542	31	813	83	131	10
Väliseinät	292	52	906	69	503	17
Ulkoseinät	406	103	896	78	396	16
Yläpohjat	297	92	1756	134	536	37
Ikkunat	11	122	137	7	41	2
Ovet	6	101	19	1	8	1
Portaat	7	2	11	1	5	<1
Yhteensä	1991	529	5048	411	1785	94

Taulukko 21. Tyyppirakennuksen sekä parannetun rakennuksen (paremmin eristetty) vaikutus ympäristöön.

	Materiaali raaka-ain. käyttö tn/100 a	Uusiutuva energia GJ /100a	Uusiutumaton energia GJ/100a	tn CO ₂ ekv/100a	kg SO ₂ ekv/100a	kg eteeni ekv./100a
LVIS-2001	1923	471	4023	341	1379	68
Parannettu rakenneratkaisu	1991	529	5048	411	1785	93
Ympäristökuormien kasvu *	+ 4 %	+ 12%	+ 26 %	+ 21%	+ 29 %	+ 37 %

* kasvu verrattuna nykyisiin käytettyihin rakenneratkaisuihin

Matalaenergiatalojen suunnittelussa päästään parhaaseen tulokseen kokonaisoptimoinnissa, jonka tuloksena käytönaikainen lämmitysenergiankulutus ja ympäristökuorma pienenevät, vaikka materiaalien käytöstä aiheutuva ympäristöpaine kasvaisikin.

3.4 Tyypitalon sekä lämpötekniisesti parannetun talon käytönaikainen energiankulutus ja ympäristövaikutukset

LVIS-2001-tyyppikerrostalon käytönaikainen energiankulutus on laskettu WinEtana-laskentaohjelman avulla. Kuvassa 14 esitetään tyyppitalon energiankulutustulokset.

The screenshot shows the WinEtana 1.0 LT software interface. The title bar reads "WinEtana 1.0 LT C:\WINETALT\UUSI.ETA". The menu bar includes "Tiedosto", "Muokkaa", "Energiajakaumat", "Tariffit", and "Apua". The main window is titled "Yhteenveto laskettavan kiinteistön tiedoista".

Project information fields:

- Kohteen nimi: LVIS 2001
- Sijainti: Helsinki-Vantaa
- Rakennustyyppi: Asuinkerrostalo
- Rakennusvuosi: 2000
- Rakennustilavuus (m³): 4 176

Costs and Energy Consumption Summary:

Kulutukset		Kustannukset		
LÄMPÖ:				
Energia	177 420	kWh/a	42,5	kWh/m²,a
Kaukolämpö	220	kW	53,8	W/m²
SÄHKÖ:				
Energia	47 930	kWh/a	11,5	kWh/m²,a
Max.teho	60	kW	14,3	W/m²
Vedenkulutus:				
	1 700	m³/a	0,41	m³/m²,a
-josta lämmitä	680	m³/a	0,16	m³/m²,a

Buttons at the bottom:

- Tiedosto: Uusi rakennus, Avaa, Tallenna, Lopeta
- Tariffit: Tariffit
- Muokkaa rakennuksen tietoja: Perustiedot, Rakenteet, Ikkunat, Ilmanvaihto, Käyttövesi, Kuormitukset, Sähkö, Lämmitysmuoto

Kuva 14. LVIS-2001-tyypiasuinkerrostalon energiankulutuksen laskenta WinEtana-ohjelmalla, ohjelman tulostussivu.

Kuvissa 15 ja 16 esitetään tyyppikerrostalon kiinteistökohtaiset (pihavalaisutus, pesula, autopaikat, pumput, IV-koneet) sekä huoneistokohtaiset (valaistus, pyykinpesu, astianpesu, viihde, liesi, jääkaappi, pakastin) kulutustekijät.

Asumisen sähkönkulutus

Kokonaiskulutus (kWh/a) Asukkaiden lukumäärä
 Kiinteistökulutus (kWh/a) Asuntojen lukumäärä
 Huoneistokulutus (kWh/a)

Huoneistokulutus		Kiinteistökulutus	
Huoneistokohtaiset kulutustekijät keskimäärin			
Yhteensä (kWh/asunto,a) <input type="text" value="2080"/>			
Kulutus (kWh/asunto,a)		Kulutus (kWh/asunto,a)	
<input checked="" type="checkbox"/> Valaistus	<input type="text" value="510"/> <input type="button" value="Muuta"/>	<input type="checkbox"/> Vesisänky	<input type="text" value="550"/> <input type="button" value="Muuta"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Pyykinpesu	<input type="text" value="190"/> <input type="button" value="Muuta"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Liesi	<input type="text" value="380"/> <input type="button" value="Muuta"/>
<input type="checkbox"/> Kuivausrumpu	<input type="text" value="230"/> <input type="button" value="Muuta"/>	<input type="checkbox"/> Jk.-pakastin	<input type="text" value="640"/> <input type="button" value="Muuta"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Astianpesu	<input type="text" value="140"/> <input type="button" value="Muuta"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Jääkaappi	<input type="text" value="280"/> <input type="button" value="Muuta"/>
<input type="checkbox"/> Sauna	<input type="text" value="870"/> <input type="button" value="Muuta"/>	<input type="checkbox"/> Jää-viileä	<input type="text" value="330"/> <input type="button" value="Muuta"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Viihde	<input type="text" value="310"/> <input type="button" value="Muuta"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Pakastin	<input type="text" value="270"/> <input type="button" value="Muuta"/>
<input type="checkbox"/> PC	<input type="text" value="80"/> <input type="button" value="Muuta"/>	<input type="checkbox"/> Lisälämmitin	<input type="text" value="880"/> <input type="button" value="Muuta"/>
<input type="checkbox"/> Akvaario	<input type="text" value="360"/> <input type="button" value="Muuta"/>	<input type="checkbox"/> Lattialämmitys	<input type="text" value="350"/> <input type="button" value="Muuta"/>
<input type="checkbox"/> Ilmankostutin	<input type="text" value="500"/> <input type="button" value="Muuta"/>	<input type="checkbox"/> Oma laite	<input type="text" value="200"/> <input type="button" value="Muuta"/>

