

Kahden Helsingin yliopiston rakennuksen  
luonnonvarojen kulutuksen selvittäminen MIPS-  
laskennan avulla

Ympäristönsuojelutieteen pro gradu –työ  
Huhtikuu 2004  
Bio- ja ympäristötieteiden laitos  
Helsingin yliopisto

Paula Sinivuori  
Ristiaallokonkatu 3 B 48  
02320 Espoo  
paula.sinivuori@nic.fi  
puh. 050-5930310

HELSINGIN YLIOPISTO —HELSINGFORS UNIVERSITET —UNIVERSITY OF HELSINKI

Tiedekunta/Osasto —Fakultet/Sektion —Faculty Biotieteellinen tiedekunta		Laitos —Institution —Department Bio- ja ympäristötieteiden laitos	
Tekijä —Författare —Author Paula Sinivuori			
Työn nimi —Arbetets titel —Title Kahden Helsingin yliopiston rakennuksen luonnonvarojen kulutuksen selvittäminen MIPS-laskennan avulla			
Oppiaine —Läroämne —Subject ympäristönsuojelutiede			
Työn laji —Arbetets art —Level pro gradu -työ		Aika —Datum —Month and year huhtikuu 2004	Sivumäärä —Sidoantal —Number of pages 51 s. + liitteet 40 s.
Tiivistelmä —Referat —Abstract			
<p>Rakentamisen materiaalivirtoja eli luonnonvarojen kulutusta on tutkittu Suomessa aikaisemmin vain vähän. Tämän vuoksi oli tarvetta saada lisää tutkimustietoa aiheesta. Tutkimuksen kohteiksi valittiin kaksi Helsingin yliopiston rakennusta: Physicum ja Infokeskus. Tarkoituksena oli selvittää rakennusten luonnonvarojen kulutus ja sen jakautuminen eri rakennusosien kesken, tehdä tuloksille herkkyystarkasteluja tiettyjen tekijöiden suhteen sekä esittää suosituksia siitä, mihin kannattaa kiinnittää huomiota, kun rakennuksen luonnonvarojen kulutusta halutaan vähentää.</p> <p>Rakennusten luonnonvarojen kulutus selvitettiin MIPS-laskentamenetelmän avulla. MIPS tulee sanoista material input per service unit eli suomeksi materiaalipanoksen jaettuna palvelusuuritteella. MIPS-luku ilmaisee hyödykkeen luonnonvarojen kulutuksen suhteutettuna hyödykkeestä saatavaan hyötyyn. Mitä pienempi hyödykkeen MIPS on, sitä vähemmän sen ajatellaan kuormittavan ympäristöä. MIPS-menetelmä pohjautuu ajattelutapaan, jonka mukaan ihmisen liikkeelle laittamien materiaalivirtojen suuruus määrää ensisijaisesti inhimillisen toiminnan ympäristövaikutusten suuruuden. Näin ollen ympäristönsuojelun tärkeimpänä tavoitteena on vähentää luonnonvarojen kokonaiskulutusta eli dematerialisoida inhimillistä toimintaa.</p> <p>Rakennuksille laskettiin neljä erilaista MIPS-lukua: abioottisten eli elottomien luonnonvarojen, bioottisten eli elollisten luonnonvarojen, veden sekä ilman kulutuksesta kertovat MIPS-luvut. Infokeskuksen MIPS-luvut olivat jokaisessa luonnonvarakategoriassa pienemmät kuin Physicumissa. Kummankin rakennuksen luonnonvarojen kulutuksen muodostumisessa erottuivat kuitenkin suunnilleen samat tekijät merkityksellisimpinä. Abioottisten luonnonvarojen kulutuksen muodostumisessa merkittävimmiksi tekijöiksi nousivat sähkönkulutus, talotekniikka, louhinta / maankaivut sekä Physicumissa tapauksessa lämmönkulutuskin. Bioottisten luonnonvarojen kulutus jäi hyvin pieneksi verrattuna muihin kategorioihin, ja se jakautui vain ulko- ja väliseinien välille. Veden kulutus oli puolestaan todella suurta verrattuna muihin kategorioihin, ja se aiheutui lähes täysin sähkönkulutuksesta. Ilman kulutuksen muodostumisessa lämmön- ja sähkönkulutus olivat merkittävimpiä tekijöitä. Physicumissa luonnonvarojen kulutuksen määräytymisessä korostuivat käytönaikainen sähkön- ja lämmönkulutus suhteessa enemmän kuin Infokeskuksen tapauksessa.</p> <p>Abioottisten luonnonvarojen kulutusta voidaan vähentää esimerkiksi valitsemalla tuulivoima sähköntuotantomuodoksi tavallisen verkkosähkön ostamisen sijaan, lisäämällä uusiometallien käyttöä, rakentamalla rakennuksia, joissa ei ole maanalaista pohjakerrosta sekä pienentämällä sähkönkulutusta. Veden kulutusta voidaan vähentää vaikuttamalla sähkönkulutukseen ja tapaan, jolla sähkö tuotetaan: tässä tutkimuksessa todettiin, että jos sähkö tuotetaan tuulivoimalla, rakennuksen veden kulutus vähenee todella merkittävästi. Ilmankin kulutuksen vähentämiseksi kannattaa valita tuulivoima sähköntuotantomuodoksi sekä keskittyä pienentämään rakennuksessa käytettävän sähkön ja lämmön määrää. Abioottisten luonnonvarojen ja ilmankin kulutuksen vähentämiseksi kannattaa myös tähdätä rakennusten pitkäikäisyyteen ja rakennusosien mahdollisimman pitkiin uusimisjaksoihin.</p>			
Avainsanat —Nyckelord —Keywords MIPS, materiaalivirrat, luonnonvarojen kulutus, rakentaminen			
Säilytyspaikka —Förvaringsställe —Where deposited Viikin tiedekirjasto sekä bio- ja ympäristötieteiden laitos, ympäristönsuojelutieteen osasto			
Muita tietoja —Övriga uppgifter —Further information			

## Alkusanat

Tämä pro gradu –työ kuuluu ympäristöministeriön rahoittamaan Suomen luonnonsuojeluliiton Materiaalivirta-ajattelun edistäminen –hankkeeseen. Hankkeen tarkoituksena on kartoittaa nykyisen materiaalivirtatiedon määrä ja laatu sekä tuottaa uutta materiaalivirtatietoa yhteiskunnan eri sektoreilta. Hankkeen tarkoituksena on myös edistää luonnonvarojen kestävästä kulutuksesta. Olen saanut hankkeelta rahoitusta pro gradu –työni tekemiseen.

Tämän pro gradu –työn aiheeksi valittiin rakentaminen, koska siihen liittyvää suomalaista materiaalivirtatietoa oli hyvin vähän aikaisemmin olemassa. Koska Helsingin yliopiston teknisellä osastolla oli kiinnostusta testata rakennuksiinsa MIPS-laskentamenetelmää, valittiin tutkimuskohteiksi juuri Helsingin yliopiston rakennuksia. Tämän myötä perustettiin Rakennus-MIPS –tutkimusprojekti, jonka johtajaksi saatiin tekniikan tohtori Arto Saari Rakentamistalouden laboratorion, Teknillisestä korkeakoulusta. Tutkimusprojekti käynnistettiin keväällä 2003. Tutkimusprojektin kokouksia pidettiin noin kerran kuukaudessa Helsingin yliopiston teknisellä osastolla ja niihin osallistui itseni lisäksi Arto Saari, ekotehokkuuskonsultti Michael Lettenmeier (Suomen luonnonsuojeluliitto), rakennuttajapäällikkö Teppo Salmikivi (Helsingin yliopiston tekninen osasto), ympäristövastaava Virpi Pyy (Helsingin yliopiston tekninen osasto), tekninen isännöitsijä Jarmo Ilmoniemi (Helsingin yliopiston tekninen osasto) sekä turvallisuuspäällikkö Matti Hoikkala (Helsingin yliopiston tekninen osasto).

Haluan kiittää kaikkia Rakennus-MIPS –tutkimusprojektin kokouksissa mukana olleita, erityisesti Arto Saarta, joka on ensisijaisesti ohjannut pro gradu –työtäni, sekä Michael Lettenmeieria. Tutkimusprojektin kokoukset ovat olleet suurena apuna tutkimustyöni edistymisessä. Haluan kiittää myös ympäristösuojelutieteen professori Pekka Kauppia, joka myös on auttanut tutkimukseni edistymisessä. Suuri kiitos myös kaikille niille eri yritysten edustajille, joilta olen saanut MIPS-laskennassa tarvittuja tietoja sekä erityinen kiitos toimitilayksikön johtaja Teuvo Meriläiselle (Aaro Kohonen Oy), jonka ansiosta pääsin kesällä 2003 Aaro Kohonen Oy:n tiloihin muutaman viikon ajaksi tutkimaan Infokeskuksen piirustuksia.

# SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO.....	1
2 TEOREETTISET LÄHTÖKOHDAT .....	2
2.1 Rakennuksiin liittyvää käsitteistöä.....	2
2.1.1 Pohjarakenteet .....	2
2.1.2 Rakennustekniset osat .....	2
2.1.3 LVI-, sähkö- ja tietojärjestelmät.....	4
2.2 MIPS-ajattelu näkökulmana ympäristönsuojeluun .....	4
2.3 Rakentamisen materiaalivirtoihin liittyvä aikaisempi tutkimus.....	7
3 TUTKIMUSKYSYMYKSET .....	8
4 TUTKIMUKSEN KOHTEENA OLEVAT RAKENNUKSET.....	9
4.1 Rakennusten valinta .....	9
4.2 Physicum .....	9
4.3 Infokeskus .....	10
5 MENETELMÄT .....	12
5.1 MIPS-laskenta .....	12
5.1.1 MIPS-luku .....	12
5.1.2 MIPS-laskentamenetelmä.....	14
5.1.3 MIPS-indikaattorin heikkouksia ja sitä kohtaan esitettyä kritiikkiä .....	16
5.2 MIPS-laskenta tässä tutkimuksessa.....	17
5.2.1 Laskettavien rakennusosien valinta.....	17
5.2.2 Palvelusuoritteiden valinta .....	18
5.2.3 MIPS-lukujen laskeminen .....	19
5.2.4 Laskennassa käytetyt lähteet .....	20
5.2.5 Laskennassa käytetyt yleiset oletukset.....	21
5.3 Herkkyystarkastelut.....	22
6 TULOKSET .....	23
6.1 Peruslaskelmien tulokset.....	23
6.1.1 MIPS-luvut .....	23
6.1.2 Osa-MIPS-luvut .....	25
6.1.3 Luonnonvarojen kulutuksen prosenttijakaumat .....	29
6.2 Herkkyystarkastelujen tulokset .....	32
6.2.1 Käyttöään muuttaminen .....	32
6.2.2 Uusimisjaksojen muuttaminen .....	35
6.2.3 Huonelämpötilan laskeminen.....	36
6.2.4 Sähkönkulutuksen vähentäminen.....	37
6.2.5 Kaiken rakennuksessa käytettävän sähkön tuottaminen tuulivoimalla .....	39
6.2.6 Kaiken rakennuksessa olevan teräksen, kuparin ja alumiinin muuttaminen uusiomateriaaliksi.....	41
7 TULOSTEN TARKASTELU .....	42
8 Tutkimuksen tekijän omaa pohdintaa MIPS-lähestymistavasta.....	46

LÄHDELUETTELO.....	48
LIITE 1. Lasketut rakennusosat .....	52
LIITE 2. MIPS-laskennassa käytetyt MI-kertoimet.....	78
LIITE 3. MIPS-laskennan tulokset huoneistoalaa (h <sup>2</sup> m <sup>2</sup> ) ja vuotta kohden laskettuna .....	80
LIITE 4. MIPS-laskennan tulokset bruttoalaa (br <sup>2</sup> m <sup>2</sup> ) ja vuotta kohden laskettuna .....	86

## 1 JOHDANTO

Ympäristöä on suojeltu jo monen vuosikymmenen ajan. Siitä huolimatta ympäristöongelmista ei ole päästy eroon eikä ympäristön tila ole ratkaisevasti parantunut, vaikka onkin saavutettu tuloksia yksittäisillä osa-alueilla. Saksalaisen Friedrich Schmidt-Bleekin kehittämän MIPS-ajattelun mukaan tämä johtuu siitä, että ympäristönsuojelun painopisteet ovat olleet väärissä paikoissa. On keskitytty liikaa yksittäisten, ihmisille vaarallisten haitta-aineiden tutkimiseen ja niiden vaikutusten ehkäisemiseen. Schmidt-Bleek näkee, että kaikkien ympäristöongelmien yhteisenä nimittäjänä on ihmisen liikkeelle laittamat materiaalivirrat. Nämä ihmisten liikuttamat suuret määrät - sinänsä myrkyttömiä - materiaaleja vaikuttavat tuhoisasti maailman ekologiseen tasapainoon. Näin ollen ympäristönsuojelun tärkeimpänä ohjenuorana tulisi olla luonnonvarojen kulutuksen vähentäminen eli inhimillisen toiminnan dematerialisoiminen. Vain siten voidaan toimia varovaisuusperiaatteen mukaisesti eli ehkäistä paitsi tunnettujen, myös toistaiseksi vielä tuntemattomienkin ympäristöongelmien syntyä.

Jotta dematerialisaation edistymistä voitaisiin mitata, kehitettiin Wuppertal-instituutissa, Saksassa, MIPS-indikaattori 1990-luvun alussa. MIPS tulee sanoista material input per service unit, joka tarkoittaa materiaalianonsta jaettuna palvelusuoritteella. MIPS-luku voidaan laskea kaikenlaisille palvelua tuottaville hyödykkeille. MIPS-luku suhteuttaa hyödykkeen koko elinkaarensa aikana kuluttamien luonnonvarojen määrän siitä saatavaan kokonaisyhyötyyn. Sen ajatellaan kuvaavan karkealla, mutta kuitenkin suuntaa-antavalla tavalla hyödykkeen potentiaalista ympäristökuormitusta. Mitä pienempi hyödykkeen MIPS-luku on, sitä vähemmän sen ajatellaan kuormittavan ympäristöä. Mitä pienempi hyödykkeen MIPS-luku on, sitä suurempi on toisaalta sen luonnonvaratuottavuus, jolla tarkoitetaan hyödykkeestä saatavaa hyötyä suhteutettuna sen aikaansaamiseksi tarvittuun luonnonvarojen määrään. Näin ollen luonnonvaratuottavuus on MIPS-luvun käänteisluku. MIPS-ajattelu antaa luonnonvaratuottavuuden käsitteen avulla oman tulkintansa ympäristökeskustelussa paljon esillä olleelle ekotehokkuuden käsitteelle. (Schmidt-Bleek 1994.)

Rakentamisen materiaalivirtoja eli luonnonvarojen kulutusta ei ole kovinkaan paljon tutkittu Suomessa. Niissä harvoissa tutkimuksissa, joita aiheeseen liittyen on tehty, on keskitytty tarkastelemaan lähinnä yksittäisiä rakennusosia. Kokonaisia rakennuksia kattavia MIPS-laskelmia ei Suomessa ole aikaisemmin juuri tehty. Ulkomailla, lähinnä Wuppertal-instituutissa, Saksassa, on tehty MIPS-laskelmia useillekin rakennuksille ja yksittäisille rakennusosille, mutta niitä ei ole juuri julkaistu missään (Holger Wallbaum, Wuppertal-instituutti, henkilökohtainen tiedonanto 17.1.2004). Näin ollen tämä tutkimus tuottaa ainakin Suomen olosuhteisiin uutta tietoa rakennusten luonnonvarojen kulutuksesta ja sen jakautumisesta eri rakennusosien kesken. On merkittävää saada Suomen olosuhteista kertovaa tietoa, koska MIPS-laskennassa käytetyt materiaali-intensiteettitiedot vaihtelevat eri maiden kesken. Esimerkiksi sähköntuotannon keskimääräinen materiaali-intensiteetti eli se, kuinka paljon kulutetaan keskimäärin luonnonvaroja yhden kilowattitunnin tuottamiseksi, on hyvinkin erilainen Saksassa ja Suomessa. Näin ollen saksalaisten rakennusten MIPS-lukuja ei voida suoraan soveltaa Suomen olosuhteisiin.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää kahden Helsingin yliopiston rakennuksen, Physicum ja Infokeskuksen, luonnonvarojen kulutuksen suuruus ja jakautuminen eri rakennusosien välillä sekä vertailla rakennusten tuloksia toisiinsa. Luonnonvarojen kulutus lasketaan MIPS-laskentamenetelmää käyttäen. MIPS-laskentamenetelmässä rakennuksen koko elinkaarensa aikana kuluttamat luonnonvarat suhteutetaan rakennuksen tuottamaan

hyötyyn. Laskennan tuloksena saadaan neljä erilaista MIPS-lukua kummallekin rakennukselle: abiottisten eli elottomien luonnonvarojen, bioottisten eli elollisten luonnonvarojen, veden ja ilman kulutuksesta kertovat MIPS-luvut. Näissä MIPS-luvuissa luonnonvarojen kulutus suhteutetaan rakennuksen huoneistoalaan ( $\text{htm}^2$ ) ja käyttöikänsä, jotka siis tässä tutkimuksessa kuvaavat rakennuksesta saatavaa hyötyä.

Tutkimuksen tarkoituksena on myös selvittää joidenkin MIPS-laskennan tulosten perusteella valittujen tekijöiden vaikutus Physicumin ja Infokeskuksen luonnonvarojen kulutukseen. Sen selvittämiseksi käytetään herkkyystarkasteluja, joissa ideana on muuttaa aina yhtä tekijää kerrallaan muiden tekijöiden pysyessä ennallaan. Näin saadaan kuva tarkastellun tekijän muuttumisen vaikutuksesta rakennuksen MIPS-lukuihin. Saatujen tulosten pohjalta esitetään suosituksia siitä, mihin asioihin kannattaa kiinnittää huomiota, kun rakennuksen luonnonvarojen kulutusta halutaan pienentää.

## 2 TEOREETTISET LÄHTÖKOHDAT

### 2.1 Rakennuksiin liittyvää käsitteistöä

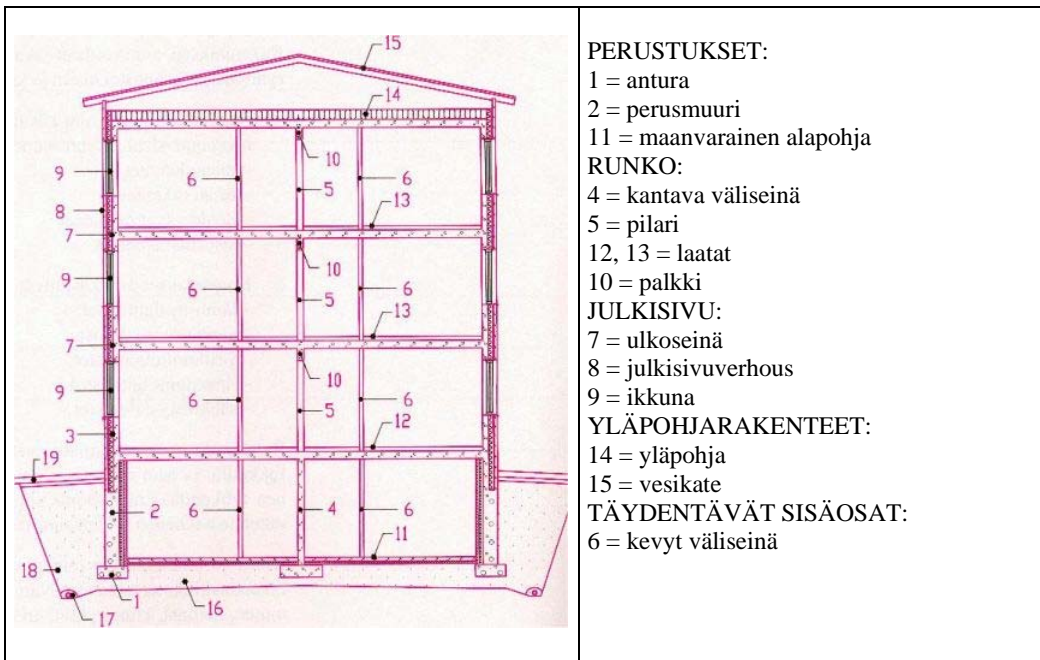
Talonrakentamiseen liittyvät osat esitellään tässä luvussa Talo 90 nimikkeistön mukaisesti (Talo 90 nimikkeistö... 1993).

#### 2.1.1 Pohjarakenteet

Pohjarakenteilla tarkoitetaan rakennuksen perustamiseksi tarvittavia maa- ja kalliokaivantoja, täyttöjä, putkirakenteita sekä paalutuksia, maapohjan vahvistusrakenteita ja erityispohjarakenteita. Maakaivannot sisältävät rakennuksen takia maahan kaivettavat kaivannot, kaivantojen tuennat sekä muut kaivantoihin liittyvät toimet ja vaatimukset. Kalliokaivannot sisältävät vastaavanlaiset toimet kallioon kohdistettuina. Täyttöihin kuuluvat perustusten alustäytöt, rakenteiden (esim. perusmuurin) vastaiset ulkopuoliset täytöt, rakenteiden sisäpuoliset täytöt (esim. lattian alustäytöt) sekä kanaalien ja syvennysten täytöt. Putkirakenteisiin kuuluu maaputkistot (esim. sadevesijärjestelmän putket), maakaivot ja salaojat. Paalutukset, maapohjan vahvistusrakenteet ja erityispohjarakenteet ovat rakennuksen perustuksista maaperään siirtyvän kuormituksen vaatimia pohjarakenteita.

#### 2.1.2 Rakennustekniset osat

Rakennuksen rakennusteknisiä osia ovat perustukset, rakennusrunko, julkisivu, yläpohjarakenteet, täydentävät sisäosat, sisäpinnat, rakennusvarusteet ja siirtolaitteet. Kuvassa 1 havainnollistetaan joidenkin rakennusteknisten osien sijaintia rakennuksessa.



**Kuva 1.** Rakennuksen rakennusteknisiä osia (Kyyrönen 2000, 82).

Perustukset koostuvat anturoista, perusmuurista, alapohjarakenteista sekä alapohjan erityisrakenteista, kuten esimerkiksi luiskista ja tunneleista. Rakennuksen runkoon kuuluvat väestönsuojat, porrashuoneiden ja hissikuilujen kantavat seinät, portaat, kantavat väliseinät, pilarit, palkit, laatat sekä sellaiset tilaelementit, jotka eivät ole täydentäviä rakennusosia tai kalusteita.

Julkisivu koostuu rakennuksen sisätiloja ulkoilmasta tai vastaavasta erottavista yleensä pystysuorista rakenteista. Näitä ovat ulkoseinät ulkopuolisine pintarakenteineen, ikkunat, ikkunaseinät ja ulko-ovet. Julkisivu sisältää myös edellä mainittuihin rakenteisiin kiinteästi liittyvät täydennysosat kuten parvekkeet, katokset ja vastaavat.

Yläpohjarakenteisiin kuuluvat yläpohjan rakenteet, räystäät, yläpohjavarusteet, kattoikkunat, kattokonehuoneet sekä sellaiset ulkotasot ja terassit, joiden alapuolella on lämmin tila. Yläpohjan rakenteet koostuvat yläpohjan kantavista ja täydentävistä osista, vesikatteesta ja sen varusteista. Yläpohjavarusteilla tarkoitetaan muun muassa räystäskouruja, kattokaivoja, kulkusiltoja, tikkaita katolla, lumiesteitä ja katon kaiteita. Kattokonehuoneet ovat katolle rakennettavia, muista rakennusosista (esim. ulkoseinistä) rakenteeltaan poikkeavia konehuoneita ja laitesuojia.

Täydentävät sisäosat muodostuvat sisäovista, kevyistä väliseinistä, alakatoista, korokelattioista, yhtenäispinnoista, kulkurakenteista sekä horneista, kanavista ja tulisijoista. Kevyet väliseinät ovat rakennuksen sisällä olevia paikalla rakennettavia tai elementtirakenteisia väliseiniä, lasiseiniä, verhomuurauksia, verkkoseiniä, siirrettäviä väliseiniä tai kiinteitä tai siirrettäviä jakoseiniä. Alakatot ovat rakenteellisen katon alapuolelle asennettavia erillisiä sisäkattoja. Korokelattiat ovat kantavan vaakarakenteen päälle tehtäviä lattiarakenteita, kuten esimerkiksi asennuslattioita. Yhtenäispinnat tarkoittavat erityistilojen, kuten esimerkiksi konehuoneiden, pintarakenteita, joiden erittely seiniin, kattoihin ja lattiaan ei ole tarkoituksenmukaista. Kulkurakenteet tarkoittavat rakennuksen sisäpuolella olevia kaiteita, tikkaita, kulkusiltoja ynnä muita vastaavia.



Sisäpinnat käsittävät rakennuksen sisällä olevien tilojen pintarakenteet alusrakenteineen. Niihin kuuluvat päällysteet, verhoukset, pinnoitteet ja maalaustyöt tasotetöineen ja pintabetoneineen. Sisäpinnat jaetaan seinä-, katto- ja lattiapintoihin.

Rakennusvarusteisiin kuuluu rakennuksen sisällä olevat kiinteät rakennustekniikkaan sisällytettävät kalusteet, varusteet sekä sellaiset laitteet ja koneet, jotka eivät ole irtaimistoa eivätkä rakennuksessa tapahtuvan toiminnan toimintainvestointeja. Kiinteät kalusteet ovat esimerkiksi komeroja, kaappeja, hyllyjä ja työpöytiä. Varusteilla puolestaan tarkoitetaan esimerkiksi naulakoita, peilejä ja erilaisia telineitä.

Siirtolaitteet ovat rakennuksessa tapahtuvaa liikennettä ja materiaalsiirtoja palvelevia koneteknisiä laitteita ja sellaisia hankintoja, jotka luetaan rakennuskustannuksiin kuuluviksi. Siirtolaitteita ovat esimerkiksi hissit, liukuportaat ja polttoaineen siirtoon tarkoitettut kuljettimet.

### 2.1.3 LVI-, sähkö- ja tietojärjestelmät

Rakennuksen LVI-järjestelmiin sisältyvät lämmitys-, vesi-, viemäri-, ilmastointi-, höyry-, palontorjunta-, kylmätekniiset ynnä muut järjestelmät. Sähköjärjestelmiin kuuluvat aluesähköistys, kytkinlaitokset, jakokeskukset, johtotiet, johdot ja niiden varusteet, valaisimet, lämmittimet, kojeet, laitteet sekä erityisjärjestelmät. Sähkötekniiset tietojärjestelmät sisältävät puhelin-, antenni-, äänentoisto-, merkinanto-, atk-, turva-, valvonta-, rakennusautomaatio- sekä integroidut järjestelmät.

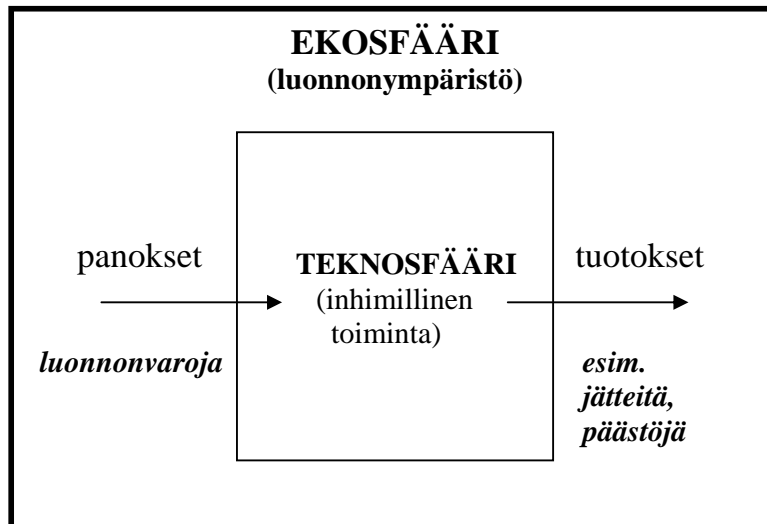
## 2.2 MIPS-ajattelu näkökulmana ympäristönsuojeluun

Perinteisesti ympäristöpolitiikassa on keskitytty yksittäisten haitta-aineiden, kuten erilaisten myrkkujen ja saasteiden, vaikutusten ehkäisemiseen. On etsitty ihmisille vaarallisia aineita, tutkittu niiden vaikutuksia ja mietitty, miten vaikutuksia voitaisiin pienentää. MIPS-ajattelun mukaan haitta-aineiden tutkiminen, niihin liittyvän lainsäädännön kehittäminen ja niiden vaikutusten vähentäminen on tietenkin omalta osaltaan tärkeää, mutta tehokas ja ympäristöongelmia ehkäisevä ympäristöpolitiikka ei voi perustua pelkkien ihmisen terveydelle haitallisten aineiden tutkimiseen. Tästä ovat todisteena esimerkiksi yläilmakehän otsonikerroksen tuhoutuminen CFC-aineiden vaikutuksesta sekä ilmakehän kasvavasta hiilidioksidipitoisuudesta johtuva kasvihuoneilmiö. Sekä CFC-aineet että hiilidioksidi ovat ihmisille sinänsä vaarattomia aineita, mutta suurina määrinä ympäristöön päästettyinä ne aiheuttavat vakavia maailmanlaajuisia ympäristömuutoksia. (Schmidt-Bleek 1994, 13-19.)

Ei ole mahdollista tutkia kattavasti jokaisen ihmisten käyttämän aineen kaikkia mahdollisia ympäristövaikutuksia, koska ihmisten käyttämiä kemikaaleja, materiaaleja ja niiden seoksia on niin valtava määrä ja reaktiomahdollisuudet luonnossa ovat niin moninaiset (Schmidt-Bleek 1994, 64). Esimerkiksi CFC-aineiden ja hiilidioksidin aiheuttamat muutokset ympäristössä ovat tapahtuneet niin hitaasti ja niin yllättävissä paikoissa, että niiden havaitseminen on ollut vaikeaa. Haitta-aineisiin keskittyvä ympäristöpolitiikka pystyy toimimaan vain niiden aineiden vaikutusten pienentämiseksi, jotka on jo todettu haitallisiksi. Näin ollen tällainen ympäristöpolitiikka ei voi olla tehokasta ja ennaltaehkäisevää. (Schmidt-Bleek 1994, 13-19.)

MIPS-ajattelu tarjoaa toisenlaisen näkökulman ympäristönsuojeluun. Sen mukaan ympäristönsuojelun keskeisenä huomion kohteena ei tulisi niinkään olla yksittäiset haitta-aineet, vaan ihmisten aikaansaama, laajamittaiseksi kasvanut luonnon materiaalien siirtäminen paikasta toiseen. Ihmiset siirtelevät nykyään erittäin suuria määriä - sinänsä myrkyttömiä - materiaaleja paikasta toiseen luodessaan aineellista hyvinvointia itselleen. Nämä materiaalivirrat koostuvat esimerkiksi ihmisten siirtämästä hiekasta, sorasta, vedestä, ilmasta, kaivosjätteistä, malmeista, sementistä ja mullasta. Tällaisella materiaalien siirtelyllä, joka ylittää laajuudessaan luonnon omien prosessien materiaalivirrat, on MIPS-ajattelun mukaan tuhoisa vaikutus maailman ekologiseen tasapainoon. (Schmidt-Bleek 1994, 18-19.)

MIPS-ajattelussa erotellaan ekosfääri ja teknosfääri toisistaan (ks. kuva 2). Ekosfääri koostuu luonnonympäristöstä, kun taas teknosfääri käsittää kaiken inhimillisen toiminnan. (Ritthoff ym. 2002, 12.) Teknosfääri on myös ekosfäärin osajärjestelmä (Schmidt-Bleek 1994, 123). Ihmiset ottavat ekosfääristä materiaaleja panoksina sisään teknosfääriin, jossa niitä käytetään hyvinvoinnin tuottamiseksi. Jossain vaiheessa nämä materiaalit kuitenkin palautuvat ekosfääriin erilaisina tuotoksina. Ne palautuvat sinne joko samassa muodossa tai sitten ylikuormituksen, jätteiden, päästöjen tai jätevesien muodossa. (Ritthoff ym. 2002, 12.) Mitä enemmän materiaalia otetaan sisään teknosfääriin, sitä enemmän siitä aiheutuu aikanaan kielteisiä seurauksia ekosfäärissä erilaisten tuotosten aiheuttamina. Tätä perustellaan fysiikan termodynamiikan ensimmäisellä pääsäännöllä, jonka mukaan aine ja energia ovat häviämättömiä. Näin ollen aine ei koskaan häviä minnekään, se vain korkeintaan muuttaa muotoaan.



**Kuva 2.** Ekosfääri ja teknosfääri.

Termodynamiikan toisen pääsäännön mukaan eristetyn systeemin entropia eli epäjärjestys pyrkii aina kasvamaan. Sen mukaan energiaa ei pystytä koskaan muuttamaan täydellisesti muodosta toiseen, vaan osa siitä menee aina lämpönä hukkaan. Eli aina kun energiaa hyödynnetään, osa tästä energiasta muuttuu ikuisesti käyttökelvottomaksi ja se lämmittää maailmankaikkeutta hieman. Entropian lisääntyminen johtaa lopulta maailmankaikkeuden lämpökuolemaan. MIPS-ajattelussa tämän katsotaan soveltuvan myös materiaaleihin: käytettäessä materiaaleja ja muutettaessa niitä muodosta toiseen, osa materiaalista menee aina hukkaan ja muuttuu käyttökelvottomaksi. Mitä enemmän materiaaleja käytetään, sitä

enemmän materiaalia muuttuu käyttökelvottomaksi ainesekseksi. Tämä johtaa lopulta lämpökuolemaa vastaavaan tilanteeseen, jossa kaikki materia on sekoittunut ikuisesti käyttökelvottomaksi. (Schmidt-Bleek 1994, 165-166.)

Aina kun ihminen vaikuttaa ekosfäärin aineelliseen koostumukseen materiaalivirtoja liikuttamalla, hän pakottaa ekosfäärin sopeutumaan uuteen tilanteeseen. Mitä laajemmin ja mitä enemmän materiaaleja liikutetaan, sitä voimakkaampi on ekologinen reaktio. Tätä perustellaan massavaikutuksen lain avulla, jonka mukaan tietty järjestelmä pakotetaan sopeutumaan uuteen tilanteeseen, jos siinä keskenään vuorovaikutuksessa olevia aineita lisätään tai poistetaan. Tämän tiedetään olevan totta vain yksinkertaisten systeemien tapauksessa, eikä massavaikutuksen lakia voida suoraan soveltaa luonnon monimutkaisiin olosuhteisiin. Kuitenkin MIPS-ajattelussa katsotaan massavaikutuksen lain olevan eräänlainen todiste ihmisen liikkeelle laittamien materiaalivirtojen ja muun muassa ympäristöongelmien muodossa ilmentyvien ekologisten reaktioiden yhteydestä toisiinsa. (Schmidt-Bleek 1994, 102.)

Edellä mainittujen syiden vuoksi MIPS-ajattelu määrittelee ympäristönsuojelun tärkeimmäksi tavoitteeksi ihmisten liikkeelle laittamien maailmanlaajuisten materiaalivirtojen pienentämisen eli dematerialisaation (Schmidt-Bleek 1994, 47). Vähentämällä teknosfääriin panoksina otettavien luonnonvarojen määrää pystytään vähentämään ihmisen toiminnasta aiheutuvia ympäristömuutoksia ekosfäärissä, myös sellaisia, joiden ennustaminen etukäteen on mahdotonta. Vähentämällä materiaalien käyttöönottoa toimittaisiin näin ollen varovaisuusperiaatteen mukaisesti: ehkäistäisiin kaikenlaisten ympäristöongelmien syntyä sen sijaan, että keskityttäisiin vain korjaamaan jo havaittuja ongelmia. (Schmidt-Bleek 1994, 122.)

Energiankulutusta on monesti käytetty kuvaamaan inhimillisen toiminnan vaikutuksia ympäristöön (Schmidt-Bleek 1994, 38). Ihmisen vapauttamien energiavirtojen merkitys on kuitenkin vähäpätöinen, sillä ihminen käyttää ainoastaan murto-osan siitä energiasta, jonka aurinko säteilee maapallolle. Näin ollen ihmisen toiminnan vaikutus maapallon energiataseeseen on hyvin pieni. (Schmidt-Bleek 1994, 76.) Energiankulutus vaikuttaa ympäristöön kuitenkin siihen liittyvien materiaalivirtojen kautta. Näitä materiaalien virtoja ovat esimerkiksi vesi, öljy, hiili, maakaasu, hiilidioksidi, rikkidioksidi ja typen oksidit. Ympäristöongelmia eivät siis aiheuta itse energiavirrat, vaan nämä energiankulutukseen liittyvät materiaalivirrat. (Schmidt-Bleek 1994, 38-39.) Tämäkin on yksi peruste sille, että ympäristönsuojelussa tulisi MIPS-ajattelun mukaan keskittyä juuri materiaalivirtojen pienentämiseen.

Tällä hetkellä luonnonvarojen käyttö on jakautunut erittäin epätasaisesti eri alueiden kesken: teollisuusmaiden asukkaat, jotka muodostavat 20% maailman koko väestöstä, aiheuttavat peräti 80% maailmanlaajuisista ainevirroista. Jotta luonnonvarojen käyttö saataisiin kestäväälle pohjalle, tulisi teollisuusmaiden vähentää luonnonvarojen kulutustaan arviolta kymmenesosaan nykyisestä eli dematerialisoida toimintaansa kertoimella kymmenen 21. vuosisadan puoliväliin mennessä. Tätä kutsutaan Faktor 10 –tavoitteeksi. Tällöin maailmanlaajuiset materiaalivirrat vähenisivät noin puoleen, koska kehitysmaille pitää antaa mahdollisuus nostaa elintasonsa korkeammalle nykyisestä, ja sen saavuttamiseksi kehitysmaiden luonnonvarojen kulutus tulee nousemaan ainakin tilapäisesti. Faktor 10 –tavoite ei ole sinänsä mikään täsmällinen arvo, vaan perusteltu arvio, jota voidaan ajan myötä tarvittaessa tarkentaa. (Schmidt-Bleek 1994, 168-171.)

MIPS-ajattelun mukaan olisi etsittävä uudenlaisia, vähemmän luonnonvaroja kuluttavia tapoja tuottaa palveluja ja hyvinvointia ihmisille ja samalla pidettävä huoli siitä, ettei hyödykkeiden kulutusta vastaavasti kasvateta (Schmidt-Bleek 1994, 171). Tärkeää on kiinnittää huomiota paitsi erilaisten tuotteiden ja palvelujen koko elinkaaren aikaiseen materiaalikulutukseen, myös siihen hyötyyn, joka tuotteesta tai palvelusta saadaan. Juuri tuotteen elinkaarenaikaisen materiaalikulutuksen - suhteutettuna tuotteesta saatavaan hyötyyn - katsotaan kertovan yksinkertaisella ja kokonaisvaltaisella, vaikkakin karkealla tavalla tuotteen potentiaalisen ympäristökuormituksen suuruudesta. (Schmidt-Bleek 1994, 109, 122.) Tätä kuvaava MIPS-indikaattori kehitettiin 1990-luvun alussa Wuppertal-instituutissa, Saksassa (Schmidt-Bleek 1994, 105-109).

MIPS tulee sanoista material input per service unit eli suomeksi materiaalipanostus jaettuna palvelusuoritteella. Se on luku, joka voidaan laskea kaikenlaisille palvelua tuottaville lopputuotteille. Mitä pienempi tuotteen MIPS-luku on, sitä vähemmän sen katsotaan kuormittavan ympäristöä, koska tuote kuluttaa silloin vähemmän luonnonvaroja tuottamansa palvelun määrään suhteutettuna. (Schmidt-Bleek 1994, 108-110.) Kaikkia luonnonvaroja ei kuitenkaan sisällytetä samaan MIPS-lukuun, vaan MIPS-kategorioita on viisi erilaista: abioottiset eli elottomat luonnonvarat, bioottiset eli elolliset luonnonvarat, vesi, ilma ja maansiirrot. Näin ollen tuotteelle voidaan laskea viisi erilaista MIPS-lukua. (Schmidt-Bleek 1998, 87-89.)

MIPS-ajattelun tavoitteena on saada käyttöönotetuista luonnonvaroista mahdollisimman paljon hyötyä irti eli nostaa luonnonvaratuottavuus mahdollisimman korkealle. Tuotteen luonnonvaratuottavuus on yhtä kuin sen MIPS-luku käänteislukuna: tuotteen tuottaman palvelun määrä jaettuna tuotteen koko elinkaarensa aikana kuluttamien luonnonvarojen määrällä. MIPS-ajattelussa luonnonvaratuottavuus rinnastetaan ekotehokkuuteen, joten voidaan sanoa, että MIPS-ajattelu tarjoaa sen muodossa oman tulkintansa ekotehokkuuden käsitteelle. (Schmidt-Bleek 1994, 118.) MIPS-luku ja siihen liittyvä laskentamenetelmä esitellään tarkemmin luvussa 5.

## 2.3 Rakentamisen materiaalivirtoihin liittyvä aikaisempi tutkimus

Suomessa rakennusten luonnonvarojen kulutusta on tutkittu hyvin vähän. Laskelmia on tehty lähinnä yksittäisille rakennuksen osille. Saari (2002) on esimerkiksi laskenut erilaisille kerros- ja rivitalojen ulkoseinätyypeille MIPS-lukuja ja vertaillut niitä toisiinsa. Laskennassa huomioitiin abioottiset eli elottomat sekä bioottiset eli elolliset luonnonvarat, ja siinä oletettiin, että ulkoseinätyyppien elinkaari on 100 vuoden pituinen. Tulokseksi saatiin esimerkiksi, että tarkastelluista kerrostalon ulkoseinätyypeistä betoni-sandwich – elementtiseinä ja tiili-villa-betoni –ulkoseinä kuluttavat enemmän luonnonvaroja kuin tiili-villa-puurakenne –ulkoseinä ja lauta-villa-puurakenne –ulkoseinä. Viimeksi mainitulla oli selkeästi pienin luonnonvarojen kulutus verrattuna muihin ulkoseinätyyppihin.

Vuosina 2000-2002 toimineen Faktor X – Ekotehokkaasti markkinoille –hankkeen yhteydessä tehtiin myös joitakin rakennuksiin liittyviä MIPS-tarkasteluja. Niissä huomioitiin kiinteiden luonnonvarojen eli abioottisten ja bioottisten luonnonvarojen yhteenlaskettu kulutus. Hankkeessa vertailtiin Finton Oy:n teräsparvekkeita betoniparvekkeisiin MIPS-laskentamenetelmän avulla. Laskennan perusteella todettiin, että teräsparveke kuluttaa elinkaarensa aikana vähemmän luonnonvaroja kuin betoniparveke. (Autio & Lettenmeier 2002, 44.) Saman hankkeen puitteissa YIT-Rapido Oy selvitti, kuinka paljon erään

asuinkiinteistön kiinteistönhoito sekä sähkön, lämmön ja veden kulutus kuluttaa luonnonvaroja. Tulokseksi saatiin, että rakennusten ylläpito kuluttaa 115 kg luonnonvaroja / asuinneliömetri / vuosi. Kiinteistönhoidon osuus MIPS-luvusta oli vain 2 %. Rakennuksen energiankulutus oli merkittävin tekijä MIPS-luvun muodostumisessa. (Autio & Lettenmeier 2002, 59.)

Koskela ym. (2002, 33-35) ovat laskeneet teoreettisesti lasketulle tyyppikerrostalolle sen keskeisimpien runkorakenteiden vaatiman kiinteiden luonnonvarojen eli abioottisten ja bioottisten luonnonvarojen yhteenlasketun kulutuksen. Tyyppikerrostalo on kolmikerroksinen betonista valmistettu asuinkerrostalo, jonka bruttoala on 1346 brm<sup>2</sup> ja tilavuus 4293 m<sup>3</sup>. Laskennassa ei ole huomioitu rakennusosien korjausta ja uusimista. Lisäksi kyseiselle tyyppikerrostalolle laskettiin sähkön ja lämmön käytön aiheuttama kiinteiden luonnonvarojen kulutus. Tulokseksi saatiin, että rakentamiseen kuluu 2268 tonnia luonnonvaroja ja energian tuottamiseen 42,6 tonnia luonnonvaroja / vuosi.

Ulkomailla, lähinnä Wuppertal-instituutissa, Saksassa, on tehty MIPS-laskelmia useillekin rakennuksille ja yksittäisille rakennusosille. Yhteensä MIPS-laskelmia on Wuppertal-instituutissa tehty noin 50 rakennukselle. Niitä ei kuitenkaan ole juuri julkaistu missään, koska monet selvityksistä on tehty yksityisten yritysten toimeksiannosta, eikä Wuppertal-instituutilla ole sen vuoksi ollut julkaisulupaa laskelmille. (Holger Wallbaum, Wuppertal-instituutti, henkilökohtainen tiedonanto 17.1.2004.)