Kuva 15. LVIS-2001-tyyppiasuinkerrostalon kiinteistökohtaiset kulutustekijät sähkön osalta, WinEtana-ohjelman tulostussivu.

Asumisen sähkönkulutus

Kokonaiskulutus (kWh/a) Asukkaiden lukumäärä
 Kiinteistökulutus (kWh/a) Asuntojen lukumäärä
 Huoneistokulutus (kWh/a)

Huoneistokulutus		Kiinteistökulutus	
Huoneistokohtaiset kulutustekijät keskimäärin			
Yhteensä (kWh/asunto,a) <input type="text" value="2080"/>			
Kulutus (kWh/asunto,a)		Kulutus (kWh/asunto,a)	
<input checked="" type="checkbox"/> Valaistus	<input type="text" value="510"/> <input type="button" value="Muuta"/>	<input type="checkbox"/> Vesisänky	<input type="text" value="550"/> <input type="button" value="Muuta"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Pyykinpesu	<input type="text" value="190"/> <input type="button" value="Muuta"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Liesi	<input type="text" value="380"/> <input type="button" value="Muuta"/>
<input type="checkbox"/> Kuivausrumpu	<input type="text" value="230"/> <input type="button" value="Muuta"/>	<input type="checkbox"/> Jk.-pakastin	<input type="text" value="640"/> <input type="button" value="Muuta"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Astianpesu	<input type="text" value="140"/> <input type="button" value="Muuta"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Jääkaappi	<input type="text" value="280"/> <input type="button" value="Muuta"/>
<input type="checkbox"/> Sauna	<input type="text" value="870"/> <input type="button" value="Muuta"/>	<input type="checkbox"/> Jää-viileä	<input type="text" value="330"/> <input type="button" value="Muuta"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Viihde	<input type="text" value="310"/> <input type="button" value="Muuta"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Pakastin	<input type="text" value="270"/> <input type="button" value="Muuta"/>
<input type="checkbox"/> PC	<input type="text" value="80"/> <input type="button" value="Muuta"/>	<input type="checkbox"/> Lisälämmitin	<input type="text" value="880"/> <input type="button" value="Muuta"/>
<input type="checkbox"/> Akvaario	<input type="text" value="360"/> <input type="button" value="Muuta"/>	<input type="checkbox"/> Lattialämmitys	<input type="text" value="350"/> <input type="button" value="Muuta"/>
<input type="checkbox"/> Ilmankostutin	<input type="text" value="500"/> <input type="button" value="Muuta"/>	<input type="checkbox"/> Oma laite	<input type="text" value="200"/> <input type="button" value="Muuta"/>

Kuva 16. LVIS-2001-tyyppiasuinkerrostalon huoneistokohtaiset kulutustekijät sähkön osalta, WinEtana-ohjelman tulostussivu.

LVIS-2001-tyyppikerrostalon laskennan mukaan (kuva 14) lämpöä kului vuodessa 177 420 kWh/a ja sähköä 47 930 kWh/a. Kerrostalon lämmitysenergiankulutuksesta ja sähkökäytöstä koituvat ympäristöpaineet ja päästöt vuodessa esitetään taulukossa 22.

Taulukko 22. Tyyppikerrostalon sähkön ja lämmönkäytön ympäristöpaine vuodessa.

	Energian kulutus kWh/a	Mater. käyttö tn/a	Uusiutuva energia GJ/a	Uusiutu- maton energia GJ/a	tn CO ₂ ekv. /a	kg SO ₂ ekv./a	kg eteeni ekv./a
Lämpö	177 420	14,4	-	620	44	82	2,9
Sähkö	47 930	4,6	91	312	12	39	1,0
Yhteensä	225 350	19	91	932	56	121	3,9

Jotta talon lämmönkulutusta voitaisiin pienentää käytettiin paremmin eristettyjä rakenneratkaisuja (ks. kohta 3.3). Vertailutalon käytönaikainen energiankulutus (parannettu lämmöneristys) laskettiin WinEtana-ohjelman avulla (kuva 17). Taulukossa 23 esitetään vertailutalon (parannettu lämmöneristys) sähkön- sekä lämmönkäytöstä aiheutuvat ympäristöpaineet.