Spies-Wallbaum (2002, 159) on väitöskirjassaan laskenut Saksassa, Flintenbreite –nimisessä ekologisessa asuinlähiössä sijaitsevan paritalon luonnonvarojen kulutuksen. Tulokseksi hän sai seuraavat luvut: 118 kg abioottisia eli elottomia luonnonvaroja / m<sup>2</sup> / vuosi, 4 kg bioottisia eli elollisia luonnonvaroja / m<sup>2</sup> / vuosi, 358 kg vettä / m<sup>2</sup> / vuosi ja 19 kg ilmaa / m<sup>2</sup> / vuosi. Talon käyttöikäksi oli arvioitu 80 vuotta ja laskennassa oli huomioitu rakennuksen runkorakenteet, käytönaikainen kaasunkulutus, sähkötekniikka, ikkunat sekä rakennusosien uusiminen. Rakennusosien uusimisen osuus abioottisten ja bioottisten luonnonvarojen yhteenlasketusta kulutuksesta oli 53 %, rakennuksen rungon 37 %, sähkötekniikan 6 %, kaasunkulutuksen 3 % ja ikkunoiden 1 % (Spies-Wallbaum 2002, 165).

### 3 TUTKIMUSKYSYMYKSET

Tutkimuskysymykset ovat:

1. Kuinka paljon Physicum ja Infokeskuksen rakentaminen, kunnossapito sekä käytönaikainen energian- ja vedenkulutus kuluttaa abioottisia luonnonvaroja, bioottisia luonnonvaroja, ilmaa sekä vettä MIPS-lukuina ilmaistuna?
2. Mikä rakentamisessa ja rakennusten käytössä aiheuttaa eniten luonnonvarojen kulutusta Physicum ja Infokeskuksen MIPS-laskennan perusteella?
3. Miten Physicum ja Infokeskus eroavat luonnonvarojen kulutukseltaan?
4. Miten seuraavat muutokset vaikuttavat Physicum ja Infokeskuksen MIPS-lukuihin: rakennuksen käyttöiän muuttaminen, rakennusosien uusimisjaksojen muuttaminen, huonelämpötilan laskeminen, sähkönkulutuksen vähentäminen, kaiken rakennuksessa käytettävän sähkön tuottaminen tuulivoimalla sekä kaiken rakennuksessa olevan teräksen, kuparin ja alumiinin muuttaminen uusiomateriaaliksi?
5. Mihin asioihin kannattaa kiinnittää huomiota, kun halutaan pienentää rakennuksen luonnonvarojen kulutusta?

## 4 TUTKIMUKSEN KOHTEENA OLEVAT RAKENNUKSET

### 4.1 Rakennusten valinta

Tutkimuskohteiksi valittiin Helsingin yliopiston rakennuksia, koska Helsingin yliopiston teknisellä osastolla oli kiinnostusta testata MIPS-laskentamenetelmää rakennuksiinsa. Kohteiksi valittiin kaksi rakennusta sen vuoksi, että pystyttäisiin vertailemaan kahden rakennuksen materiaalivirtatietoja toisiinsa. Kahden uudehkon rakennuksen valintaan päädyttiin sen vuoksi, että uusista rakennuksista löytyy melko helposti MIPS-laskennassa tarvittavia tietoja. Alunperin oli tarkoituksena ottaa mukaan vertailun vuoksi myös yksi vanha rakennus, mutta se jouduttiin rajaamaan pois, koska kolmen rakennuksen MIPS-laskenta olisi ollut liian suuritöinen pro gradu -työksi. Lisäksi vanhan rakennuksen MIPS-laskennassa olisi ollut erityisiä ongelmia.

### 4.2 Physicum

Physicum on valmistunut vuonna 2001. Sen suuruus bruttoalana ilmaistuna on 17871 brm<sup>2</sup> (Rakennusosa-arvio 1998) ja huoneistoalana ilmaistuna 14578 htm<sup>2</sup> (Huoneluettelo 1999). Physicum sijaitsee Helsingin Kumpulassa. Physicumissa toimivat Helsingin yliopiston matemaattis-luonnontieteellisen tiedekunnan fysikaalisten tieteiden, geologian ja maantieteiden laitokset sekä yliopiston erillislaitoksista Luonnontieteellisen keskusmuseon ajoituslaboratorio ja Fysiikan tutkimuslaitos. Physicumissa on myös Kumpulan kampusta palveleva atk-osaston yksikkö, kvestuurin ja henkilöstöosaston toimipisteet sekä pieni Unicafe-ravintola. Myös Kumpulan tiedekirjasto sijaitsee Physicumissa. Ominaista Physicumille on se, että siellä on paljon laboratorioita.



**Kuva 3.** Physicum. Sisäänkäynti pääaulaan vasemmalla, kirjastosiiپی oikealla.  
(kuva: Paula Sinivuori)

Physicum jakautuu toiminnallisesti kolmeen eri osaan: laitososaan, kirjastoon ja niitä yhdistävään kolmen kerroksen korkuiseen pääaulaan. Laitososassa laitosten tilat on sijoitettu kahden pitkän ja kapean valopihan ympärille E-kirjaimen muotoon. Rakennuksen laitososassa on viisi kerrosta, joista alin on louhittu kallion sisään. Kirjastosiipi on kaksikerroksinen. (Helsingin yliopiston ”Physicum, Kumpulan kampus” –esite, ei vuosilukua.)



**Kuva 4.** Physicum, laitososa. (kuva: Paula Sinivuori)

Physicumin kantavan rungon muodostavat pääosin teräspilarit, teräsbetoni- ja teräspalkit ja teräsbetoniset ontelolaatat. Physicumissa on jonkin verran myös kuorilaattoja ja paikalla valettuja laattoja. Kantavat väliseinät ovat teräsbetonia. Kevyet väliseinät ovat pääosin kertopuurunkoisia lastulevyväliseiniä, mutta myös kalkkihiekkatiilestä muurattuja väliseiniä sekä teräsrunkoisia lujalevy- ja kipsikartonkilevyväliseiniä on jonkin verran. Erityisväliseininä on teräs- ja alumiinirunkoisia lasiseiniä. Physicumin julkisivu koostuu erilaisista tekijöistä: betoniharkkomuurauksesta, metallielementeistä, alumiinisäleiköstä ja lasipinnoista. (Rakennusosa-arvio 1998.) Physicumin rakennetyypit esitellään tarkemmin liitteessä 1.

### 4.3 Infokeskus

Infokeskus on valmistunut vuonna 1999. Sen suuruus bruttoalana ilmaistuna on 11150 brm<sup>2</sup> ja huoneistoalana ilmaistuna 9104 htm<sup>2</sup> (ympäristövastaava Virpi Pyy, Helsingin yliopiston tekninen osasto, henkilökohtainen tiedonanto 24.9.2003). Infokeskus sijaitsee Helsingin Viikissä, ja se on Viikin kampuksen päärakennus. Siellä sijaitsevat Helsingin yliopiston maatalous-metsätieteellisen tiedekunnan ja Viikin kampuksen hallinto, muita tukipalveluja sekä opetus- ja luentotiloja. Infokeskukseen sijoittuvat muun muassa Viikin tiedekirjasto, Helsingin kaupunginkirjaston Viikin kirjasto, atk-osaston Viikin kampusyksikkö, Unicafe-



ravintola, Yliopistokirjakauppa sekä Yliopistopaino. Toisin kuin Physicumissa, Infokeskuksessa ei ole ollenkaan laboratorioita.



**Kuva 5.** Infokeskus. (kuva: Paula Sinivuori)

Infokeskus on ylhäältä katsottuna muodoltaan ympyrä, josta on ikään kuin lohkaistu vajaa neljännes pois. Lohkaisun kohdalla on Infokeskuksen sisääntuloaukio, joka myös muodostaa Viikin kampuksen torin (ks. kuva 6). Infokeskuksessa on viisi kerrosta, joista alin on maanalainen kerros. (Viikin Infokeskuksen esittely 2004.)



**Kuva 6.** Infokeskuksen sisääntuloaukio. (kuva: Paula Sinivuori)



Infokeskuksen runko koostuu pääosin teräsbetoni- ja teräspilareista, teräsbetoni- ja teräspalkeista ja paikalla valetuista teräsbetonilaatoista. Infokeskuksessa on myös pieni määrä kuori- ja liittolaattoja. Kantavat väliseinät ovat teräsbetonia. Kevyet väliseinät ovat pääosin teräsrunkarunkoisia kipsikartonkilevyväliseiniä ja kalkkihiekkatiilistä muurattuja väliseiniä. Erityisväliseinänä on teräsrunkoista lasiseinää.

Infokeskuksen vallitsevana ulkoseinätyyppinä on kaksoisjulkisivu: sisempänä on kevytsorabetoniharkoilla muurattu, siniseksi maalattu ulkoseinä ja uloimpana teräsrunkoinen lasiseinä. (Rakennusosa-arvio 1997.) Kaksoisjulkisivulla on ekotekninen tehtävä: sen tarkoituksena on pienentää lämpöhäviötä talvella ja vähentää jäähdytystarvetta kesällä. Infokeskus on siis suunniteltu tältä osin energiaa säästäväksi. Lasiseinän ja sen takaisen muurin välistä tilaa käytetään ilmanvaihtojärjestelmässä raitisilman ottoon. Raitisilma otetaan eri vuodenaikoina ulkoseinän kaaren eri sektoreilta. (Viikin Infokeskuksen esittely 2004.) Infokeskuksen rakennetyypit esitellään tarkemmin liitteessä 1.

## 5 MENETELMÄT

### 5.1 MIPS-laskenta

#### 5.1.1 MIPS-luku

MIPS tulee sanoista **m**aterial **i**nput **p**er **s**ervice **u**nit, joka tarkoittaa suomeksi materiaalipanos jaettuna palvelusuoritteella. Yhtälön muodossa ilmaistuna MIPS näyttää seuraavalaiselta:

$$\text{MIPS} = \frac{\text{MI}}{S} = \frac{\text{material input}}{\text{service unit}} = \frac{\text{materiaalipanos}}{\text{palvelusuorite}}$$

MIPS-luku voidaan laskea kaikenlaisille palvelua tuottaville lopputuotteille: sekä tuotteille että palveluille. Sitä voidaan soveltaa sekä pitkä- että lyhytikäisiin hyödykkeisiin. (Schmidt-Bleek 1994, 108.)

MIPS-luvun osoittajassa olevalla materiaalipanoksella (MI) tarkoitetaan sitä luonnonvarojen kokonaismäärää, joka tarvitaan hyödykkeen aikaansaamiseksi, käyttämiseksi ja jätehuollon hoitamiseksi. Siihen sisältyy kaikki ne materiaalmäärät, jotka johtuvat hyödykkeen koko elinkaaren aikaisista kuljetuksista, infrastruktuurin käytöstä, laitteista ja pakkauksista. Materiaalipanos sisältää myös ne luonnosta otetut ja käytetyt materiaalmäärät, joita tarvitaan hyödykkeen tarvitseman energian tuottamiseen. (Schmidt-Bleek 1994, 105-106.) Näin ollen materiaalipanos sisältää hyödykkeen koko elinkaaren aikaisen luonnonvarojen kulutuksen jossakin massayksikössä, esimerkiksi kilogrammoina, ilmaistuna (Schmidt-Bleek 1994, 127) Hyödykkeen aiheuttamia jätevirtoja ei sisällytetä materiaalipanokseen, koska ne ovat hyödykkeen elinkaaren tuotoksia, eivät panoksia (Schmidt-Bleek 1994, 106).

Materiaalipanokseen täytyy sisällyttää hyödykkeen koko elinkaaren aikainen luonnonvarojen kulutus, koska jokaista tuotettua tuotetta varten siirretään yleensä enemmän materiaalia, kuin mitä itse tuote sisältää (Schmidt-Bleek 1994, 19). Nämä itse hyödykkeeseen sisällyttämättömät, mutta sen aikaansaamiseksi siirretyt luonnonvarat muodostavat tuotteen ekologisen selkäreppun (Schmidt-Bleek 1998, 82). Tuotteen ekologinen selkäreppu on usein huomattavasti painavampi kuin itse tuote (Schmidt-Bleek 1994, 19). Jos näin ollen

huomioitaisiin vain tuotteen sisältämät materiaalit, jäisi tarkastelusta paljon oleellisia materiaalivirtoja pois.

Kaikkia luonnonvaroja ei kuitenkaan lasketa samaan materiaalipanokseen, vaan luonnonvarat jaetaan MIPS-laskennassa viiteen eri kategoriaan: abioottisiin luonnonvaroihin, bioottisiin luonnonvaroihin, veteen, ilmaan sekä maansiirtoihin. Näin ollen hyödykkeelle voidaan laskea viisi erilaista MIPS-lukua.

*Abioottisilla luonnonvaroilla* tarkoitetaan elottomia materiaaleja. Niitä ovat mineraaliraaka-aineet kaivoksista, louhoksista ja sulatoista (esimerkiksi kivet, malmit ja hiekka), fossiiliset polttoaineet (esimerkiksi hiili, maaöljy ja maakaasu), kivi- ja maamassat, joita joudutaan pelkästään siirtämään abioottisten raaka-aineiden louhinnassa sekä ylijäämämaat, joita syntyy esimerkiksi rakennusten ja liikenneväylien rakentamisessa ja kunnossapidossa.

*Bioottiset luonnonvarat* ovat elollisia materiaaleja. Niihin kuuluu ihmisen viljelemien kasvien biomassassa sekä viljelemättömien alueiden biomassassa, kuten villieläimet, kalat ja luonnonkasvit.

*Vesikategoriaan* lasketaan mukaan kaikki se vesi, joka otetaan luonnosta aktiivisesti eli teknisin toimenpitein. Myös patoaminen sisällytetään tähän kategoriaan. Luonnolliseen uomaan sijoitetun vesirattaan läpi kulkevaa tai laivan potkurin siirtämää vettä ei kuitenkaan huomioida.

*Ilmakategoriaan* lasketaan mukaan kaikki se ilma tai sen ainesosat, jotka ihminen ottaa aktiivisesti käyttöönsä: esimerkiksi polttamiseen tarvittu ilma ja se ilma, jota käytetään kemiallis-fysikaalisiin reaktioihin. Mukaan lasketaan vain niiden ilman komponenttien paino, jotka otetaan käyttöön, esimerkiksi polttoprosessissa kulutetun hapen määrä.

*Maansiirroilla* tarkoitetaan maa- ja metsätaloudessa siirrettyä maata. Tämä kategoria sisältää mekaanisen maanmuokkauksen, kuten esimerkiksi auraamisen ja äestämisen, sekä eroosion. (Schmidt-Bleek 1998, 87-89.) Käytännössä maansiirrot sisältävät tällä hetkellä kuitenkin vain eroosion, koska mekaanisesta maanmuokkauksesta ei ole vielä saatavana tarpeeksi paljon luotettavaa tietoa (Ritthoff ym. 2002, 33).

MIPS-luvun nimittäjässä olevalla palvelusuoritteella (S) tarkoitetaan hyödykkeestä saatavaa hyötyä (Schmidt-Bleek 1994, 109). Se ei ole mitattavissa niin kuin materiaalipanos, vaan se määritellään jokaisen hyödykkeen tapauksessa erikseen. Hyödykkeen palvelusuoritteeksi voidaan valita esimerkiksi hyödykkeen koko elinkaarensa aikana tuottamat käyttökerrat (Autio & Lettenmeier 2002, 15) tai käyttövuodet (Autio & Lettenmeier 2002, 23). Palvelusuorite mahdollistaa samanlaista palvelua tuottavien hyödykkeiden keskinäisen vertailun (Ritthoff 2002, 18). Palvelusuoritteen käsite kiinnittää myös huomion siihen, että ihmiset eivät oikeastaan tarvitse itse tuotteita, vaan pelkästään niiden tuottamia palveluja (Schmidt-Bleek 1994, 183).

Tavoitteena on siis MIPS-luvun pienentäminen eli luonnonvaratuottavuuden kasvattaminen. MIPS-lukua voidaan pienentää joko materiaalipanosta pienentämällä ja / tai palvelusuoritetta kasvattamalla. On tärkeää kiinnittää huomiota siihen, että menettelytapojen kokonaisvaikutus on MIPS-lukua alentava: esimerkiksi materiaalin käytön pienentäminen saattaa alentaa tuotteen käyttöikää sen verran, ettei tuotteen MIPS-luku loppujen loppuiksi pienenekään.

Hyödykkeen materiaalipanosta voidaan pienentää esimerkiksi alentamalla hyödykkeen energiankulutusta, vähentämällä kuljetuksia, minimoimalla tuotannossa syntyvien jätteiden määrä, käyttämällä hyödykkeeseen uusiomateriaaleja sekä siirtymällä tuotannossa muutenkin sellaisiin raaka-aineisiin, jotka kuluttavat mahdollisimman vähän luonnonvaroja. (Autio & Lettenmeier 2002, 24-27.)

Palvelusuoritetta voidaan nostaa edistämällä hyödykkeen pitkäkestoisuutta esimerkiksi sen korjattavuutta, täydennettävyyttä, käyttövarmuutta ja uudelleenkäytettävyyttä parantamalla. Hyödykkeen tuottamaa palvelua voidaan lisätä myös tehostamalla sen käyttöä: lisätä tuotteen monikäyttöisyyttä tai kohdistamalla tuotteen käyttö useammalle käyttäjälle. Tuotteen monikäyttöisyyttä voidaan kehittää lisäämällä esimerkiksi johonkin laitteeseen entistä enemmän erilaisia toimintoja, jolloin tarvitaan vain yksi laite useamman sijaan. Tuotteen käyttö voidaan kohdistaa useammalle käyttäjälle esimerkiksi järjestämällä vuokraus- ja liisauspalveluja. (Autio & Lettenmeier 2002, 27-30.)

### 5.1.2 MIPS-laskentamenetelmä

MIPS-laskenta etenee periaatteessa seitsemän vaiheen kautta. Ensimmäisessä vaiheessa määritellään laskennan tavoitteet ja päämäärä: onko tarkoituksena vertailla montaa eri hyödykettä toisiinsa vai laskea MIPS-luku vain yhdelle kohteelle, ja kuinka tarkasti laskenta on mahdollista suorittaa käytettävissä oleviin resursseihin nähden? Ensimmäisessä vaiheessa määritellään myös tarkasteltavan kohteen tai kohteiden palvelusuorite. Sen valinnassa tulisi noudattaa seuraavaa periaatetta: palvelusuorite tulisi muotoilla mahdollisimman yleiseksi, mutta toisaalta sen pitäisi kuvata mahdollisimman hyvin juuri tarkasteltavana olevan tuotteen käyttöominaisuuksia. (Ritthoff ym. 2002, 18-19.)

Toisessa vaiheessa selvitetään tarkasteltavana olevan hyödykkeen koko elinkaaren aikaiset prosessiketjut. Niihin kuuluvat kaikki ne prosessit ja esiprosessit, joita tarvitaan tuotteen valmistamisessa tai palvelun toteuttamisessa, hyödykkeen käytön aikana sekä hyödykkeen hävittämisen yhteydessä. Tätä ei kuitenkaan tarvitse tehdä kuin sellaisten materiaalien ja toimintojen osalta, joille ei ole olemassa valmiiksi laskettua MI-kerrointa. (Ritthoff ym. 2002, 21.) MI-kertoimia on laskettu monille yleisesti käytetyille materiaaleille, kuten esimerkiksi teräkselle, sementille ja lasille, sekä erilaisille sähköntuotanto- ja kuljetusmuodoille (Ritthoff ym. 2002, 15).

MI-kerroin ilmaisee kilogrammoina sen luonnonvarojen määrän, joka tarvitaan yhden materiaalikulon, kilowattituntin tai tonnikipometrin (tkm) aikaansaamiseksi (Autio & Lettenmeier 2002, 20). MI-kerroin kuvaa siis materiaalin, energiantuotantotavan tai kuljetusmuodon materiaali-intensiteettiä (Ritthoff ym. 2002, 12). MI-kertoimen yksikkö on materiaalien tapauksessa ”kg luonnonvaroja / kg materiaalia”, energiantuotannon tapauksessa ”kg luonnonvaroja / kWh” ja tavarakuljetusten tapauksessa ”kg luonnonvaroja / tkm” (Autio & Lettenmeier 2002, 20). MI-kertoimet lasketaan samalla tavalla kuin hyödykkeen MIPS-luvut, ainoastaan sillä erotuksella, että MI-kertoimen tapauksessa materiaalipanoksen suhteutetaan painoyksikköä, kilowattituntia tai tonnikipometriä kohti. MI-kertoimia lasketaan tiedemiesten, yritysten, konsulttien, kouluttajien, opiskelijoiden sekä harjoittelijoiden toimesta. Saksalainen Wuppertal-instituutti julkistaa MI-kertoimia internet-sivuillaan (<http://www.mips-online.info>) sen jälkeen kun on ne tarkistanut. (Ritthoff ym. 2002, 14-15).

Vaikka periaatteena on selvittää hyödykkeen kaikki elinkaarenaikaiset prosessiketjut, voidaan kuitenkin jotkut niistä jättää huomioimatta, koska prosessiketjut voivat joskus olla erittäin

pitkiä ja haaroittuneita, ja näin ollen tarkastelusta voi tulla hyvinkin laaja ja työläs. Jos voidaan perustellusti olettaa, että jonkin prosessiketjun osuus hyödykkeen materiaalipanoksesta tulee jäämään merkityksettömäksi, voidaan se jättää huomioimatta. Jos esimerkiksi lasketaan jonkin teollisuustuotteen MIPS-lukua, ei välttämättä kannata ottaa tehdasrakennuksen rakentamiseen liittyviä prosesseja tarkastelussa huomioon. Joissakin tapauksissa taas tuotantoteknologiat tai tuotannossa käytetyt apuaineet voidaan jättää huomioimatta. (Ritthoff ym. 2002, 13.)

Kolmannessa vaiheessa kerätään tiedot hyödykkeen tuotantovaiheen prosessien materiaali- ja energiapanoksista. Tietojen lähteinä voi käyttää erilaisia mittauksia, asiantuntijoiden haastatteluja ja kirjallisuutta. Jos kaikkia tietoja ei saada selville, voidaan niiden puuttumista paikata perustelluilla arvioilla. (Ritthoff ym. 2002, 22-24.)