The screenshot shows the WinEtana 1.0 software interface. The main window title is 'WinEtana 1.0 LT C:\WINETALT\MATALA.ETA'. Below the title bar, there are menu options: 'Tiedosto', 'Muokkaa', 'Energijakaumat', 'Tariffit', and 'Apua'. The main content area is titled 'Yhteenveto laskettavan kiinteistön tiedoista'. It contains several input fields for building information: 'Kohteen nimi: LVIS 2001', 'Sijainti: Helsinki-Vantaa', 'Rakennustyyppi: Asuinkerrostalo', 'Rakennusvuosi: 2000', and 'Rakennustilavuus (m³): 4 176'. Below this, there are two tabs: 'Kulutukset' and 'Kustannukset'. The 'Kulutukset' tab is active, showing a table of energy consumption data:

LÄMPÖ:		Energia	150 320	kWh/a	36,0	kWh/m²,a
<input checked="" type="checkbox"/>	Kaukolämpö	Max.teho	210	kW	51,3	W/m²
SÄHKÖ:		Energia	47 930	kWh/a	11,5	kWh/m²,a
		Max.teho	60	kW	14,3	W/m²
Vedenkulutus			1 700	m³/a	0,41	m³/m²,a
	-josta lämmintä		680	m³/a	0,16	m³/m²,a

At the bottom of the window, there are buttons for 'Tiedosto' (Uusi rakennus, Avaa, Tallenna, Lopeta) and 'Tariffit' (Tariffit). Below that, there is a section 'Muokkaa rakennuksen tietoja' with buttons for 'Perustiedot', 'Rakenteet', 'Ikkunat', 'Ilmanvaihto', 'Käyttövesi', 'Kuormitukset', 'Sähkö', and 'Lämmitysmuoto'.

Kuva 17. Lämpötekniisesti parannetun tyyppiasuinkerrostalon energiankulutus, WinEtana-ohjelman tulostussivu.

Taulukko 23. Lämpöteknisesti parannetun kerrostalon sähkön- ja lämmönkäytön ympäristöpaine vuodessa.

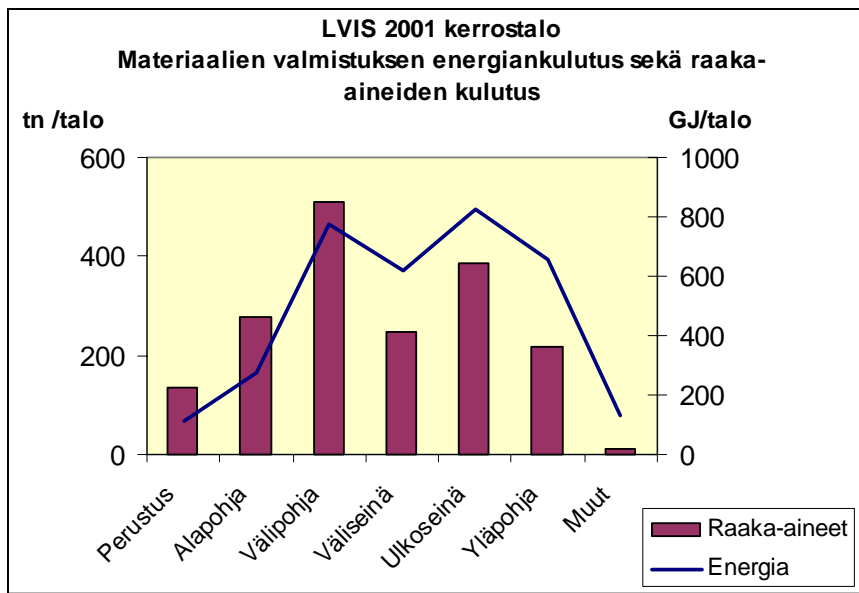
	Energian kulutus kWh/a	Mater. käyttö tn/a	Uusiutuva energia GJ/a	Uusiutu- maton energia GJ/a	tn CO ₂ ekv. /a	kg SO ₂ ekv./a	kg eteeni ekv./a
Lämpö	150 320	12,1	-	526	37	69	2,4
Sähkö	47 930	4,6	91	312	12	39	1,0
Yhteensä	198 250	16,7	91	838	49	108	3,4

4. Tulosten tarkastelu

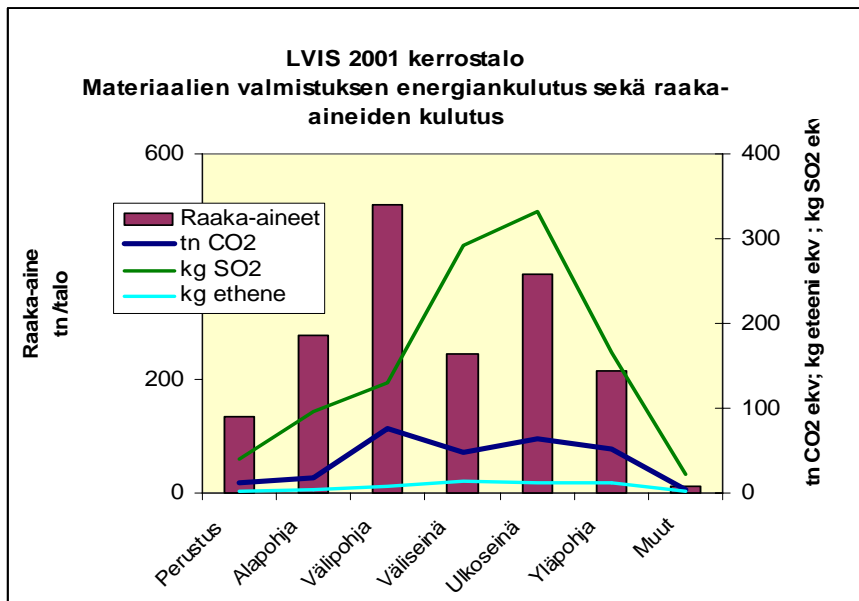
Rakennuksen elinkaaren ympäristövaikutukset aiheutuvat rakennuksissa käytettyjen materiaalien, rakentamisen, rakennuksen käytön, rakennuksen huollon ja korjaus- toimien ympäristökuormista. Lisäksi rakennus aiheuttaa käyttöikänsä päätyttyä ympäristökuormia myös purkutoimista. Rakennusprosessin keskeinen tekijä on luonnonva- rojen asianmukainen käyttö. Tämä raportti on keskittynyt talossa käytettyjen rakennus- materiaalien ympäristökuormiin. Ympäristöpaineet esitetään aina kuutena parametrina: raaka-aineiden kulutuksena, uusiutuvan ja uusiutumattoman energian kulutuksena, kas- vihuonekaasuina (CO₂ ekvivalentti), happamoittavina päästöinä (SO₂ ekvivalentti) sekä oksidantteja muodostavina päästöinä (eteeni ekvivalentti). Lisäksi on käsitelty talon käytönaikaista energiankulutusta, joka on riippuvainen talon rakenteiden lämpötekni- sistä ominaisuuksista sekä kiinteistön ja huoneistojen kulutuksesta.

4.1 Materiaalien käyttö

Tyypikerrostalon rakenteiden ympäristövaikutuksista materiaaleihin sitoutuneen ener- gian osalta eniten ympäristöä kuormittavat välipohja sekä ulkoseinä. Niissä myös käy- tettyjen materiaalien määrä oli isoin (kuva 18). Samaa voidaan sanoa myös kasvihuone- kaasuista: mitä enemmän materiaaleja käytetään, sitä enemmän niitä joudutaan valmis- tamaan ja sitä enemmän kulutetaan energiaa kasvihuonepäästöjä aiheuttaen (kuva 19). Happamoittavien päästöjen sekä oksidantteja muodostavien päästöjen määrien ja pääs- töjen välillä ei todettu samanlaista riippuvuutta. Happamoittavia päästöjä sekä oksii- dantteja muodostavia päästöjä tuli eniten ulkoseinässä käytettyjen materiaalien valmis- tuksesta (kuva 19) (ulkoseinänä LVIS-2001-kerrostalossa käytettiin tiilipintaista betoni- elementtiseinää, jonka paino oli noin 500 kg/ulkoseinä -m² ja pinta-ala noin 700 m²).



Kuva 18. LVIS-2001-kerrostalossa käytettyjen materiaalien raaka-aineet sekä materiaalien kokonaisenergiankulutus.



Kuva 19. LVIS-2001-kerrostalossa käytettyjen materiaalien raaka-aineet sekä päästöt ympäristöön (CO₂ ekvivalentti = kasvihuonepäästöt, SO₂ ekvivalentti happamoittavat päästöt ja eteeni ekvivalentti = oksidantteja muodostavat päästöt).

4.2 Materiaalien käyttöikä

Pitkäikäisten materiaalien valinnalla voidaan vaikuttaa talon ympäristökuormiin, sillä tällöin materiaalien vaihtoja ja rakennusosien korjauksia täytyy tehdä vähemmän käyttöikänsä aikana. Taulukossa 24 esitetään LVIS-2001-kerrostalorakennuksen uusimisen ja huollon suhteellinen vaikutus ympäristökuormiin.