Neljännessä vaiheessa lasketaan hyödykkeen materiaalipanokset sen valmistamiseen asti. Materiaalipanoksia lasketaan viisi erilaista: abioottinen, bioottinen, vesi-, ilma- sekä maansiirroista kertova materiaalipanoks. Laskenta tapahtuu käytännössä siten, että kerrotaan kukin hyödykkeen vaatima materiaali- ja energiapanos sitä vastaavalla MI-kertoimella. Esimerkiksi jos hyödyke sisältää 2 kg kuparia, sen abioottinen materiaalipanoks kuparin osalta lasketaan seuraavasti:  $2 \text{ kg kuparia} \times 500 \text{ kg abioottisia luonnonvaroja} / \text{kg kuparia} = 1000 \text{ kg abioottisia luonnonvaroja}$ . Vastaava laskutoimitus tehdään kaikkien muidenkin hyödykkeen aikaansaamiseksi tarvittujen materiaalien sekä energiankulutuksen ja kuljetusten osalta. Sen jälkeen tulokset lasketaan yhteen, jolloin saadaan tulokseksi hyödykkeen abioottinen materiaalipanoks sen valmistamiseen asti. Samalla tavalla lasketaan myös bioottisten luonnonvarojen, veden ja ilman kulutus sekä maansiirtojen määrä. Jos joillekin materiaaleille tai toiminnoille ei ole saatavana valmiiksi laskettuja MI-kertoimia, täytyy materiaalipanoks laskea alusta lähtien itse. (Ritthoff ym. 2002, 28.)

Viidennessä vaiheessa lasketaan hyödykkeen käyttöön ja sen hävittämiseen liittyvät materiaalipanokset. Laskenta tapahtuu samalla tavalla kuin neljännessä vaiheessa. Hyödykkeen kokonaismateriaalipanokset saadaan laskemalla neljännessä ja viidennessä vaiheessa lasketut materiaalipanokset yhteen. (Ritthoff ym. 2002, 30.)

Kuudennessa vaiheessa kaikki viisi materiaalipanosta jaetaan MIPS-laskennan ensimmäisessä vaiheessa valitulla palvelusuoritteella. Näin saadaan tulokseksi viisi erilaista MIPS-lukua tarkasteltavana olevalle hyödykkeelle. (Ritthoff ym. 2002, 32.)

Seitsemännessä vaiheessa tulkitaan laskennan tuloksia. Jos MIPS-lukuja on laskettu monelle eri kohteelle, päästään vertailemaan niiden MIPS-lukuja toisiinsa. MIPS-laskennan tuloksista pystytään myös selvittämään, mitkä hyödykkeen osat ja mitkä sen elinkaaren prosessit kuluttavat eniten luonnonvaroja. Tuloksia tulkittaessa on tärkeää ottaa huomioon, kuinka suuri osuus kustakin materiaalipanoksesta on laskettu arvioitujen ja kuinka suuri osuus varmojen tietojen perusteella.

Vaikka tulokseksi saatua viittä eri MIPS-lukua tarkastellaan yleensä erillisinä, on kuitenkin sallittua tarkastella abioottisia ja bioottisia luonnonvaroja sekä maansiirtoja yhteenlaskettunakin. Näiden kolmen kategorian summaa kutsutaan TMR:ksi (Total material requirement). Vettä ja ilmaa ei saa kuitenkaan koskaan laskea muiden kategorioiden kanssa yhteen, vaan niitä täytyy aina tarkastella erillisinä. (Ritthoff ym. 2002, 33.)

### 5.1.3 MIPS-indikaattorin heikkouksia ja sitä kohtaan esitettyä kritiikkiä

Schmidt-Bleek pitää MIPS-luvun yhtenä heikkoutena sitä, ettei se ota huomioon teollisuuden eikä maa- ja metsätalouden pinta-alankulutusta. Tällä on hänen mielestään merkitystä, koska ihmisten käytettävissä oleva maapinta-ala on rajallinen. (Schmidt-Bleek 1994, 120.) Maanpinnan kulutukselle on kehitetty kuitenkin oma mittarinsa: SIPS eli surface input per service unit. Se ilmaisee maa-alan kulutuksen palvelusuoritetta kohti. SIPS-lukua voidaan käyttää MIPS-luvun rinnalla täydentämässä sitä. (Schmidt-Bleek 1994, 167.)

MIPS-lähestymistapa ei myöskään ota huomioon ainevirtojen myrkyllisyyttä ihmisille tai ympäristölle, vaan MIPS-laskennassa myrkylliseksi todetut ja myrkyttömät materiaalit lasketaan samanarvoisina yhteen. Schmidt-Bleek kuitenkin korostaa, että MIPS-lähestymistapa keskittyy ihmisen toiminnan aiheuttamiin kokonaisvaikutuksiin ekosfäärissä, eikä sen ole tarkoituskaan korvata aineiden ekotoksikologista arviointia, vaan täydentää sitä tuomalla esiin uudenlaista näkökulmaa. (Schmidt-Bleek 1994, 120.) Hinterbergerin ym. (1997, 9) mukaan erilaisten materiaaliavirtojen painottaminen luotettavalla tavalla olisi sitä paitsi mahdotonta. Hinterbergerin ja Schmidt-Bleekin mukaan (1999, 53) johtopäätöksiä ei tule vetää yksin MIPS-laskennan tulosten perusteella, vaan materiaalien myrkyllisyyttä tulee tarkastella lisäksi erikseen.

Kolmantena heikkoutena Schmidt-Bleek pitää sitä, ettei MIPS-käsitteellä ole suoraa yhteyttä biodiversiteettiin. Hänen mielestään on kuitenkin perusteltua ajatella, että luonnonvarojen käytön laajuus vaikuttaa myös eliölajien eloonjäämisen mahdollisuuksiin. Näin ollen MIPS kertoo hänen mielestään kuitenkin jotain myös vaikutuksista luonnon monimuotoisuuteen. (Schmidt-Bleek 1994, 121.) Myös Hinterberger ym. (1997, 9) toteavat, että ihmisen aiheuttamat materiaaliavirrat uhkaavat yhä useampia eliölajeja.

MIPS-menetelmän heikkoutena on myös se, ettei kaikkia siinä tarvittavia tietoja ole välttämättä saatavana. Kaikille materiaaleille ei ole vielä olemassa MI-kertoimia ja sen vuoksi laskennassa joudutaan joskus käyttämään omaa arviointia MI-kertoimien määrittämiseksi. Tämä tuo laskentaan epävarmuutta. Varsinkin jos MI-kertoimia puuttuu liikaa, MIPS-laskennan mielekkyyks saattaa kärsiä pahasti. (Autio & Lettenmeier 2002, 22.)

Koskinen on pro gradu -työssään (2001) kerännyt kolmessa tieteellisessä lehdessä (The Journal of Industrial Ecology, The international Journal of Life Cycle Assessment sekä Ecological Economics) julkaistuista artikkeleista MIPS-indikaattoria kohtaan esitettyä kritiikkiä. Kritiikin mukaan MIPS-indikaattorin merkittävimpiä ongelmia on se, ettei materiaalipanoksen käytölle potentiaalisten ympäristövaikutusten suuruuden mittarina ole teoreettisia perusteita. MIPSin taustalla oleva ajatus, jonka mukaan ekologinen seuraus on sitä voimakkaampi, mitä enemmän materiaalia saatetaan liikkeelle, on pätevä vain silloin, jos muut tekijät pysyvät muuttumattomina. Tilanteessa, jossa muutkin tekijät muuttuvat, ei voida kuitenkaan olettaa materiaaliavirtojen suuruuden olevan ratkaisevassa asemassa ympäristövaikutusten voimakkuuden kannalta. (Koskinen 2001, 76.)

Merkittävä ongelma kritiikin mukaan oli myös se, että MIPS on kyvytön kuvaamaan hyödykkeiden ympäristövaikutuspotentiaalia, koska sen laskennassa ei huomioida erilaisten materiaalien yksilöllisiä ja suuruudeltaan toisistaan poikkeavia ympäristövaikutuksia, vaan siinä annetaan sama painoarvo kaikille materiaaleille. MIPS-menetelmä sisältää näin ollen implisiittisen eli sisäänrakennetun arvottamisen, mitä menetelmän käyttäjä ei välttämättä tiedosta. Dematerialisaatiotavoitteen asettaminen tärkeimmäksi tavoitteeksi on MIPSin

tapauksessa selvästi esillä, mutta sen sijaan tämän tavoitteen taustalla oleva käsitys ympäristöongelmista voi jäädä käyttäjälle epäselväksi ellei hän panosta asiaan syventymiseen. (Koskinen 2001, 77-78.)

Muita ongelmia kritiikin mukaan oli muun muassa se, että MIPS-menetelmässä ei arvioida tulosten luotettavuutta, esimerkiksi lähtötietojen luotettavuuden kautta. Valmiiksi laskettujen MI-kerrointen käyttöön liittyy myös ongelmia: vaikka ne lisäävät tulosten yhtenäisyyttä, ne vähentävät niiden tarkkuutta, sillä valmiit kertoimet ovat keskimääräisiä arvioita. Valmiiden MI-kerrointen yhteydessä ei myöskään ilmoiteta kuinka epävarmoja ne ovat. Laskennassa tarvittavia tietoja ei myöskään ole aina saatavilla. Kritiikin mukaan myös jako eko- ja tekno sfääriin on keinotekoinen. Näin ollen ei ole aina yksiselitteistä, missä raja näiden kahden osajärjestelmän välillä menee. MIPS-laskenta on myös melko työlästä. Jotta MIPS voisi täyttää yksinkertaiselle indikaattorille asetetun keskeisen kriteerin, laskemisen helppouden, tarvittaisiin laskennan avuksi laajoja tietokantoja. (Koskinen 2001, 78-79.)

## 5.2 MIPS-laskenta tässä tutkimuksessa

### 5.2.1 Laskettavien rakennusosien valinta

Koska kahden rakennuksen täydellinen MIPS-laskenta olisi ollut liian laaja pro gradu –työn aiheeksi, valittiin rakennuksista vain tietyt osat mukaan laskentaan. Osat pyrittiin valitsemaan niin, että ne kattaisivat oleellimmalla osan rakennuksen materiaaliavirroista, jotta saataisiin kuva rakennuksen MIPS-lukujen suuruusluokasta. Osat, jotka päätettiin laskea joka tapauksessa kummastakin rakennuksesta ovat louhinta (Physicum) / maankaivut (Infokeskus), täytöt, pohjarakenteet ja vahvistus (Infokeskus), perustukset, kantavat väliseinät, pilarit, laatat, palkit, ulkoseinät, yläpohjat, vesikate, kevyet väliseinät ja erityisväliseinät sekä suora käytönaikainen sähkön-, lämmön- ja vedenkulutus. Nämä osat kattavat rakennuksen pääpiirteet ja painavimmat osat sekä oleellimmat rakennuksen käyttöön liittyvät materiaaliavirrat.

Lisäksi päätettiin laskea muitakin osia vain toisesta rakennuksesta, ja jos ne osoittautuivat merkityksellisiksi MIPS-lukujen kannalta, laskettiin kyseiset osat toisestakin rakennuksesta. Nämä osat ovat lattioiden pintavalu, alakatot, lattiapinnoitteet sekä talotekniikka, johon valittiin mukaan atk-verkon kaapeleiden kuparijohtimet sekä sähkötekniikkaan, rakennusautomaatioon ja palohälytysjärjestelmään liittyvien sähköjohtojen kupari- ja alumiinijohtimet, tikashyllyt ja niihin liittyvät osat, ilmanvaihtojärjestelmä, palosammutusjärjestelmän putket, lämmitysjärjestelmän putket, vesi- ja jäähdytysvesijohdot, laboratorioiden putket, viemärit sekä sadevesijärjestelmän putket. Lisäksi toisesta rakennuksesta laskettiin myös sadevesi, joka joutuu rakennuksen vuoksi muuttamaan luonnollista kulkureittiään. Tämä kuvaa rakennuksen aiheuttamaa vaikutusta veden virtausliikkeisiin.

Ensin oli tarkoitus laskea Infokeskus kattavammin ja sen tulosten pohjalta laskea Physicumista ne osat, jotka ovat merkityksellisiä, mutta koska Infokeskuksen talotekniikkaa oli hankala selvittää, päätettiin järjestystä vaihtaa niin, että Physicum laskettiin kattavammin. Infokeskuksen talotekniikan selvittäminen olisi ollut vaikeaa, koska joitakin yrityksiä, jotka olivat olleet toimittamassa talotekniikkaan liittyviä osia Infokeskukseen, ei ole enää olemassa, ja sen vuoksi laskennassa tarvittavien tietojen saaminen ei olisi niiltä osin ollut mahdollista. Vaikka oli tiedossa, ettei Infokeskuksen talotekniikkaa pystyttäisi laskemaan, haluttiin

talotekniikka laskea joka tapauksessa Physicumista, jotta saataisiin selville sen merkitys rakennuksen MIPS-luvun kannalta. Oli perusteita olettaa talotekniikan olevan merkityksellinen, koska monissa talotekniikkaan kuuluvissa osissa on kuparia, jonka MI-kerroin on erittäin suuri. Talotekniikka sisältää myös melko suuria massoja esimerkiksi terästä.

Rakennusten MIPS-laskennasta rajattiin pois monia osia. Laskennan ulkopuolelle jätettiin muun muassa portaat, ulkotasot ja parvekkeet, räystäät, ikkunat, ovet, kaiteet, hoitotasot ja -sillat, seinien pintarakenteet, kalusteet sekä rakennusalueen piharakenteet, ulkovarusteet ja rakennuksen ulkopuoliset rakenteet. Näistä piharakenteet olisivat voineet olla merkittäviä rakennuksen MIPS-luvun kannalta ja ne olikin tarkoitus alunperin ottaa mukaan laskentaan. Piharakenteet rajattiin kuitenkin pois, koska laskennassa tarvittavia pihapiirustuksia ei saatu tarpeeksi nopeasti tutkimuksen tekijän käyttöön.

### 5.2.2 Palvelusuoritteiden valinta

Rakennusten MIPS-lukujen palvelusuoritteeksi valittiin:

rakennuksen huoneistoala ( $\text{htm}^2$ ) / rakennuksen käyttöikä vuosina.

Rakennuksen käyttöikä, eli se aika, joka rakennuksen oletetaan olevan käytössä, valittiin palvelusuoritteeseen sen vuoksi, että se kuvaa omalta osaltaan rakennuksen tuottamaa palvelun määrää. Mitä kauemmin rakennus kestää, sitä enemmän palvelua se tuottaa. Peruslaskelmissa käytettiin oletusta, että rakennukset kestävät 100 vuotta.

Palvelusuoritteeseen piti valita myös jokin rakennuksen kokoa kuvaava luku, koska myös rakennuksen koko vaikuttaa sen tuottaman palvelun määrään. Pinta-alakäsite vaikutti paremmalta kuin tilavuuskäsite, koska pinta-alakäsite kuvaa paremmin sitä, miten paljon rakennuksen käyttäjillä on tilaa työskennellä, opiskella ja oleskella rakennuksessa. Rakennuksen koko vaikuttaa myös sen kuluttamien luonnonvarojen määrään. Näin ollen eri kokoisille rakennuksille lasketut MIPS-luvut, joiden palvelusuoritteessa ei olisi rakennuksen kokoa ilmaisevaa lukua, eivät olisi keskenään vertailukelpoisia. Tämän tutkimuksen kohteet ovat keskenään hyvinkin eri suuruisia: Physicum on selvästi suurempi kuin Infokeskus.

MIPS-lukuihin haluttiin valita yksiselitteinen pinta-alakäsite, jotta laskennan tulokset olisivat mahdollisimman vertailu- ja käyttökelpoisia. Päädyttiin huoneistoalaan, koska se on yksiselitteinen käsite ja siihen kuuluu rakennuksesta ne osat, jotka rakennuksen käyttäjä oletettavasti kokee palvelua tuottaviksi. Huoneistoalaan sisältyy rakennuksen kaikki muut pinta-alat, paitsi porrashuoneiden, teknisten tilojen ja runkorakennusosien viemät pinta-alat. Teknisiä tiloja ovat esimerkiksi lämmön- ja sähkönjakotilat. Runkorakennusosia ovat esimerkiksi ulkoseinät, kantavat ja osastoivat väliseinät, hormit sekä hissi- ja kanavakuilut. (Rakennuksen pinta-alat 1985, 5, 7.)

MIPS-laskennan tulokset ilmoitetaan myös muodossa ”kilogrammaa luonnonvaroja / bruttoala ( $\text{brm}^2$ ) / rakennuksen käyttöikä vuosina” (liite 4), koska niin ilmaistut MIPS-luvut ovat käyttökelpoisempia, jos tämän tutkimuksen tuloksia halutaan soveltaa muihin rakennuksiin. Bruttoalaan lasketaan mukaan rakennuksen kaikkien kerrostasojen kerrostasoalat, joihin kuhunkin on sisällytetty kerrostason koko pinta-ala rakennuksen

ulkomittoja käyttäen. Bruttoalaan lasketaan mukaan sekä kylmät että lämpimät tilat. (Rakennuksen pinta-alat 1985, 6.) Bruttoala kuvaa siis rakennuksen kokonaislaajuutta, ja näin ollen rakennuksen bruttoalan voidaan olettaa korreloivan rakennuksen pinta-alakäsitteistä parhaiten rakennuksen materiaalivirtojen suuruuden kanssa. Sinänsä bruttoala ei sovi kovin hyvin pinta-alakäsitteeksi MIPS-luvun palvelusuoritteeseen, koska siihen on sisällytetty paljon sellaisia pinta-aloja, joita rakennuksen käyttäjä ei miellä palvelua tuottaviksi. Tällaisia pinta-aloja ovat yllä mainitut huoneistoalasta puuttuvat pinta-alat eli porrashuoneiden, teknisten tilojen ja runkorakennusosien viemät pinta-alat.

### 5.2.3 MIPS-lukujen laskeminen

Tässä tutkimuksessa käytettiin yksinkertaistettua MIPS-laskentatapaa tutkimuskohteiden laajuuden ja monimutkaisuuden vuoksi. Rakennusosien materiaaliipanosten laskennassa huomioitiin vain rakennusosissa olevat materiaalit ja niiden määrät, jotka kerrottiin sitten kunkin materiaalin omilla MI-kertoimilla. Näin toimien saadaan laskettua suhteellisen nopeasti melko luotettava materiaaliipanosten kohteelle (Ritthoff ym. 2002, 47). Laskennan yhteydessä ei siis selvitetty esimerkiksi rakennusten väliseinissä esiintyvän kipsikartonkilevyn koko elinkaaren aikaisia prosessiketjuja, kuten esimerkiksi sen eri tuotantovaiheiden vaatimia materiaali- ja energiapanoksia tai kuljetuksia, vaan otettiin huomioon vain sen sisältämä materiaali- ja energiapanos. Kuljetusten ja rakentamisessa yli jäävien materiaalien osalta käytettiin tosin kaikille materiaaleille tiettyjä yleisiä oletuksia (ks. luku 5.2.5). Jokaisen lasketun rakennusosan täydellinen MIPS-laskenta olisi ollut todella suuritöistä ja aikaa vievää, joten se ei olisi ollut mahdollista tämän tutkimuksen puitteissa.

Laskennassa huomioitiin rakennuksen käyttövaiheen ajalta rakennusosien uusimiset sekä suora sähkön-, lämmön- ja vedenkulutus rakennuksessa. Sitä, mitä rakennuksille tapahtuu elinkaarensa loppupäässä, ei huomioitu laskennassa. Tämä johtuu siitä, että näin pitkäikäisten laskentakohteiden tapauksessa on erittäin vaikeaa arvioida, mitä niiden sisältämille materiaaleille tullaan aikanaan tekemään. Lisäksi monien tuotteiden MIPS-laskennan yhteydessä on havaittu, että tuotteen jätehuollon osuus tuotteen materiaaliipanoksesta on yleensä melko pieni (Ekotehokkuuskonsultti Michael Lettenmeier, Suomen luonnonsuojeluliitto, henkilökohtainen tiedonanto 16.1.2004). Näin ollen rakennusten jätehuoltovaiheen poisjättäminen tästä tutkimuksesta on perusteltua, eikä se todennäköisesti vaikuta tuloksiin merkittävästi.

Physicumille ja Infokeskukselle laskettiin neljä erilaista MIPS-lukua: abioottisten luonnonvarojen, bioottisten luonnonvarojen, veden sekä ilman kulutus palvelusuoritetta kohti. MIPS-laskennan viidettä kategoriaa, maansiirtoja, ei otettu mukaan, koska maansiirrot ovat merkityksellisiä lähinnä vain silloin, kun on kyse maataloudesta peräisin olevista tuotteista. Näin ollen Physicummin ja Infokeskuksen maansiirroista kertovat MIPS-luvut olisivat jääneet joka tapauksessa hyvin pieniksi.

MIPS-laskentaa tehtiin yksi rakennusosa kerrallaan. Ensin selvitettiin tarkastelun kohteena olevan rakennusosan, esimerkiksi ulkoseinän, rakenne. Sen jälkeen laskettiin, kuinka paljon kyseinen rakennusosa sisältää eri materiaaleja jotakin määräyksikköä, useimmiten neliometriä, kohden. Materiaalien määrät selvitettiin yleensä kuutiometreinä, mutta joskus myös suoraan kilogrammoina.

MIPS-laskennassa käytettiin apuna tekniikan tohtori Arto Saaren (Rakentamistalouden laboratorio, Teknillinen korkeakoulu) tekemää Microsoft Excel -laskentataulukkoa.



Laskentataulukko on tehty niin, että yhteen tiedostoon syötetään yhden rakennusosan tiedot. Taulukkoon syötettiin rakennusosan kokonaismäärä rakennuksessa esimerkiksi neliömetreinä, rakennuksen laajuustiedot joko huoneisto- tai bruttoalana, rakennuksen käyttöikä, rakennusosan materiaali- ja määrätiedot esimerkiksi neliömetriä kohden, rakennusosan uusimisjaksot, rakennusosan materiaalien tiheydet ja MI-kertoimet sekä materiaalien kuljetukset. Näiden tietojen perusteella laskentataulukko laskee ohjelmoitujen laskukaavojen avulla MIPS-luvut kyseiselle rakennusosalle. Koko rakennuksen MIPS-luvut saatiin laskemalla yksittäisten rakennusosien MIPS-luvut yhteen.

#### 5.2.4 Laskennassa käytetyt lähteet

MIPS-laskennassa käytettiin apuna monenlaisia lähteitä. Kunkin rakennusosan rakenteen selvittämisessä käytettiin ensisijaisesti apuna rakennetyypipiirustuksia, joissa on esiteltynä kunkin rakennusosan rakenne poikkileikkauksena. Rakennetyypipiirustuksissa on myös annettu tietoja eri tuotteiden ja materiaalien määristä rakennusosassa. Jos kaikkia materiaali- ja määrätietoja ei saatu selville rakennetyypipiirustuksista, tiedusteltiin niitä tuotteiden valmistajilta tai etsittiin tietoja valmistajien internet-sivuilta. Rakennusosien materiaali- ja määrätietoja etsittiin myös Physicum ja Infokeskuksen rakennusselostuksista. Rakennusselostus on asiakirja, jossa sanallisesti kuvataan rakennettavaksi aiotun rakennuksen laadulliset ominaisuudet. Se laaditaan jokaiselle rakennuskohteelle yksilöllisesti. (Rakennusselostusohje 2000, 2.)