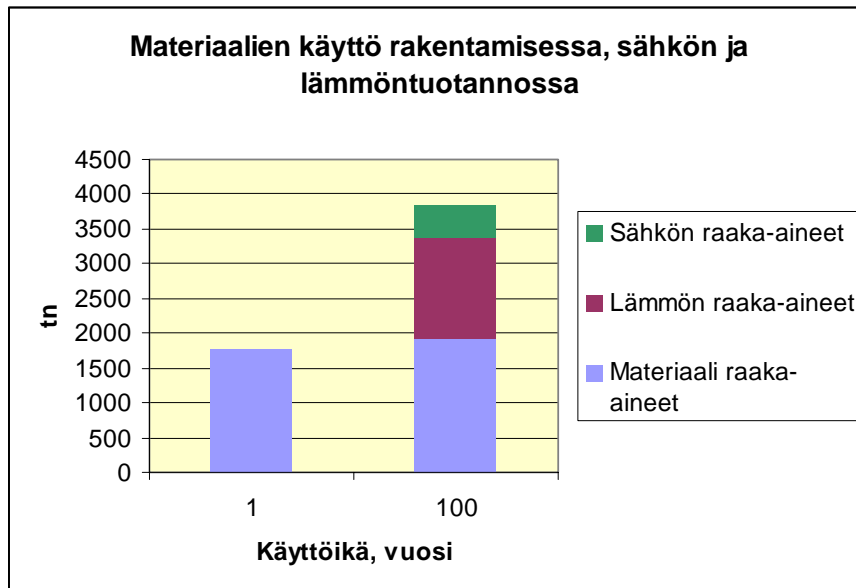
Taulukko 24. Materiaalien uusimisen ja huollon vaikutus rakenteiden ympäristöominaisuuksien kovuuteen talon käyttöikänsä ollessa 100 vuotta (vaikutus 1 = ei huoltoa eikä uusimista, vaikutukset pysyvät samoina).

	Materiaalien käyttö	Uusiutuva energia	Uusiutumaton energia	CO ₂ ekv.	SO ₂ ekv	Eteeni ekv.
Perustukset	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Alapohjat	+ 1,05	+ 1,07	+ 1,13	+ 1,19	+ 1,01	+ 1,08
Välipohjat	+ 1,06	+ 1,12	+ 1,09	+ 1,10	+ 1,02	+ 1,09
Väliseinät	+ 1,19	+ 1,09	+ 1,59	+ 1,47	+ 1,72	+ 1,37
Ulkoseinät	+ 1,02	+ 1,01	+ 1,03	+ 1,03	+ < 1,01	+ 1,02
Yläpohjat	+ 1,12	+ 1,47	+ 1,64	+ 1,55	+ 1,32	+ 1,70
Ikkunat	+3,00	+ 3,00	+ 3,00	+ 3,00	+ 3,00	+ 3,00
Ovet	+ 3,00	+ 3,00	+ 3,00	+ 3,00	+ 3,00	+ 3,00
Portaat	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Talo	+1,08	+ 1,59	+ 1,30	+ 1,25	+ 1,28	+ 1,29

Taulukon 24 mukaan LVIS-2001-kerrostalon käyttöikänsä aikana tehdystä huollosta ja materiaalien uusimisista johtuvat ympäristöpaineet kasvoivat keskimäärin 8–60 %. Rakennusmateriaalien ympäristövaikutuksista kasvoi uusiutuvan energian kulutus noin 60 %, mikä johtui talossa käytettyjen puuikkunoiden ja -ovien vaihdosta (100 vuoden aikana niitä vaihdettiin 3 kertaa).

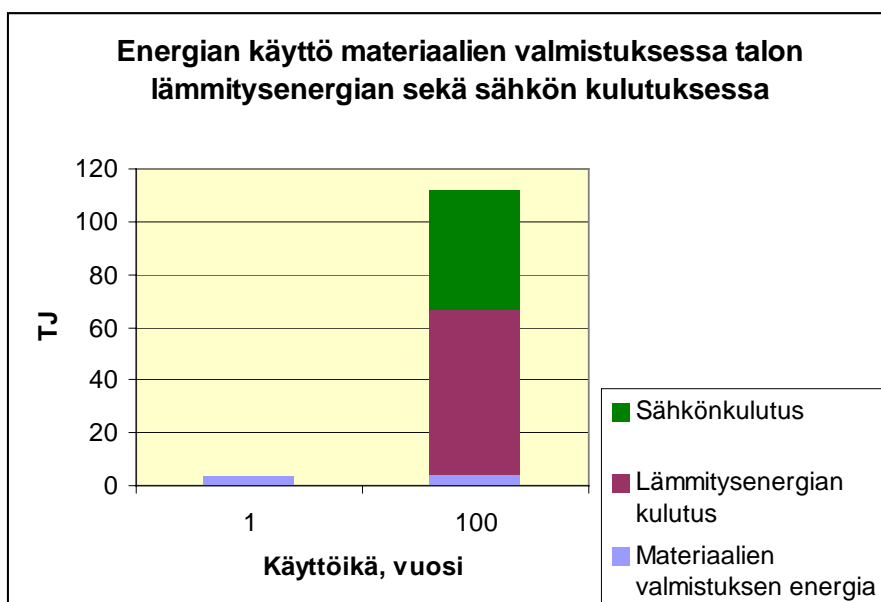
4.3 Materiaalien käyttö sekä energiankulutus

Rakennuksen resurssien käyttö käsittää rakennusmateriaalien käytön sekä energian raaka-aineet lämmityksessä ja sähkönkäytössä. Materiaalin raaka-aineiden kulutuksella on keskeinen merkitys koko rakennuksen elinkaaren aikana (kuva 20). Materiaalien kokonaiskulutus 100 vuoden käyttöikänsä aikana oli 3,8 tuhatta tn (josta rakennusmateriaalien osuus oli 50 %, sähkönkulutuksen raaka-aineen osuus 12 % ja lämmönraaka-aineiden osuus 38 %).