Tiedot kunkin rakennusosan kokonaismäärästä rakennuksessa saatiin Physicum ja Infokeskuksen rakennusosa-arvioista. Rakennusosa-arvio on laskelma, joka tehdään rakennuksen suunnitteluvaiheessa (Talonrakennushankkeen kulku 1989, 23). Siinä jaotellaan rakennus osiin ja lasketaan jokaisen osan hinta sekä kokonaismäärä rakennuksessa. Rakennusosa-arvion tarkoituksena on näin ollen selvittää suunnitellun rakennuksen hinta. (Haahtela & Kiiras 2001, 101.) Laattojen, seinien, yläpohjien ja vesikatteen määrätiedot oli ilmoitettu Physicum ja Infokeskuksen rakennusosa-arvioissa neliömetreinä. Louhinnan, maankaivun ja täyttöjen määrät oli yleensä ilmoitettu kuutiometreinä. Palkkien, pilarien ja paalujen määrät oli kerrottu juoksumetreinä. Joidenkin rakennusosien, kuten anturoiden, määrät oli ilmoitettu kappaleina. Jotkut rakennusosat, kuten esimerkiksi eräät teräsrakenteet, oli ilmoitettu suoraan kilogrammoina, joten niiden massaa ei erikseen tarvinnut laskea.

On syytä huomauttaa, että Physicum ja Infokeskuksen MIPS-luvut laskettiin rakennusten suunnitteluvaiheen asiakirjojen perusteella. Näin ollen laskennassa käytetyt tiedot eivät välttämättä täysin vastaa toteutuneiden rakennusten tietoja, koska muutoksia saattaa aina tulla suunnittelu- ja toteutusvaiheen välillä. Esimerkiksi Infokeskus suunniteltiin alunperin suuremmaksi kuin minkälaisena se loppujen lopuksi toteutettiin. Infokeskuksen luonnonvarojen kulutus laskettiin tässä tutkimuksessa sellaisen rakennusosa-arvion avulla, joka on ajalta, jolloin rakennuksesta vielä suunniteltiin suurempaa. Tämän vuoksi Infokeskuksen laskennassa on käytetty myös toteutunutta rakennusta suurempia huoneisto- ja bruttoaloja, jotta tulokset eivät olisi vääristyneet.

Tämän tutkimuksen yleisenä tavoitteena oli rakennusten MIPS-lukujen suuruusluokan selvittäminen. Tarkoituksena ei näin ollen ollut selvittää täysin tarkkoja MIPS-lukuja, eikä se olisi pro gradu -työn puitteissa ollut mahdollistakaan. Laskennassa pyrittiin toki käyttämään aina mahdollisimman tarkkoja tietoja, mutta kaikkea ei kuitenkaan pystytty eikä ollut mielekästäkään aina selvittää aivan tarkasti, vaan arviointia käytettiin myös. Arviointien

osalta turvaututtiin lähinnä tekniikan tohtori Arto Saaren (Rakentamistalouden laboratorio, Teknillinen korkeakoulu) apuun.

Tiedot laskettujen rakennusosien materiaaleista, määrätiedoista ja laskennassa käytettyjen tietojen tarkemmista lähteistä löytyvät liitteestä 1. Laskennassa käytetyt materiaalien MI-kertoimet lähteineen löytyvät liitteestä 2.

### 5.2.5 Laskennassa käytetyt yleiset oletukset

MIPS-laskennassa käytettiin rakennusmateriaalien hukkaprosenttina kymmentä. Tämä tarkoittaa, että laskennassa on kerrottu rakennusosissa olevien materiaalien massamäärät 1,1:llä. Hukkaprosentti kuvaa niitä materiaalimääriä, jotka jäävät rakentamisessa yli. Hukkaprosenttia ei kuitenkaan käytetty kaikille materiaaleille. Esimerkiksi luhinnassa ja maankaivuissa ei ollut mielekäästä käyttää hukkaprosenttia. Myöskään ilmanvaihtokoneiden ja suoran vedenkulutuksen MIPS-laskennassa ei käytetty hukkaprosenttia.

Materiaalien kuljetusten osalta oletettiin, että maa-aineksia on kuljetettu keskimäärin 50 km ja muita materiaaleja keskimäärin 200 km. Kaikki kuljetukset oletettiin maantiekuljetuksiksi. Kuljetusten MI-kertoimina käytettiin tekniikan tohtori Arto Saaren (Rakentamistalouden laboratorio, Teknillinen korkeakoulu) selvittämiä lukuja: 0,03 kg abiottisia luonnonvaroja / tkm, 0 kg bioottisia luonnonvaroja / tkm, 0,17 kg vettä / tkm sekä 0,08 kg ilmaa / tkm. Näissä MI-kertoimissa on huomioitu vain ajoneuvojen dieselpolttoaineen kulutus. Kuljetusten MI-kertoimet on selvitetty lähteiden Wuppertal Institut - Abteilung... (1998) ja VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka (2002) avulla.

Rakennusosien uusimisjaksot ovat pääasiassa tekniikan tohtori Arto Saaren (Rakentamistalouden laboratorio, Teknillinen korkeakoulu) arvioimia. Jonkin verran niitä pohdittiin myös Rakennus-MIPS -tutkimusprojektin kokouksissa. Uusimisjaksolla tarkoitetaan sitä aikaa, jonka rakennusosan oletetaan kestävän, ennen kuin se joudutaan vaihtamaan uuteen. Joskus rakennusosia uusitaan myös toiminnallisista syistä. Tästä esimerkkinä on väliseinien purkaminen ja uusien rakentaminen silloin, kun rakennukseen tarvitaan uudenlaisia tiloja. Laskennassa käytetyt rakennusosien uusimisjaksot esitetään tulosten yhteydessä liitteissä 3 ja 4.

Suoran lämmönkulutuksen tapauksessa oletettiin, että Physicum ja Infokeskuksen lämpö on peräisin Helsingin energialta. Ekotehokkuuskonsultti Michael Lettenmeier (Suomen luonnonsuojeluliitto) selvitti tätä tutkimusta varten Helsingin energian kaukolämmön MI-kertoimet: 0,204 kg abiottisia luonnonvaroja / kWh, 0 kg bioottisia luonnonvaroja / kWh, 0,837 kg vettä / kWh sekä 0,335 kg ilmaa / kWh.

Suomen sähköntuotannon keskimääräisinä MI-kertoimina käytettiin seuraavia lukuja: 0,669 kg abiottisia luonnonvaroja / kWh, 0 kg bioottisia luonnonvaroja / kWh, 304,6 kg vettä / kWh sekä 0,219 kg ilmaa / kWh. Nämä luvut ovat ekotehokkuuskonsultti Michael Lettenmeierin (Suomen luonnonsuojeluliitto) arvioimia. Ne perustuvat kahteen toisistaan poikkeavaan lähteeseen (Juutinen 2000 ja Hacker 2003) sekä Energia-alan keskusliitto Finergystä saatuihin tietoihin siitä, miten suomalainen vesivoimatuotanto jakautuu säännöstelemättömän ja säännöstellyn vesivoimatuotannon välillä. Juutinen ja Hacker olivat päätyneet hyvinkin eri suuruisiin Suomen sähköntuotannon MI-kertoimiin. Erot johtuivat erilaisista, ja osittain virheellisistäkin, oletuksista laskennan taustalla. Ei tuntunut mielekkäältä käyttää kummankaan lähteen ehdottamia MI-kertoimia sellaisenaan tässä

tutkimuksessa, vaan päätettiin käyttää Michael Lettenmeierin arvioimia lukuja, jotka on saatu korjaamalla edellä mainituissa lähteissä olevia virheellisiä oletuksia. On kuitenkin syytä todeta, että tässä tutkimuksessa käytetty sähköntuotannon vesi-MI-kerroin on kuitenkin erityisen karkea arvio, ja siihen tulee suhtautua varauksella.

Laskennassa käytetyt Physicumin ja Infokeskuksen vuosittaiset suorat sähkön-, lämmön- ja vedenkulutukset laskettiin ottamalla keskiarvo aikaisempien vuosien mitatuista kulutusmääristä. Näin ollen laskennassa oletettiin, että sähkön-, lämmön- ja vedenkulutus pysyy tällä samalla ensimmäisten käyttövuosien keskimääräisellä tasolla koko rakennuksen käyttöajan ajan. Tämä ei välttämättä pidä todellisuudessa paikkaansa, mutta koska kulutusmäärien kehitystä on vaikea arvioida, käytettiin laskennassa edellä mainittua oletusta.

Rakennusmateriaalien osalta oletettiin, että ne ovat Suomessa valmistettuja. Näin ollen rakennusmateriaalien MI-kertoimet muutettiin sähkönkulutuksen osalta vastaamaan Suomen sähköntuotannon materiaali-intensiteettiä. Eri materiaalien valmiit MI-kertoimet on yleensä laskettu Saksan sähköntuotannon materiaali-intensiteettiluvuilla, jotka ovat suuruudeltaan hyvinkin erilaisia verrattuna Suomen sähköntuotannon vastaaviin tietoihin. Esimerkiksi Saksan verkkosähkön abioottinen MI-kerroin on noin seitsemän kertaa suurempi kuin tässä tutkimuksessa käytetty Suomen sähköntuotannon abioottinen MI-kerroin ja ilma-MI-kerroin lähes kolme kertaa suurempi. Toisaalta tässä tutkimuksessa käytetty Suomen sähköntuotannon vesi-MI-kerroin on 3,7 kertaa suurempi kuin Saksan vastaava MI-kerroin. Kaikkien materiaalien tapauksessa MI-kertoimien muuttamista ei pystytty kuitenkaan tekemään, koska kaikille materiaaleille ei löytynyt sähkönkulutusta koskevia tietoja. Käytetyt MI-kertoimet lähteineen esitetään liitteessä 2.

### 5.3 Herkkyystarkastelut

Koska tämän tutkimuksen tavoitteena oli myös selvittää tiettyjen tekijöiden muuttumisen vaikutus rakennuksen MIPS-lukuihin, peruslaskelmien tuloksille tehtiin herkkyystarkasteluja näiden tekijöiden suhteen. Herkkyystarkastelujen tarkoituksena oli selvittää ensinnäkin, kuinka herkkä MIPS-menetelmä on tietyille laskennassa tehtäville oletuksille, kuten tässä tapauksessa rakennuksen käyttöajan pituudelle ja rakennusosien uusimisjaksojen pituudelle.

Toisaalta herkkyystarkasteluilla pyrittiin havainnollistamaan sitä, minkälainen vaikutus erilaisilla rakennuksen luonnonvarojen kulutuksen pienentämiseen tähtäävillä toiminnoilla on rakennuksen MIPS-lukuihin. Näiksi toiminnoiksi valittiin tässä tutkimuksessa huonelämpötilan laskeminen, sähkönkulutuksen vähentäminen, kaiken rakennuksessa käytettävän sähkön tuottaminen tuulivoimalla sekä kaiken rakennuksessa olevan teräksen, kuparin ja alumiinin muuttaminen uusiomateriaaliksi. Näiden herkkyystarkastelujen tulokset kertovat omalta osaltaan siitä, minkälaiset toimet ovat merkittävimpiä, kun halutaan pienentää rakennuksen luonnonvarojen kulutusta.

## 6 TULOKSET

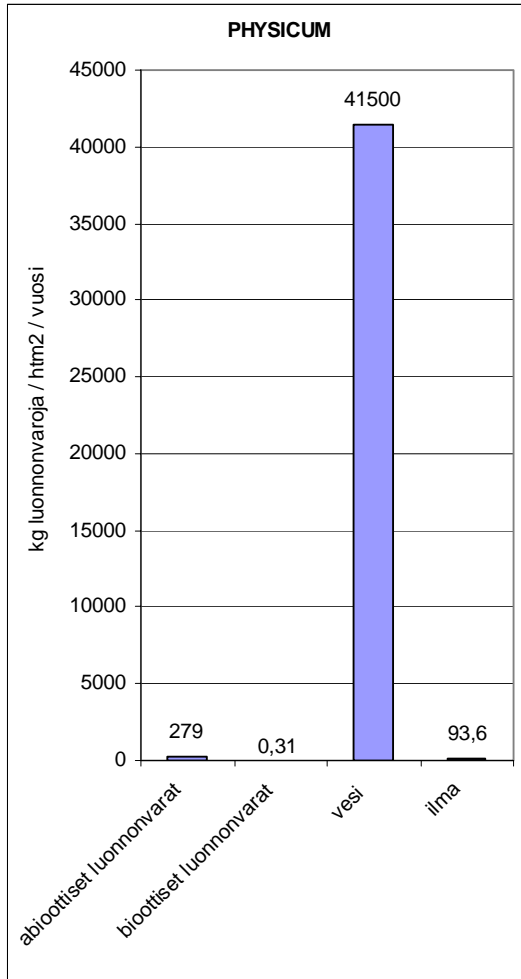
### 6.1 Peruslaskelmien tulokset

Peruslaskelmien tulokset löytyvät taulukkomuodossa liitteestä 3. Tulosten laskennassa huomioitiin louhinta (Physicum) / maankaivut (Infokeskus), täytöt, pohjarakenteet ja vahvistus (Infokeskus), perustukset, kantavat väliseinät, pilarit, laatat, palkit, ulkoseinät, yläpohjat, vesikate, lattioiden pintavalu, kevyet väliseinät, erityisväliseinät, talotekniikka sekä suora käytönaikainen sähkön-, lämmön- ja vedenkulutus. Alakattoja, lattiapinnoitteita ja sadevettä, joka joutuu rakennuksen vuoksi muuttamaan luonnollista kulkureittiään, ei laskettu Infokeskuksesta, koska niiden osuudet Physicumin MIPS-luvuista jäivät hyvin pieniksi (esimerkiksi 0,0-0,5 % Physicumin abioottisesta MIPS-luvusta). Niiden osuudet on vähennetty tässä luvussa esitellyistä Physicumin MIPS-luvuista, jotta kummankin rakennuksen MIPS-luvut ja luonnonvarojen kulutuksen jakaumat olisivat keskenään täysin vertailukelpoisia.

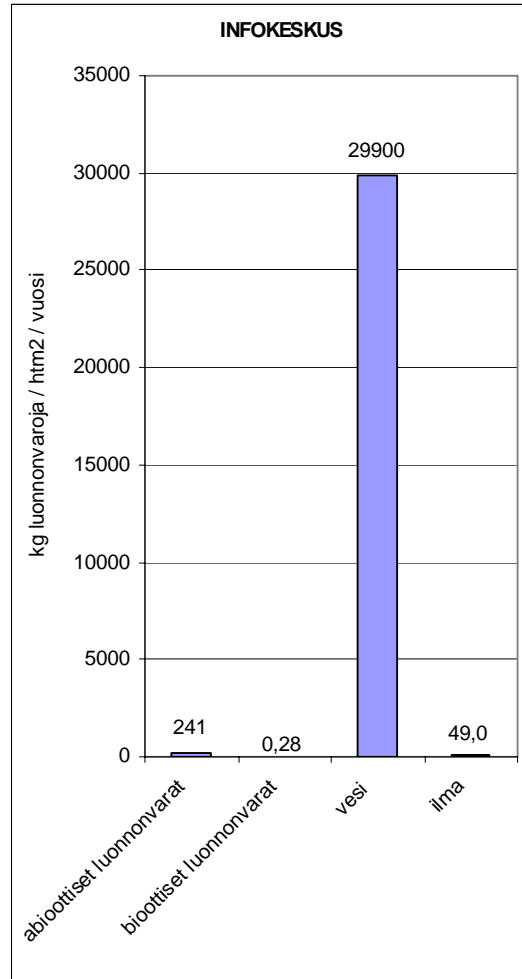
Talotekniikka laskettiin vain Physicumista, koska Infokeskuksen kohdalla tietojen saaminen oli hankalampaa ja koska talotekniikan selvittäminen oli melko työlästä ja aikaa vievää. Infokeskuksen talotekniikka laskettiin Physicumin talotekniikkaa koskevien bruttoalaa ja vuotta kohden laskettujen MIPS-lukujen avulla. Tämä tarkoittaa, että tässä tutkimuksessa oletettiin, että Infokeskuksen talotekniikan luonnonvarojen kulutus bruttoneliometriä ja vuotta kohden on yhtä suurta kuin Physicumin talotekniikan luonnonvarojen kulutus bruttoneliometriä ja vuotta kohden vähennettynä Physicumin laboratorioiden putkien osuudella. Laboratorioiden putkien osuus vähennettiin, koska Infokeskuksessa ei ole ollenkaan laboratorioita. Tässä luvussa esitettävät Infokeskuksen talotekniikan MIPS-luvut saatiin muuttamalla bruttoalaa ja vuotta kohden lasketut luvut muotoon ”kg luonnonvaroja / huoneistoala / vuosi”.

#### 6.1.1 MIPS-luvut

Physicumin MIPS-luvuiksi saatiin 279 kg abioottisia luonnonvaroja / htm<sup>2</sup> / vuosi, 0,31 bioottisia luonnonvaroja / htm<sup>2</sup> / vuosi, 41500 kg vettä / htm<sup>2</sup> / vuosi sekä 93,6 kg ilmaa / htm<sup>2</sup> / vuosi. Infokeskuksen MIPS-luvuiksi saatiin 241 kg abioottisia luonnonvaroja / htm<sup>2</sup> / vuosi, 0,28 kg bioottisia luonnonvaroja / htm<sup>2</sup> / vuosi, 29900 kg vettä / htm<sup>2</sup> / vuosi sekä 49,0 kg ilmaa / htm<sup>2</sup> / vuosi. Sekä Physicumin että Infokeskuksen tapauksessa bioottiset MIPS-luvut jäivät hyvin pieniksi, kun taas vesi-MIPS-luvut ovat todella suuria (ks. kuvat 7 ja 8).

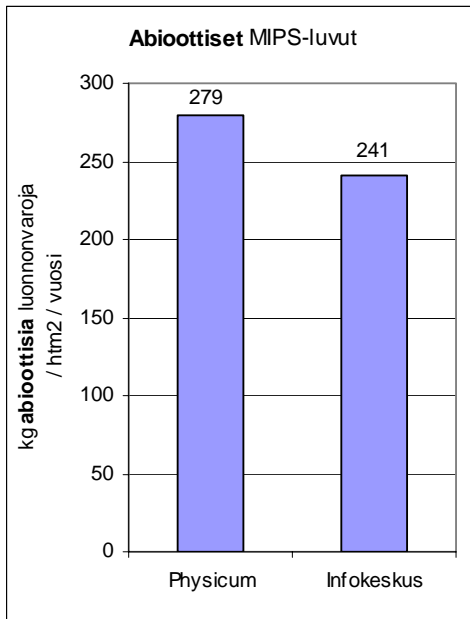


**Kuva 7.** Physicum MIPS-luvut.

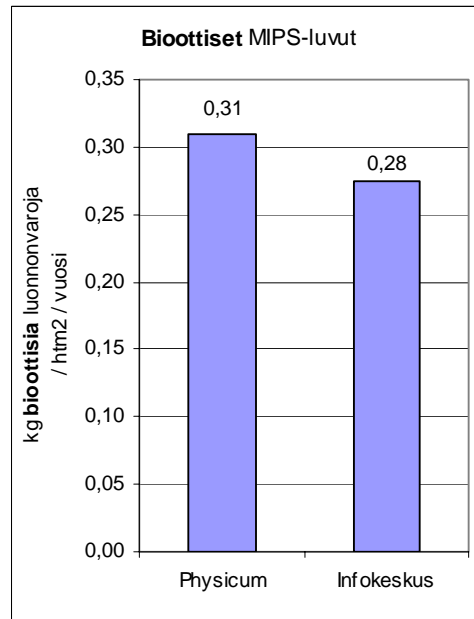


**Kuva 8.** Infokeskuksen MIPS-luvut.

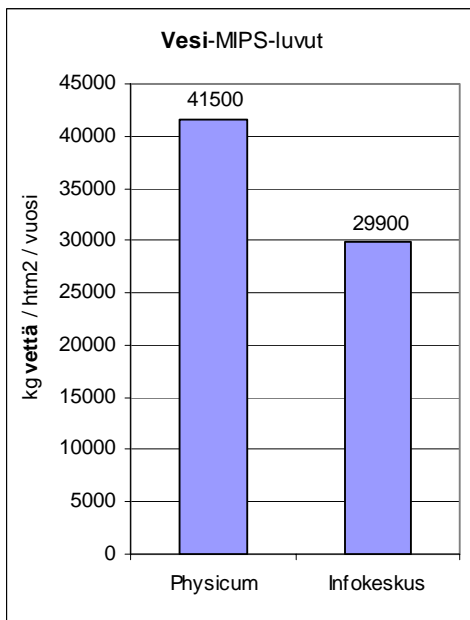
Physicum MIPS-luvut ovat jokaisessa luonnonvarakategoriassa suuremmat kuin Infokeskuksen. Selkeimmät erot löytyvät ilma- ja vesi-MIPS-luvuista: Physicum ilma-MIPS on 91 % suurempi kuin Infokeskuksen ja vesi-MIPS 39 % suurempi. Abioottisen ja bioottisen MIPS-luvun tapauksessa erot jäivät pienemmiksi: Physicum abioottinen MIPS-luku on 16 % suurempi ja bioottinen MIPS-luku 11 % suurempi kuin Infokeskuksen. (ks. kuvat 9-12)



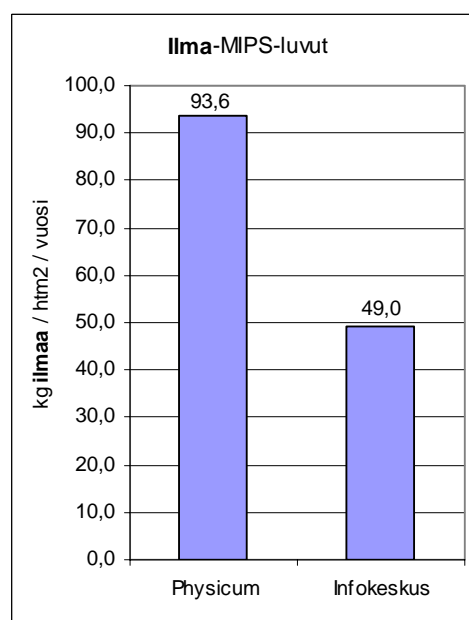
**Kuva 9.** Physicum ja Infokeskuksen abioottiset MIPS-luvut.



**Kuva 10.** Physicum ja Infokeskuksen bioottiset MIPS-luvut.



**Kuva 11.** Physicum ja Infokeskuksen vesi-MIPS-luvut.

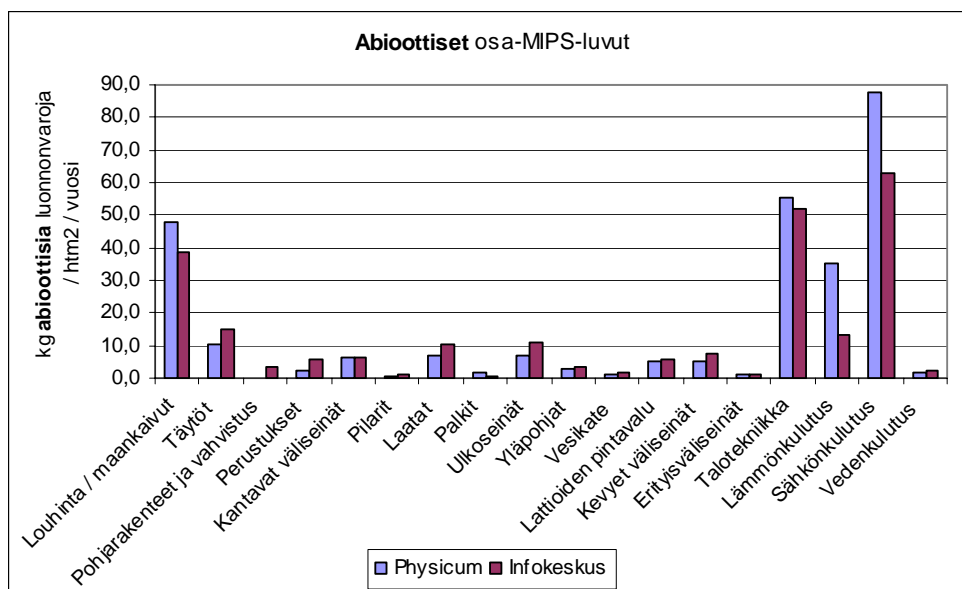


**Kuva 12.** Physicum ja Infokeskuksen ilma-MIPS-luvut.

### 6.1.2 Osa-MIPS-luvut

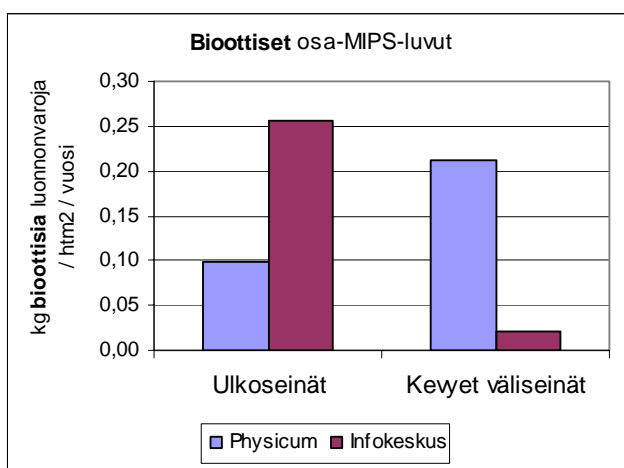
Osa-MIPS-luvuilla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa niitä eri rakennusosien ja rakennukseen liittyvien toimintojen MIPS-lukuja, joista luvussa 6.1.1 esitellyt rakennuksen kokonais-MIPS-luvut koostuvat. Niiden avulla voidaan vertailla Physicum ja Infokeskuksen eri osien luonnonvarojen kulutusta toisiinsa.

Sekä Physicumin että Infokeskuksen tapauksessa kolme merkittävintä abiottisten luonnonvarojen kuluttajaa ovat sähkönkulutus, talotekniikka sekä louhinta / maankaivut. Physicumin lämmönkulutuksen abiottinen MIPS-luku erottuu myös huomattavan suurena. Louhinnan / maankaivujen, talotekniikan sekä lämmön- ja sähkönkulutuksen tapauksessa Infokeskuksen abiottiset MIPS-luvut ovat pienempiä kuin Physicumin. Sähkön- ja erityisesti lämmönkulutuksen tapauksessa rakennusten väliset erot ovat huomattavia. Muiden osien abiottisten luonnonvarojen kulutus on vähäisempää, mutta on havaittavissa, että näiden jäljelle jäävien osien tapauksessa Infokeskuksen abiottiset MIPS-luvut ovat jonkin verran suurempia tai samaa suuruusluokkaa kuin Physicumin. (ks. kuva 13)



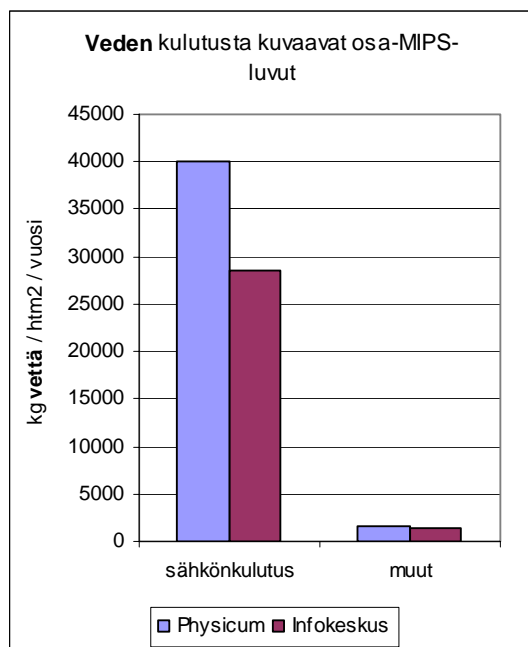
**Kuva 13.** Physicumin ja Infokeskuksen abiottiset osa-MIPS-luvut.

Bioottisten luonnonvarojen kulutus jakautui kummankin rakennuksen kohdalla vain ulkoseinien ja kevyiden väliseinien välille eli muut rakennusosat eivät kuluttaneet ollenkaan bioottisia luonnonvaroja. Infokeskuksen ulkoseinien bioottinen MIPS-luku oli selvästi Physicumin vastaavaa lukua suurempi, kun taas kevyiden väliseinien tapauksessa suhde oli päinvastainen. (ks. kuva 14)

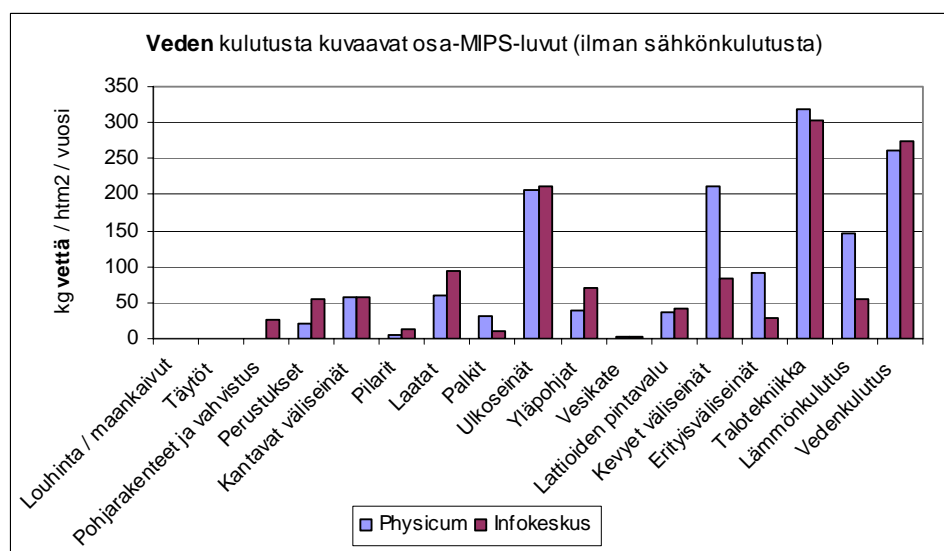


**Kuva 14.** Physicumin ja Infokeskuksen bioottiset osa-MIPS-luvut.

Sähkönkulutus aiheutti kummankin rakennuksen tapauksessa selvästi suurimman veden kulutuksen muihin rakennusosiin verrattuna (ks. kuva 15). Tarkasteltaessa muiden tekijöiden kuin sähkönkulutuksen aiheuttamaa veden kulutusta, huomataan, että talotekniikka, suora vedenkulutus rakennuksessa, ulkoseinät sekä kevyet väliseinät (Physicum) ovat seuraavaksi suurimmat veden kuluttajat (ks. kuva 16). On syytä korostaa, että niiden aiheuttama veden kulutus on kuitenkin aivan eri suuruusluokkaa kuin sähkönkulutuksen aiheuttama veden kulutus.



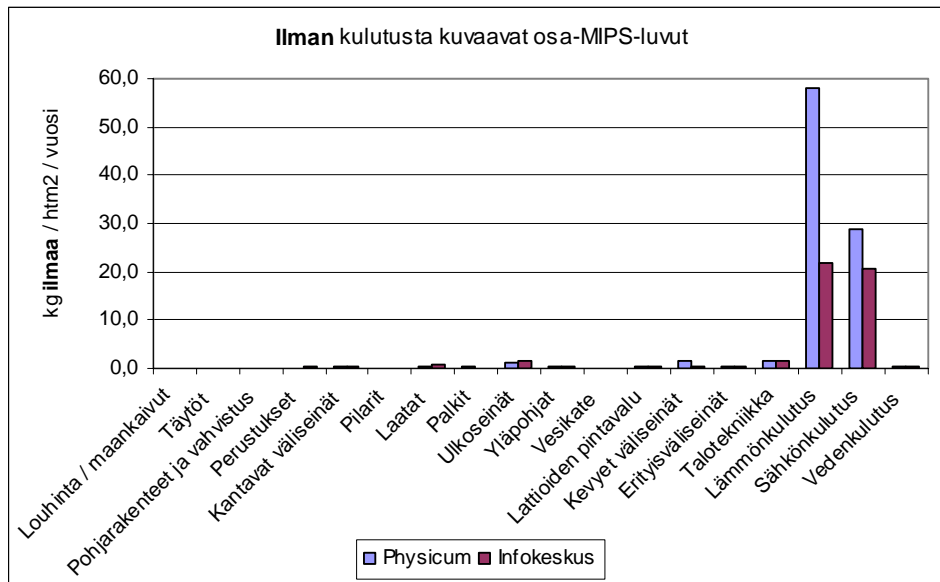
**Kuva 15.** Physicum ja Infokeskuksen veden kulutusta kuvaavat osa-MIPS-luvut.



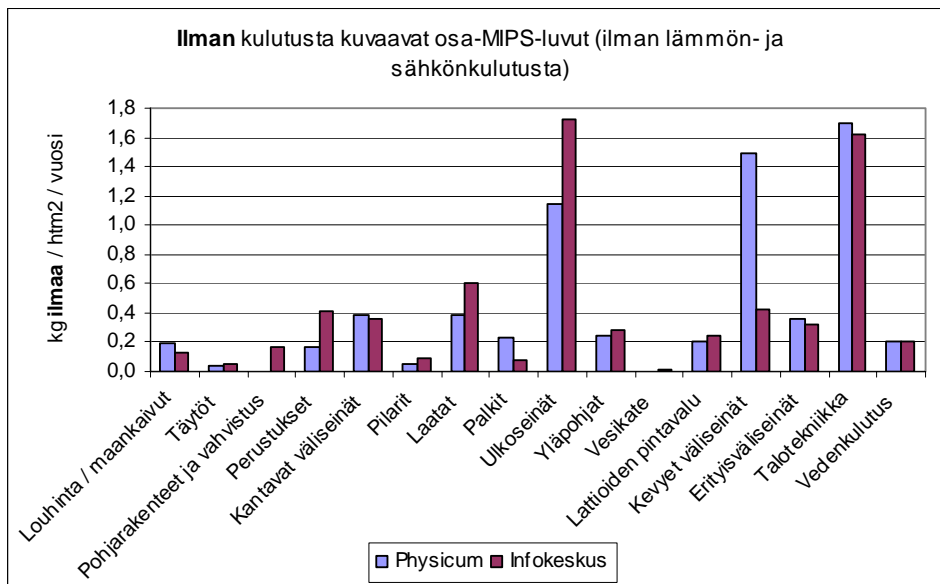
**Kuva 16.** Physicum ja Infokeskuksen veden kulutusta kuvaavat osa-MIPS-luvut (ilman sähkönkulutusta).



Kummankin rakennuksen tapauksessa lämmönkulutus ja sähkönkulutus ovat kaksi suurinta ilman kuluttajaa. Silmiinpistävää on, että Infokeskuksen lämmönkulutuksen ilma-MIPS-luku on yli puolet pienempi kuin Physicum. Myös Infokeskuksen sähkönkulutuksen ilma-MIPS-luku jäi pienemmäksi kuin Physicum. (ks. kuva 17) Seuraavaksi suurimmat ilman kuluttajat ovat talotekniikka, ulkoseinät (erityisesti Infokeskus) ja kevyet väliseinät (erityisesti Physicum). (ks. kuva 18) Niiden aiheuttama ilman kulutus on kuitenkin aivan eri suuruusluokkaa kuin lämmön- ja sähkönkulutuksen.



**Kuva 17.** Physicum ja Infokeskuksen ilman kulutusta kuvaavat osa-MIPS-luvut.

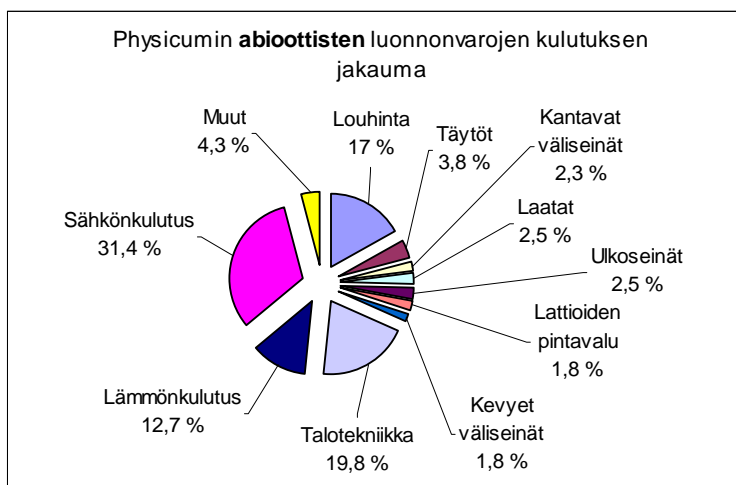


**Kuva 18.** Physicum ja Infokeskuksen ilman kulutusta kuvaavat osa-MIPS-luvut (ilman lämmön- ja sähkönkulutusta).

### 6.1.3 Luonnonvarojen kulutuksen prosenttijakaumat

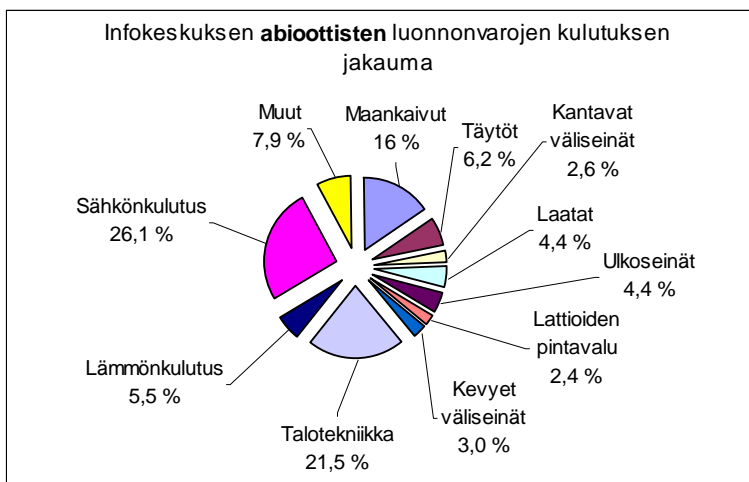
Luonnonvarojen kulutuksen prosenttijakaumat kuvaavat eri rakennusosien ja toimintojen merkitystä rakennuksen MIPS-luvun muodostumisessa. Tässä luvussa esitellyissä piirakkadiagrammeissa on pääsääntöisesti yhdistetty ne rakennusosat ja toiminnot ”Muut” - otsikon alle, joiden osuus rakennuksen MIPS-luvusta on alle 1 %.

Physicumin tapauksessa merkittävimmät abioottisten luonnonvarojen kulutusta aiheuttavat osat ja toiminnot ovat sähkönkulutus, talotekniikka, louhinta ja lämmönkulutus. Näiden osuus on enemmän kuin 10 % Physicumin abioottisesta MIPS-luvusta. Sähkönkulutus on huomattavin tekijä Physicumin abioottisen MIPS-luvun muodostumisessa. (ks. kuva 19)



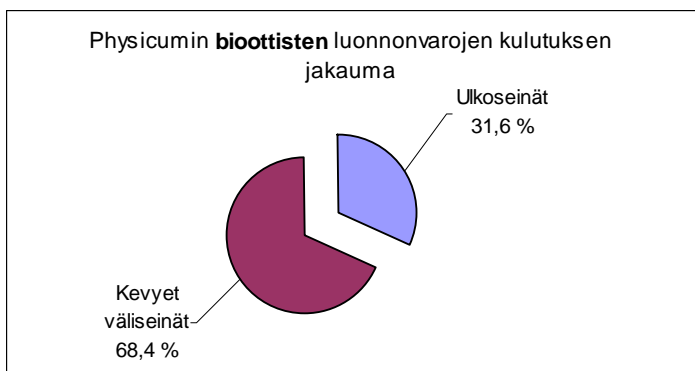
**Kuva 19.** Physicumin abioottisten luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen eri tekijöiden kesken.

Infokeskuksen abioottisen MIPS-luvun muodostumisessa merkittävimmät tekijät ovat sähkönkulutus, talotekniikka ja maankaivut. Lämmönkulutuksen merkitys jää Infokeskuksen tapauksessa yli puolet pienemmäksi kuin Physicumilla. Sitä vastoin täyttöjen sekä useimpien rakennusosien osuudet Infokeskuksen abioottisesta MIPS-luvusta ovat selkeästi suurempia kuin vastaavien tekijöiden osuudet Physicumin abioottisesta MIPS-luvusta. (ks. kuva 20)

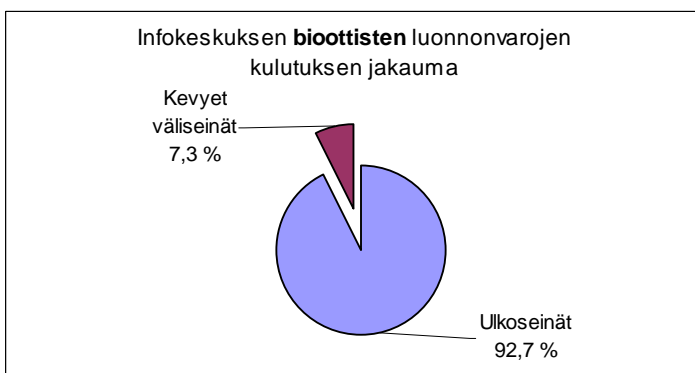


**Kuva 20.** Infokeskuksen abiottisten luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen eri tekijöiden kesken.

Physicumin tapauksessa kevyiden väliseinien osuus biottisten luonnonvarojen kulutuksesta on huomattavasti suurempi kuin ulkoseinien (ks. kuva 21). Infokeskuksen aiheuttama biottisten luonnonvarojen kulutus taas johtuu erittäin suurelta osin ulkoseinistä kevyiden väliseinien osuuden jäädessä pieneksi (ks. kuva 22).

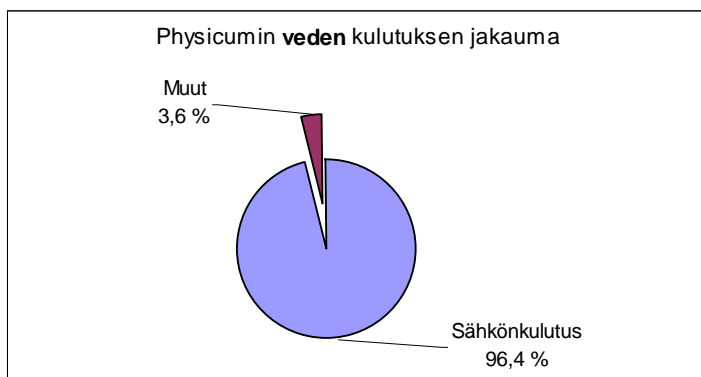


**Kuva 21.** Physicumin biottisten luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen eri tekijöiden kesken.

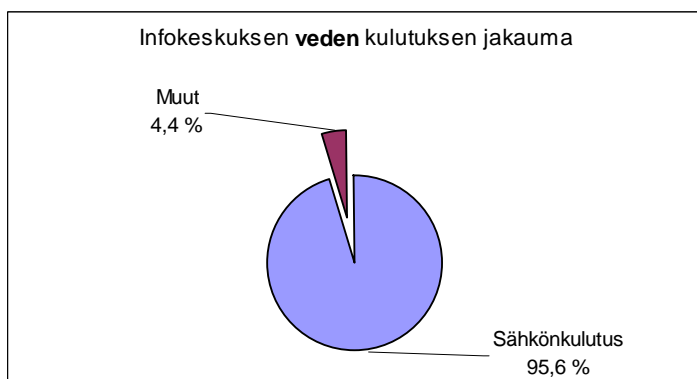


**Kuva 22.** Infokeskuksen biottisten luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen eri tekijöiden kesken.

Sekä Physicumiin että Infokeskuksen veden kulutuksesta kertovat MIPS-luvut muodostuvat melkein täysin sähkönkulutuksen aiheuttamasta veden kulutuksesta. Muiden tekijöiden vaikutus vesi-MIPS-lukuihin on näin ollen melko mitätön. (ks. kuvat 23 ja 24)

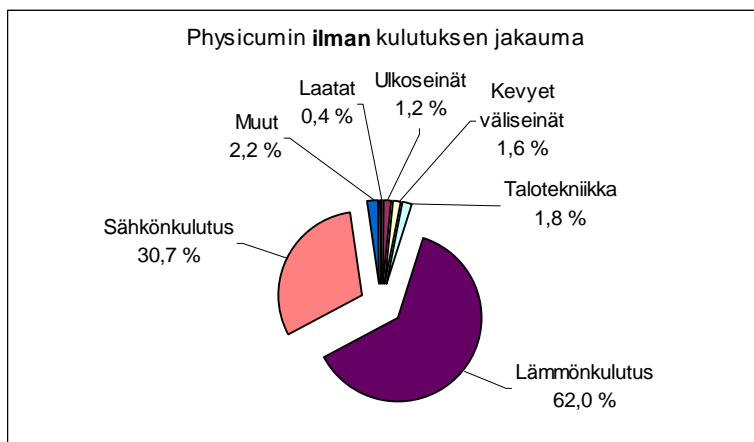


**Kuva 23.** Physicumin veden kulutuksen jakautuminen eri tekijöiden kesken.



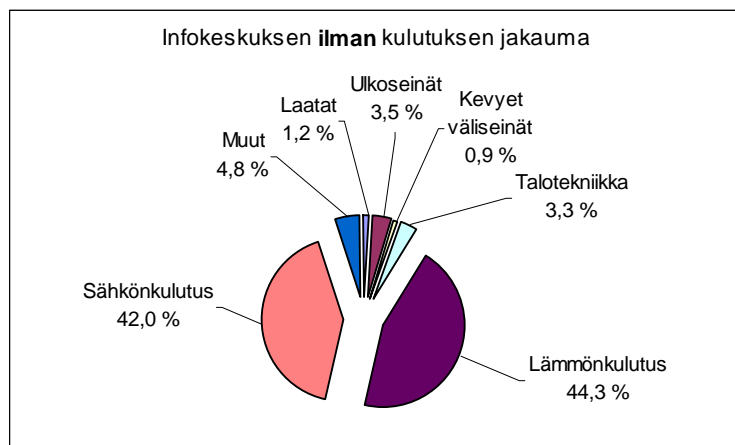
**Kuva 24.** Infokeskuksen veden kulutuksen jakautuminen eri tekijöiden kesken.