Kuva 20. Materiaalien käyttö LVIS-2001-talon rakentamisessa sekä sähkön ja lämmön käytössä.

Elinkaaren aikaisten energiaresurssien kulumisen ja haitallisten päästöjen syntymisen merkittävin tekijä on tilojen lämmitys. LVIS-2001-kerrostalon käytönaikaisesta energiantarpeesta 55 % kulutettiin tilojen lämmitykseen (kuva 21). Laskennan mukaan sähkönkäyttö vei 41 % käytönaikaisesta energiantarpeesta ja materiaaleihin sitoutunut energia aiheutti loput 4 %. Yleensä materiaalien osuus kokonaisenergiankäytöstä on noin 5–10% laskennan tarkkuuden mukaan (tässä laskelmassa ei ollut mukana esim. huoneistojen kaapistoja, keittiökalusteita eikä taloteknisiä laitteita).



Kuva 21. Energian käyttö LVIS-2001-talon rakentamisessa sekä sähkön ja lämmön kulutuksessa.

Rakennuksen energiankäyttöä voidaan vähentää pienentämällä esim. lämpöhäviöitä ja optimoimalla talon energiankäyttöä. Taulukossa 25 esitetään tyyppikerrostalon ja vertailutalon ympäristövaikutukset sekä kuormien pienentyminen, mikä aiheutuu vertailutalon paremmasta lämmöneristyksestä.

Taulukko 25. Kerrostalon sähkön- ja lämmönkäytön ympäristöpaineet. Vertailutalo toteutettiin ulkoseinän lämpöhäviöitä pienentämällä.

	Materiaalit tn/100 a	Energia TJ /100a	tn CO ₂ ekv/100a	kg SO ₂ ekv/100a	kg eteeni ekv./100a
LVIS-2001 Materiaalit + sähkö sekä lämpö	3825	112	5 943	13 445	454
Vertailutalo Materiaalit + sähkö sekä lämpö	3674	104	5339	12602	435
Kuormien pienentyminen	- 4 %	- 8 %	- 11 %	- 7 %	- 4 %

Kerrostalon lämpöhäviöitä pienentämällä talon ympäristövaikutukset jäivät 100 vuoden käyttöiän aikana keskimäärin 4–11 % pienemmiksi kuin tavanomaisesti toteutetussa talossa, vaikka materiaalmäärät kasvoivatkin paremman lämmöneristykseen vuoksi (ks. taulukko 20). Kun koko rakenne optimoidaan matalaenergiarakennukseksi, lämmönkulutusta voidaan pienentää jopa puoleen (taulukko 26), jolloin myös merkitys kokonaisenergiankulutuksen pienentymiselle on isompi.

Taulukossa 26 esitetään asuinkerrostalojen sähkön sekä lämmönkäytön kulutukset rakennusneliötä kohden nykytasolla, parannetulla tasolla sekä ekotasolla (Häkkinen, T. Saari, M. et al. 1999) vertailuksi esitetään LVIS-2001-kerrostalon sähkön ja lämmönkulutus tavanomaisen tason sekä parannetun tason (paremmin eristetty) mukaan.

Taulukko 26. Asuinkerrostalojen sähkön- ja lämmönkulutukset.

	LVIS-2001 kWh/m ² /a	LVIS-2001 parannettu taso kWh/m ² /a	Nykytaso kWh/m ² /a	Parannettu taso kWh/m ² /a	Ekotaso kWh/m ² /a
Rakennuksen kuluttama lämmitysenergia					
Lämmönkäyttö	155	131	yli 140	120–140	alle 80
Kiinteistösähkö sekä huoneistokulutus*					
Sähkönkäyttö	42	42	yli 40	30–40	alle 30

* kulutustekijät sähkön osalta ks. kuvat 14 ja 15.

5. Yhteenveto

Yksi yritysten toiminnan tärkeimmistä haasteista viime vuosina on ollut toiminta kestävä kehityksen mukaisesti. RTT:n mukaan talonrakennuksen aloitukset vuonna 2000 olivat noin 38,7 miljoonaa kuutiometriä. Jos kaikki talonrakennuksen uudet kohteet rakennettaisiin tässä tutkimuksessa esitetyiksi kerrostaloiksi, niin raaka-aineiden kulutus vuodessa olisi noin 17 milj.tn (taulukon 14 mukaan materiaalien raaka-aineen kulutus oli 0,43 tn/rm³). Lisäksi raaka-aineita kulutetaan myös rakennusosien huoltoon sekä uusimiseen. Silloin kun otetaan huomioon talojen pitkä käyttöikä (esim. 100 vuotta), raaka-aineiden kulutus 38,7 rakennuskuutiolle tulisi olemaan noin 18 milj. tn (taulukon 17 mukaan raaka-ainekulutus oli 0,46 tn/rm³).

Materiaalien kulutuksen lisäksi ympäristövaikutuksia aiheutuu myös rakennusten lämmityksestä ja sähkönkäytöstä. Koko Suomen primaarienergiankulutuksesta (noin 1 247 milj. GJ) yli kolmannes kuluu kiinteistöjen lämmitykseen ja sähkönkäyttöön. Esim. jos uusien asuinkerrostalojen keskimääräiseksi lämmitysenergian kulutukseksi oletetaan 44 kWh/rak-m³/a, jo uudisrakentamisen osalta energiankulutus olisi vuodessa noin 6,1 milj. GJ. Lisäksi rakennuksissa kulutetaan laitesähköä. Sen ominaiskulutus vuodessa on asuinkerrostalossa noin 17 kWh/rak-m³, mistä uudisrakentamisen osuus 2,4 milj. GJ vuodessa. Kun yhden kWh:n sähkön käyttö aiheuttaa ympäristökuormitusta kasvihuonekaasujen osalta 250 g ja lämmönkäyttö noin 350 g, niin koko uudisrakennuksien sähkön- sekä lämmönkäyttö kuormittaa ympäristöä kasvihuonekaasuilla 761 milj. kg vuodessa. Jotta energiankulutusta pystyttäisiin vähentämään, on pienennettävä rakennuksen ulkovaipan lämpöhäviöitä, hallittava ilmavaihtoa ja poistoilman talteenottoa, rakennettava huolellisesti jne. Lämpöhäviöitä voidaan pienentää esim. oikeilla rakennevalinnoilla ja riittävällä lämmöneristyksellä. Vaikka lämpöteknisesti paremmassa rakennuksessa joudutaan käyttämään rakennusmateriaaleja enemmän (tässä 4 % enemmän kuin tavanomaisessa talossa) niin talojen kokonaisenergiankulutusta 100 vuoden aikana (materiaalit + huollot + lämpö + sähkö) pystyttiin pienentämään (8 %) ja päästöjä ympäristöön (4–11 %). Mitä ekotehokkaammaksi talo suunnitellaan, sitä enemmän vähenevät ympäristö-kuormitukset.

Lähdeluettelo

Aatola, M. 1995. Ikkunamateriaalien ekologiset valintaperusteet. Tampere: Tampereen tekninen korkeakoulu, Rakennustekniikan osasto, Rakentamistalous. 67 s. + 15 liites. Diplomityö.

Anderson, J. & Borg, M. 1997. Development of a quantitative methodology for assessing environmental impact of recyclable and reusable products. SBI (Stålbyggnadsinstitutet, Swedish Institute of Steel Construction). Report 187:4. 21 s.

Anon 1995. Nordic Guidelines on Life-Cycle assessment. Nord 1995:20. 222 s.

Björklund, T. & al. 1996. LCA of building frame structures. Chalmers UT. Technical Environment Planning Report 1996:8, 151 s.

Boustead, I. 1999. Eco-profiles of the European plastic industry. Polystyrene. PWMI.

Ecological Profile Report for the European Aluminium Industry. 1996. EEA (European Aluminium Association). Work certification Boustead, I. Brussels 1996. 35 s.

Fossdal, S. 1995. Energy- og miljøregnskap for bygg. Projektrapport 173. 162 s.

Häkkinen, T. & Kronlöf, A. 1994. Rakennusmateriaalien ympäristövaikutusten arviointi. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. VTT Tiedotteita 1591. 61 s. + liitt. 25 s.

Häkkinen, T. 1998. Bitumikatteiden ympäristöominaisuudet ja elinkaariarviot. 53 s. (julkaisematon)

Häkkinen, T., Saari, M., Vares, S., Vesikari, E. & Leinonen, J. 1999. Ekotehokkaan rakennuksen suunnittelu. Ekotieto. Helsinki: Rakennustieto Oy. 94 s. + liitt. 15 s. ISBN 951-682-576-1.

Häkkinen, T., Vares, S., Vesikari, E., Saarela, K., Tattari, K. & Säteri, J. 1997. Rakennusmateriaalien ja -tuotteiden ympäristövaikutukset ja niiden arviointiperusteet. Espoo: VTT Tiedotteita 1836. 136 s. + liitt. 10 s.

Lassila, K. 1992. LVIS-2000 Tyypirakennukset. Raportti 17. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus, LVI-tekniikan laboratorio. VAPK-Kustannus. 46 s. + liitt. 5 s. (LVIS-2000 Raportit.) ISBN 952-9601-06-9.

Liikanen, J. 1999. Yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotannon päästöjen jakaminen. Helsinki: Kauppa- ja teollisuusministeriö. Tutkimuksia ja raportteja 19/1999. 76 s.

Myhre, L. & al. 1997. Environmental data for the production of reinforcement bars and structural steel in the Nordic countries.

Tattari, K. 1999. Sähkön ja kaukolämmön ympäristöprofiilit vuonna 1998 hyötyjakomenetelmällä. 15 s. (julkaisematon).

Vares, S. 1999. LCA-HOUSE ohjelma.

Vares, S. & Vanhatalo, L. 1999. LCA-SAHA ohjelma.

RakMK-21179 B4. Betonirakenteet. Ohjeet. 2001. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto. Suomen rakentamismääräyskokoelma.