Physicumin ilman kulutuksesta vajaat kaksi kolmasosaa muodostuu lämmönkulutuksesta ja vajaa kolmasosa sähkönkulutuksesta. Muiden tekijöiden osuudet Physicumin ilma-MIPS-luvusta ovat näin ollen pieniä. (ks. kuva 25)



**Kuva 25.** Physicumin ilman kulutuksen jakautuminen eri tekijöiden kesken.

Myös Infokeskuksen ilman kulutus aiheutuu suurelta osin lämmön- ja sähkönkulutuksesta. Lämmönkulutus aiheuttaa noin 44 % Infokeskuksen ilman kulutuksesta. Sen merkitys on selvästi pienempi kuin Physicumilla. Sähkönkulutuksen osuus Infokeskuksen ilman kulutuksesta on noin 42 %, joka on puolestaan suurempi kuin Physicumilla. Jäljelle jäävien rakennusosien osuudet Infokeskuksen ilma-MIPS-luvusta ovat melko pieniä. Useimpien niistä osuudet ovat kuitenkin suurempia kuin Physicumilla. (ks. kuva 26)



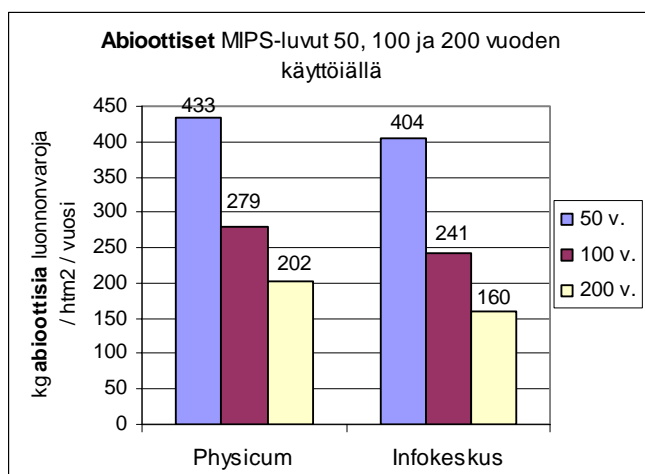
**Kuva 26.** Infokeskuksen ilman kulutuksen jakautuminen eri tekijöiden kesken.

## 6.2 Herkkyystarkastelujen tulokset

Bioottisten luonnonvarojen kulutusta ei otettu ollenkaan herkkyystarkasteluissa huomioon. Ei ole oleellista tarkastella Physicumilla ja Infokeskuksen tapauksessa sitä, miten bioottisten luonnonvarojen kulutus muuttuu tiettyjen tekijöiden muuttuessa, koska Physicumilla ja Infokeskuksen bioottiset MIPS-luvut jäivät niin pieniksi.

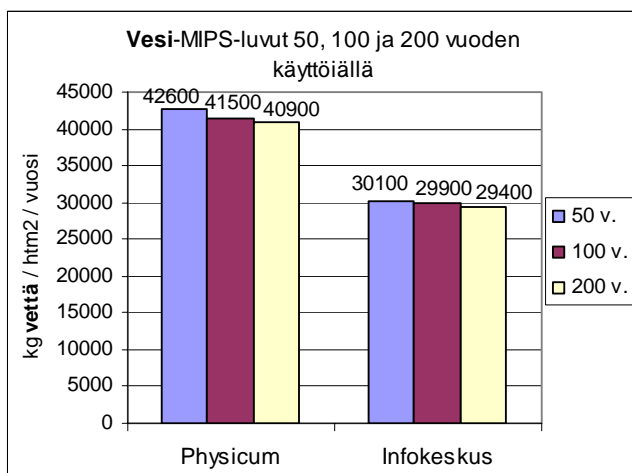
### 6.2.1 Käyttöään muuttaminen

Käyttöään tuplaaminen 100 vuodesta 200 vuoteen laskee Physicumilla abiottista MIPS-lukua 28 % ja Infokeskuksen abiottista MIPS-lukua 34 %. Käyttöään puolittaminen 100 vuodesta 50 vuoteen taas kasvattaa Physicumilla abiottista MIPS-lukua 55 % ja Infokeskuksen abiottista MIPS-lukua 68 %. Näin ollen käyttöään muuttaminen vaikuttaa enemmän Infokeskuksen abiottiseen MIPS-lukuun kuin Physicumilla. Abiottisten MIPS-lukujen käyttöikä-tarkastelusta käy myös ilmi, että käyttöään kasvaessa ero Physicumilla ja Infokeskuksen MIPS-lukujen välillä kasvaa: 50 vuoden käyttöikäällä Physicumilla abiottinen MIPS-luku on 7,2 % suurempi kuin Infokeskuksen, kun se 200 vuoden käyttöikäällä on 26 % suurempi. (ks. kuva 27)



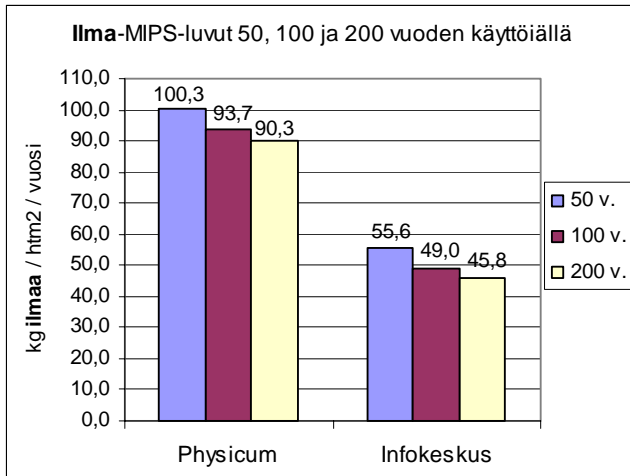
**Kuva 27.** Physicum ja Infokeskuksen abioottiset MIPS-luvut 50, 100 ja 200 vuoden käyttöiällä.

Käyttöiän muuttamisella on vain hyvin pieni vaikutus Physicum ja Infokeskuksen vesi-MIPS-lukuihin (ks. kuva 28). Esimerkiksi käyttöiän tuplaaminen 100 vuodesta 200 vuoteen pienentää Physicum vesi-MIPS-lukua 1,4 % ja Infokeskuksen vesi-MIPS-lukua 1,7 %.



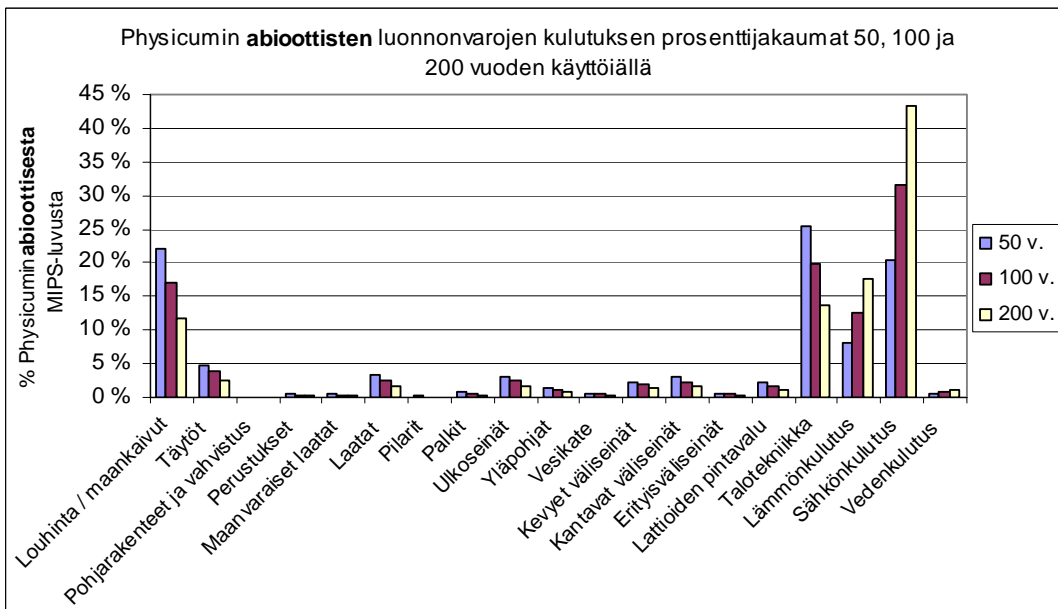
**Kuva 28.** Physicum ja Infokeskuksen veden kulutusta kuvaavat MIPS-luvut 50, 100 ja 200 vuoden käyttöiällä.

Käyttöiän tuplaaminen 100 vuodesta 200 vuoteen laskee Physicum ilma-MIPS-lukua 3,6 % ja Infokeskuksen ilma-MIPS-lukua 6,5 %. Käyttöiän puolittaminen 100 vuodesta 50 vuoteen kasvattaa Physicum ilma-MIPS-lukua 7,0 % ja Infokeskuksen ilma-MIPS-lukua 13 %. Näin ollen käyttöiän muuttaminen vaikuttaa enemmän Infokeskuksen ilma-MIPS-lukuun kuin Physicum ilma-MIPS-lukuun. (ks. kuva 29)



**Kuva 29.** Physicum ja Infokeskuksen ilman kulutusta kuvaavat MIPS-luvut 50, 100 ja 200 vuoden käyttöiällä.

Kuva 30 havainnollistaa sitä, miten käyttöiän muuttaminen vaikuttaa eri rakennusosien ja toimintojen osuuteen Physicum in abiottisesta MIPS-luvusta. Siitä näkyy selvästi, että käyttöiän kasvattaminen pienentää rakentamiseen liittyvien osien merkitystä ja kasvattaa taas käytönaikaisten toimintojen, kuten lämmön-, sähkön- ja vedenkulutuksen merkitystä. Rakentaminen tehdään vain kerran, ja mitä pidemmälle ajanjaksolle sen merkitys jaetaan, sitä pienemmäksi sen osuus jää. Lämpöä, sähköä ja vettä taas kulutetaan rakennuksessa tietty määrä joka vuosi, ja näin ollen niiden merkitys suhteessa rakentamiseen liittyviin osiin kasvaa käyttöiän myötä.

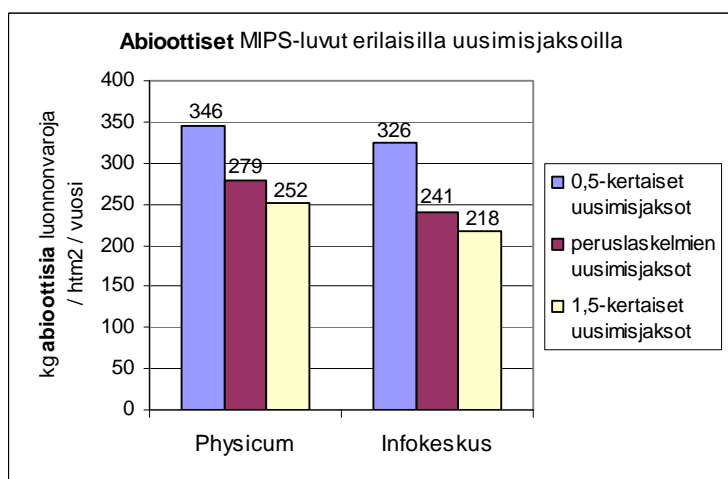


**Kuva 30.** Physicum in abiottisten luonnonvarojen kulutuksen prosenttijakaumat 50, 100 ja 200 vuoden käyttöiällä.

## 6.2.2 Uusimisjaksojen muuttaminen

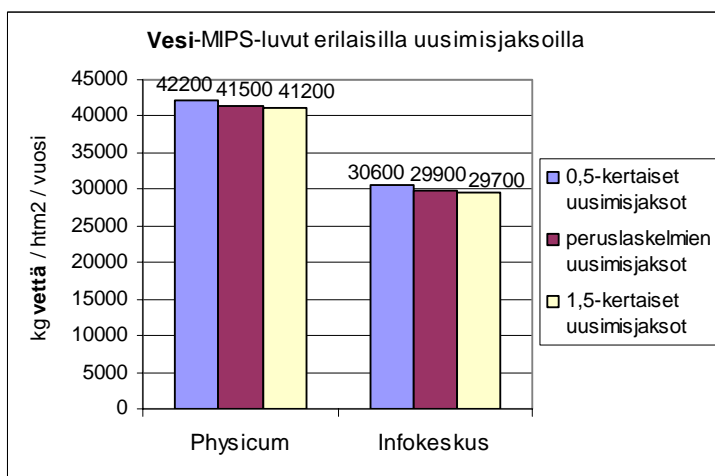
Uusimisjaksojen muuttamisen vaikutusta rakennusten MIPS-lukuihin tutkittiin vertaamalla peruslaskelmien MIPS-lukuja sellaisiin MIPS-lukuihin, jotka on laskettu puolta lyhyemmillä tai 1,5-kertaisilla uusimisjaksoilla. Peruslaskelmissa käytetyt uusimisjaksot esitetään tulosten yhteydessä liitteessä 3.

Uusimisjaksojen puolittaminen suurentaa Physicumin abioottista MIPS-lukua 24 % ja Infokeskuksen abioottista MIPS-lukua 35 %. Uusimisjaksojen 1,5-kertaistaminen pienentää Physicumin abioottista MIPS-lukua 9,7 % ja Infokeskuksen abioottista MIPS-lukua 9,5 %. (ks. kuva 31)



**Kuva 31.** Physicum ja Infokeskuksen abioottiset MIPS-luvut erilaisilla uusimisjaksoilla.

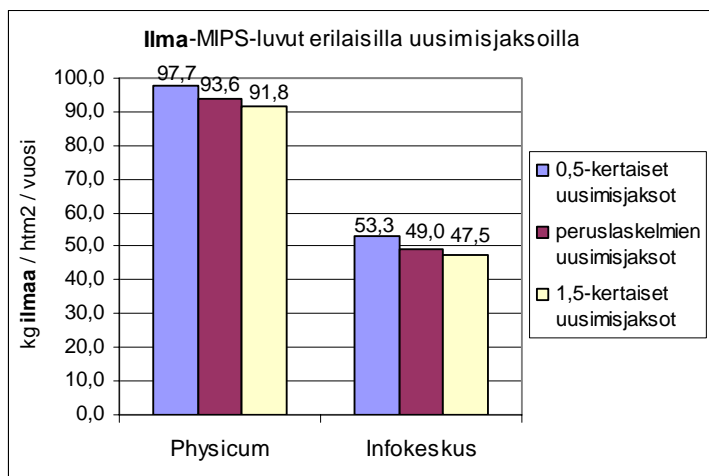
Uusimisjaksojen muuttamisella on hyvin pieni vaikutus rakennusten vesi-MIPS-lukuihin. Esimerkiksi uusimisjaksojen puolittaminen kasvattaa Physicumin vesi-MIPS-lukua 1,7 % ja Infokeskuksen vesi-MIPS-lukua 2,3 %. (ks. kuva 32)



**Kuva 32.** Physicum ja Infokeskuksen vesi-MIPS-luvut erilaisilla uusimisjaksoilla.



Uusimisjaksojen puolittaminen suurentaa Physicumin ilma-MIPS-lukua 4,4 % ja Infokeskuksen ilma-MIPS-lukua 8,8 %. Uusimisjaksojen 1,5-kertaistaminen taas pienentää Physicumin ilma-MIPS-lukua 1,9 % ja Infokeskuksen ilma-MIPS-lukua 3,1 %. Uusimisjaksojen muuttamisella on näin ollen jonkin verran suurempi vaikutus Infokeskuksen ilma-MIPS-lukuun. (ks. kuva 33)

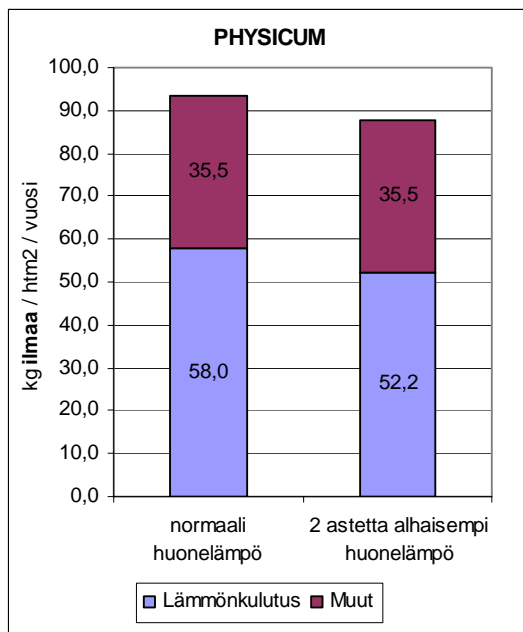


**Kuva 33.** Physicum ja Infokeskuksen ilma-MIPS-luvut erilaisilla uusimisjaksoilla.

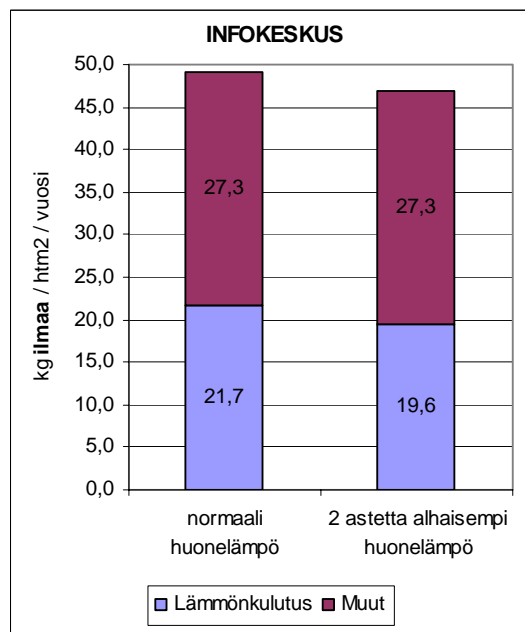
### 6.2.3 Huonelämpötilan laskeminen

Tässä huonelämpötilan laskemista koskevassa herkkyystarkastelussa oletettiin, että huonelämpötilan laskeminen kahdella celsiusasteella lämmityskauden aikana vähentää rakennuksen lämmönkulutusta noin 10 % (Motiva Oy 2004).

Huonelämpötilan laskeminen kahdella asteella pienentää Physicumin abioottista MIPS-lukua 1,1 % ja ilma-MIPS-lukua 6,2 % (ks. kuva 34). Infokeskuksen tapauksessa huonelämpötilan laskeminen vaikuttaa vähemmän: abioottinen MIPS-luku pienenee 0,4 % ja ilma-MIPS-luku 4,3 % (ks. kuva 35). Rakennusten vesi-MIPS-lukuihin huonelämpötilan laskemisella on mitätön vaikutus.



**Kuva 34.** Physicumin ilma-MIPS-luvun muuttuminen, jos huonelämpötilaa lasketaan 2 astetta lämmityskautena.

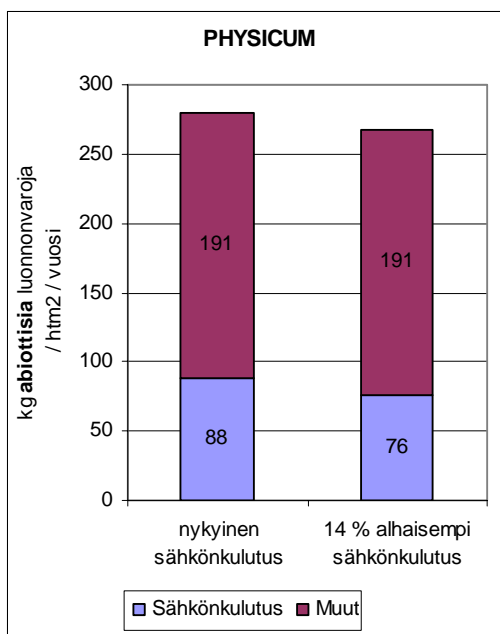


**Kuva 35.** Infokeskuksen ilma-MIPS-luvun muuttuminen, jos huonelämpötilaa lasketaan 2 astetta lämmityskautena.

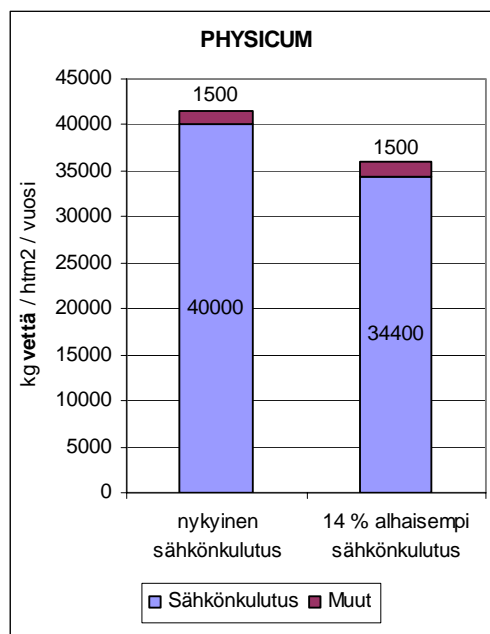
#### 6.2.4 Sähkökulutuksen vähentäminen

Tässä sähkökulutuksen vähentämistä kuvaavassa herkkyystarkastelussa oletettiin, että rakennuksen sähkökulutuksesta 30 % aiheutuu talotekniikasta ja 70 % rakennuksen käyttäjien aiheuttamasta sähkökulutuksesta, kuten esimerkiksi tietokoneiden ja valaistuksen käytöstä (tekninen isännöitsijä Jarmo Ilmoniemi, Helsingin yliopiston tekninen osasto, henkilökohtainen tiedonanto 24.10.2003). Tässä herkkyystarkastelussa tutkittiin, miten suuri vaikutus MIPS-lukuihin on sillä, jos edellä mainittua 70 prosentin osuutta vähennettäisiin 20 prosenttia. Tällöin kokonaissähkökulutus pienenesi 14 %.