BY 45/BLY 7. Betonilattiat. 2000. Suomen Betoniyhdistys, Suomen Betonilattiyhdistys. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. 145 s. + liitt. 8 s. ISBN 952-5075-28-1.

RakMK-21090 C1. Ääneneristys ja melutorjunta rakennuksessa. Määräykset ja ohjeet 1998. Ympäristöministeriö. Suomen rakentamismääräyskokoelma.

RakMK-20553 C3. Lämmöneristys. Määräykset 1985. Ympäristöministeriö, Kaavoitus- ja rakennusosasto. Suomen rakentamismääräyskokoelma 3 s.

RakMK-20577 D5. Rakennusten lämmityksen tehon- ja energiantarpeen laskenta. Ohjeet 1985. Ympäristöministeriö, Suomen rakentamismääräyskokoelma. 14 s.

RT 12-10277. Rakennuksen pinta-alat. Ohjetiedosto. Vahvistettu 26.8.1985. 7 s.

RT 120.12. SFS 2460. Rakennusten tilavuuden laskenta. 1971. 3 s.

RT 315.4-35328 / RT G24-35328. Elemento-porraselementit. Lemminkäinen Oy. Betonituoteyksikkö. Joulukuu 1997, voimassa tammikuuhun 2001. 12 s.

RT 4110049. 1968. Ikkuna ja ovityypit 1968. Ohjetiedosto.

RT Ympäristöseloste nro 3. Punainen poltettu tiili. Optiroc Oy Ab, Lappilan tiilitehdas.

RT Ympäristöseloste nro 4. Paroc vuorivilla. Partek Paroc Oy Ab, Paraisten, Oulun ja Lappeenrannan tehdas.

RT Ympäristöseloste nro 8. Parel-ontelolaatta Parma Betonila.

RT Ympäristöseloste nro 14. Gyproc-levy GN 13, GEK 13, Gyproc Oy.

RT Ympäristöseloste nro 29. Seulottu sora. Lohja Rudus Oy Ab.

RT Ympäristöseloste nro 27. Suomalainen sahatavara. Suomen Puututkimus Oy/ Suomalaiset sahat.

RT Ympäristöseloste nro 35. Kylmävalssatut sinkityt ja tehdasmaalatut teräsohutlevyt. Rautaruukki Oyj Hämeenlinnan tehdas.



Tekijä(t) Vares, Sirje			
Nimeke Kerrostalossa käytettyjen materiaalien ympäristövaikutukset LVIS-2001-tyyppikerrostalo			
Tiivistelmä Tämän työn tarkoituksena oli määrittää normaali tyyppiasuinkerrostalo ja sen ympäristöparametrit. Tyyppitalon mallina käytettiin 90-luvun alussa Kauppa- ja teollisuusministeriön tutkimusohjelmassa LVIS-2000 esitettyä ratkaisua asuinkerrostalolle. Mallirakennus päivitettiin kerroskorkeuden sekä rakenteiden osalta nykyisten vaatimusten mukaiseksi. Rakenteissa käytettyjen tuotteiden ja materiaalien ympäristövaikutukset perustuivat kirjallisuuteen sekä tuotteiden ympäristöselosteisiin. Rakennusmateriaalien, rakenteiden sekä tyyppitalon ympäristövaikutukset esitettiin uusiutuvana- ja uusiutumattomana energian- sekä raaka-ainekulutuksena, kasvihuonekaasuina, happamoittavina päästöinä sekä oksidanteja muodostavina päästöinä. Lisäksi esitettiin tyyppitalon käytöstä aiheutuvat ympäristöpaineet materiaalien huollon ja korjauksien osalta. Tyyppitalon lämmitysenergian sekä sähkön kulutus arvioitiin WinEtana-ohjelmalla ja tuloksena esitettiin energiankulutuksesta aiheutuvat ympäristövaikutukset. Työn tarkoituksena on välittää tietoa rakennusten ympäristövaikutusten arvioinnista niin materiaalien tuottajille kuin rakentajille. Päätaavoitteena oli esittää tyyppikerrostalon ympäristöparametrit jonka suhteen voidaan verrata suunniteltavia tai jo olemassa olevia kerrostaloja.			
Avainsanat apartment buildings, residential buildings, environmental impact, construction, building materials, service life, energy consumption, energy economy, life-cycle assessment, heating, structures, requirements			
Toimintayksikkö VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, Rakenne- ja talotekniikkajärjestelmät Lämpömiehenkuja 3, PL 1804, 02044 VTT			
ISBN 951-38-5907-X (URL: http://www.inf.vtt.fi/pdf/)			Projektinumero
Julkaisu-aika Syyskuu 2001	Kieli Suomi	Sivuja 49 s.	Hinta
Projektin nimi KIOTO – Kiinteistönomistajan todentamistyökalut		Toimeksiantaja(t)	
Avainnimeke ja ISSN VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 1455-0865 (URL: http://www.inf.vtt.fi/pdf/)		Myynti: VTT Tietopalvelu PL 2000, 02044 VTT Puh. (09) 456 4404 Faksi (09) 456 4374	