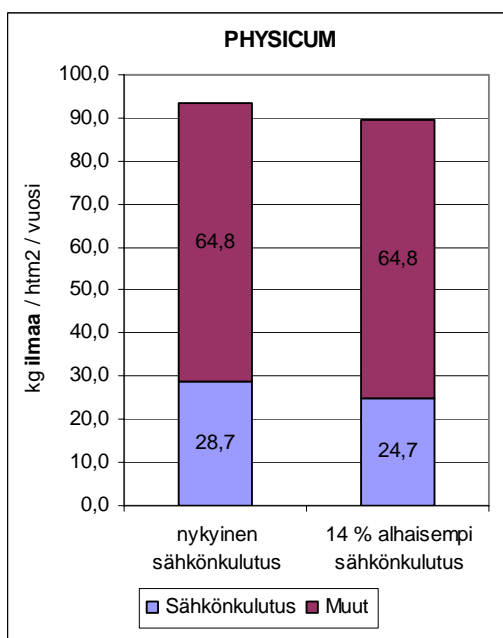
Kokonaissähkökulutuksen vähentäminen 14 prosentilla pienentää Physicumin abioottista MIPS-lukua 4,3 % (ks. kuva 36), vesi-MIPS-lukua 13 % (ks. kuva 37) sekä ilma-MIPS-lukua 4,3 % (ks. kuva 38). Infokeskuksen tapauksessa abioottinen MIPS-luku pienenee 3,7 % (ks. kuva 39), vesi-MIPS-luku 13 % (ks. kuva 40) ja ilma-MIPS-luku 5,9 % (ks. kuva 41).



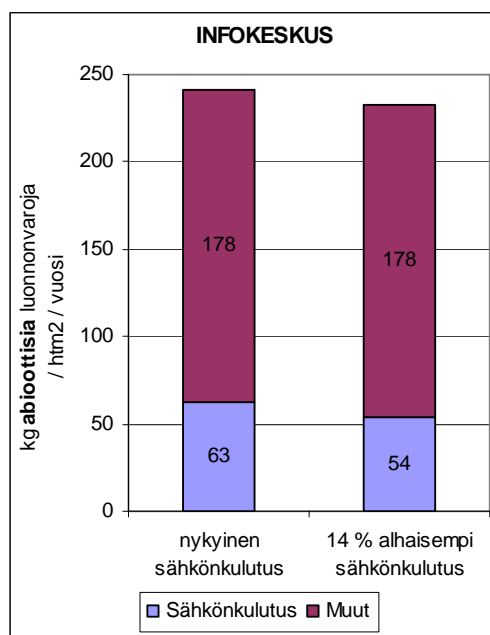
**Kuva 36.** Physicumin abioottisen MIPS-luvun muuttuminen, jos kokonaissähkönkulutusta vähennetään 14 %.



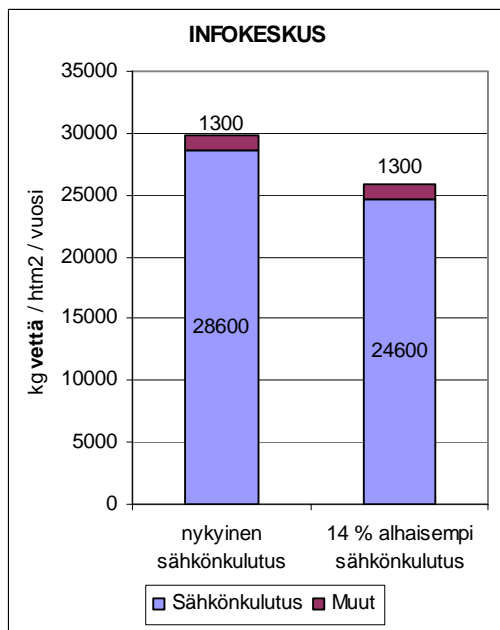
**Kuva 37.** Physicumin vesi-MIPS-luvun muuttuminen, jos kokonaissähkönkulutusta vähennetään 14 %.



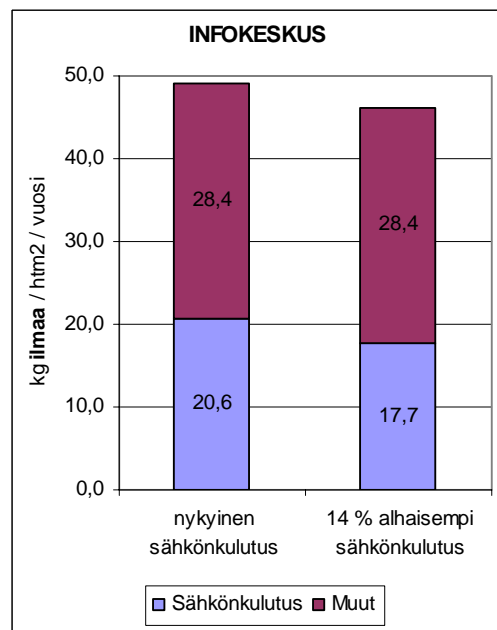
**Kuva 38.** Physicumin ilma-MIPS-luvun muuttuminen, jos kokonaissähkönkulutusta vähennetään 14 %.



**Kuva 39.** Infokeskuksen abioottisen MIPS-luvun muuttuminen, jos kokonaissähkönkulutusta vähennetään 14 %.



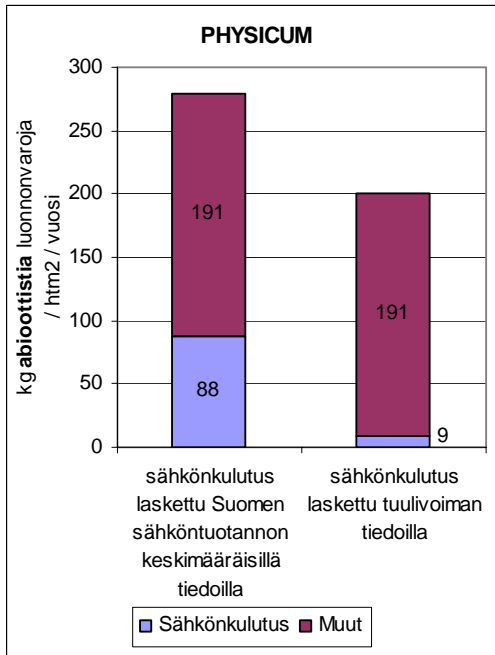
**Kuva 40.** Infokeskuksen vesi-MIPS-luvun muuttuminen, jos kokonaissähkönkulutusta vähennetään 14 %.



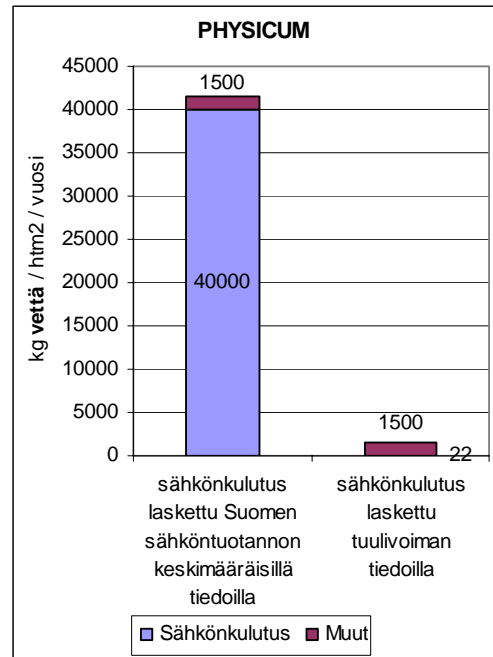
**Kuva 41.** Infokeskuksen ilma-MIPS-luvun muuttuminen, jos kokonaissähkönkulutusta vähennetään 14 %.

### 6.2.5 Kaiken rakennuksessa käytettävän sähkön tuottaminen tuulivoimalla

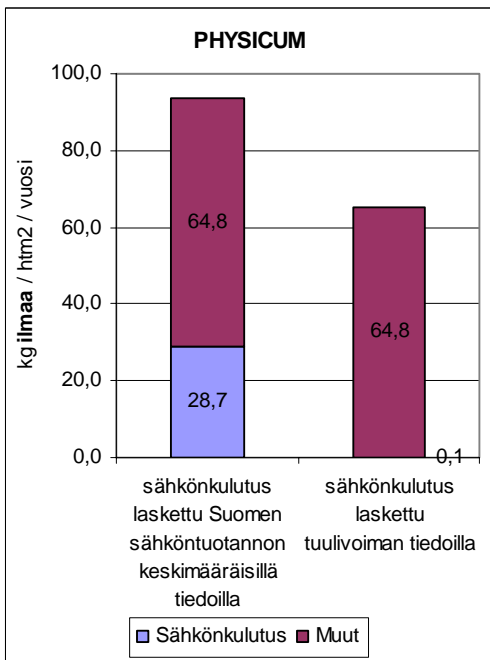
Jos kaikki rakennuksessa käytettävä sähkö tuotettaisiin tuulivoimalla, Physicumin abioottinen MIPS-luku pienenesi 28 % (ks. kuva 42), vesi-MIPS-luku 96 % (ks. kuva 43) ja ilma-MIPS-luku 31 % (ks. kuva 44) verrattuna tilanteeseen, jossa sähkönkulutuksen MIPS-luvut on laskettu Suomen sähköntuotannon keskimääräisillä materiaali-intensiteettitiedoilla. Infokeskuksen tapauksessa abioottinen MIPS-luku pienenesi 23 % (ks. kuva 45), vesi-MIPS-luku 96 % (ks. kuva 46) ja ilma-MIPS-luku 42 % (ks. kuva 47). Eli sähkön tuottaminen tuulivoimalla pienentäisi kummankin rakennuksen luonnonvarojen kulutusta merkittävästi, erityisesti veden kulutusta.



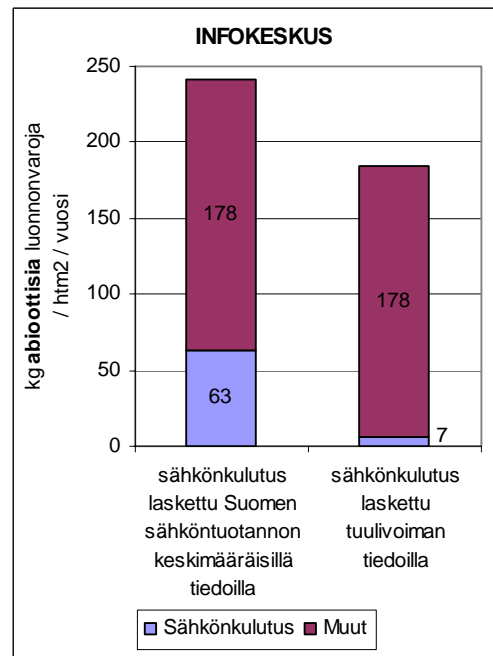
**Kuva 42.** Physicumin abioottisen MIPS-luvun muuttuminen, jos kaikki rakennuksessa käytettävä sähkö tuotettaisiin tuulivoimalla.



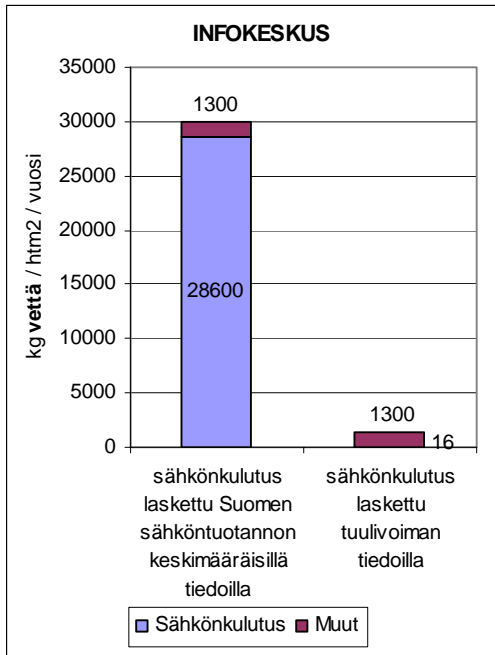
**Kuva 43.** Physicumin vesi-MIPS-luvun muuttuminen, jos kaikki rakennuksessa käytettävä sähkö tuotettaisiin tuulivoimalla.



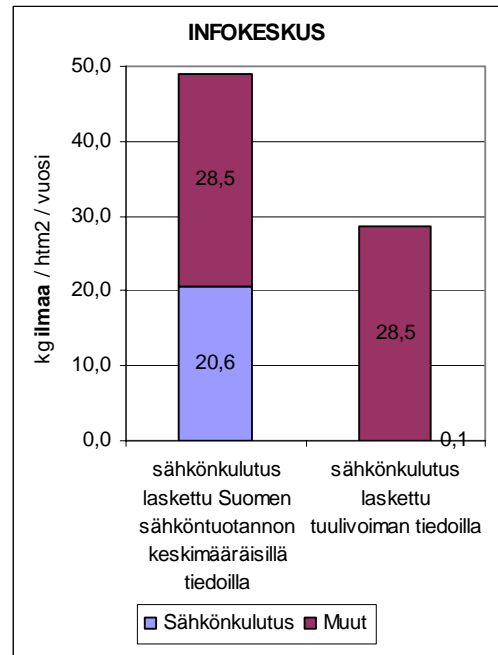
**Kuva 44.** Physicumin ilma-MIPS-luvun muuttuminen, jos kaikki rakennuksessa käytettävä sähkö tuotettaisiin tuulivoimalla.



**Kuva 45.** Infokeskuksen abioottisen MIPS-luvun muuttuminen, jos kaikki rakennuksessa käytettävä sähkö tuotettaisiin tuulivoimalla.



**Kuva 46.** Infokeskuksen vesi-MIPS-luvun muuttuminen, jos kaikki rakennuksessa käytettävä sähkö tuotettaisiin tuulivoimalla.

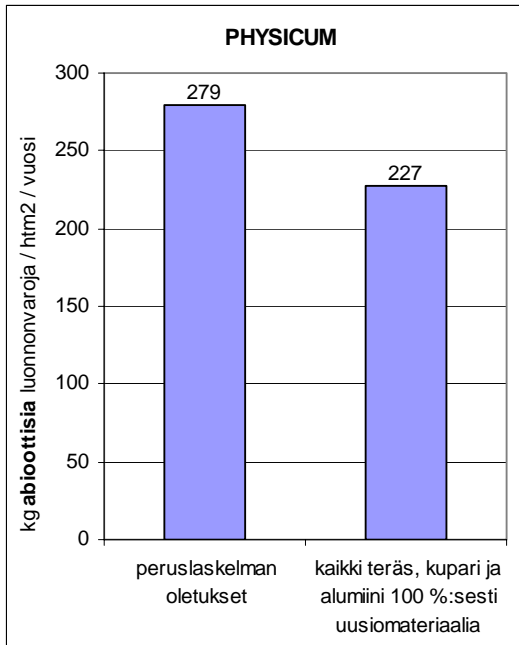


**Kuva 47.** Infokeskuksen ilma-MIPS-luvun muuttuminen, jos kaikki rakennuksessa käytettävä sähkö tuotettaisiin tuulivoimalla.

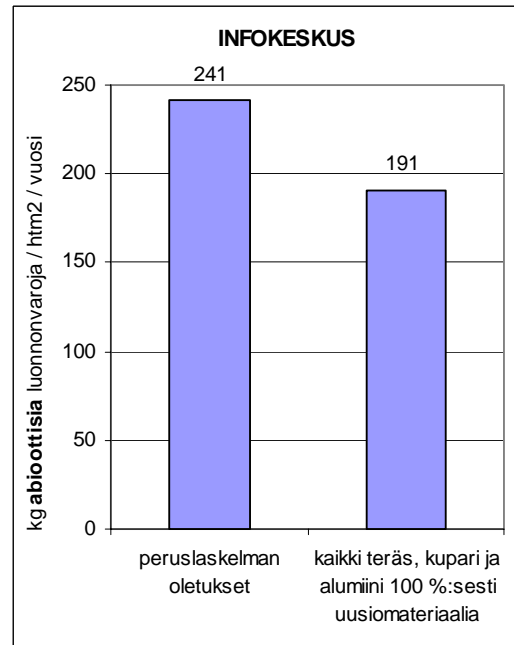
### 6.2.6 Kaiken rakennuksessa olevan teräksen, kuparin ja alumiinin muuttaminen uusiomateriaaliksi

Peruslaskelmassa oletettiin, että kaikki Physicumissa ja Infokeskuksessa oleva teräs on neitseellistä terästä. Kuparin ja alumiinin osalta pyrittiin selvittämään tai edes arvioimaan, kuinka suuri osuus on neitseellistä ja kuinka suuri osuus on kierrätysmateriaalia. Laskennassa käytetyt tiedot ja arviot lähteineen löytyvät rakennusosittain esitettyinä liitteestä 1.

Tässä herkkyystarkastelussa verrattiin peruslaskelman tilannetta sellaiseen tilanteeseen, jossa kaikki rakennuksessa oleva teräs, kupari ja alumiini on muutettu täysin uusiomateriaaliksi. Physicumin abioottinen MIPS-luku laskee tällöin 19 % (ks. kuva 48) ja Infokeskuksen abioottinen MIPS-luku 21 % (ks. kuva 49). Ilma-MIPS-lukuihin tällä on vain pieni vaikutus: Physicumin ilma-MIPS-luku laskee 1,0 % ja Infokeskuksen ilma-MIPS-luku 2,2 %. Edellä mainittujen metallien uusiomateriaaliksi muuttamisella on mitätön vaikutus Physicumin ja Infokeskuksen vesi-MIPS-lukuihin.



**Kuva 48.** Physicumin abioottisen MIPS-luvun muuttuminen, jos kaikki rakennuksessa oleva teräs, kupari ja alumiini muutettaisiin uusiomateriaaliksi.



**Kuva 49.** Infokeskuksen abioottisen MIPS-luvun muuttuminen, jos kaikki rakennuksessa oleva teräs, kupari ja alumiini muutettaisiin uusiomateriaaliksi.

## 7 TULOSTEN TARKASTELU

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää Physicum ja Infokeskuksen luonnonvarojen kulutuksen suuruus ja jakautuminen eri rakennusosien ja rakennuksiin liittyvien toimintojen välillä sekä vertailla rakennusten tuloksia toisiinsa. Tarkoituksena oli myös selvittää tiettyjen tekijöiden muuttumisen vaikutus Physicum ja Infokeskuksen luonnonvarojen kulutukseen. Saatujen tulosten pohjalta oli tarkoitus esittää suosituksia siitä, mihin asioihin kannattaa kiinnittää huomiota, kun rakennuksen luonnonvarojen kulutusta halutaan pienentää.

Physicum luonnonvarojen kulutukseksi saatiin 279 kg abioottisia luonnonvaroja / htm2 / vuosi, 0,31 bioottisia luonnonvaroja / htm2 / vuosi, 41500 kg vettä / htm2 / vuosi sekä 93,6 kg ilmaa / htm2 / vuosi. Infokeskuksen luonnonvarojen kulutukseksi saatiin 241 kg abioottisia luonnonvaroja / htm2 / vuosi, 0,28 kg bioottisia luonnonvaroja / htm2 / vuosi, 29900 kg vettä / htm2 / vuosi sekä 49,0 kg ilmaa / htm2 / vuosi. Bioottisten luonnonvarojen kulutus oli näin ollen todella pientä, ja voidaankin todeta, että bioottisten luonnonvarojen kulutus ei ole merkityksellistä Physicum ja Infokeskuksen kaltaisten rakennusten tapauksessa. Veden kulutus oli sitä vastoin huomattavan suurta verrattuna muihin MIPS-lukuihin. Infokeskuksen luonnonvarojen kulutus oli jokaisessa MIPS-kategoriassa vähäisempää kuin Physicumilla. Suurin ero rakennusten välillä oli ilman kulutuksessa: Physicum ilma-MIPS-luku oli lähes kaksinkertainen verrattuna Infokeskuksen ilma-MIPS-lukuun.

Physicum ja Infokeskuksen abioottisten luonnonvarojen kulutuksen syntymisessä merkittävimmät tekijät olivat sähkönkulutus, talotekniikka sekä louhinta / maankaivut. Sähkönkulutus muodosti vajaan kolmasosan abioottisten luonnonvarojen kulutuksesta,

talotekniikka noin viidesosan sekä louhinta / maankaivut vajaan viidesosan. Physicum tapauksessa myös lämmönkulutus muodosti melko suuren osuuden (13 %).

Talotekniikka on merkittävä abioottisten luonnonvarojen kuluttaja sen vuoksi, että se sisältää paljon kuparia, jonka abioottinen MI-kerroin on suuri. Talotekniikka sisältää myös suuria massoja terästä, josta myös aiheutuu abioottisten luonnonvarojen kulutusta. Louhitun kiven ja kaivetun maan abioottiset MI-kertoimet eivät ole suuria, mutta oman suuren massansa vuoksi ne aiheuttavat melko ison osuuden rakennuksen abioottisesta MIPS-luvusta. Sähkön ja lämmön tuotannossa kuluu abioottisia luonnonvaroja, kuten esimerkiksi kivihiililtä, ja sen vuoksi ne nousivat merkittävien abioottisten luonnonvarojen kuluttajien joukkoon.

Bioottisten luonnonvarojen kulutus jakautui vain ulkoseinien ja kevyiden väliseinien välille sekä Physicum tapauksessa. Physicum bioottisten luonnonvarojen kulutuksesta suurin osa aiheutui kevyistä väliseinistä, kun taas Infokeskuksella ulkoseinät aiheuttivat selkeästi suurimman osan bioottisten luonnonvarojen kulutuksesta. Tulokset selittyvät sillä, että Infokeskuksen kevyet väliseinät ovat lähinnä teräsrunkoisia kipsikartonkilevyisiä, jotka eivät kovin paljon sisällä eloperäistä materiaalia, kun taas Infokeskuksen sisääntuloaukiota reunustavien ulkoseinien pinnalla on julkisivusäleikkö, joka on kuusipuuta. Physicum ulkoseinissä ei ole kovin paljon käytetty puuta, kun taas kevyet väliseinät ovat Physicumissa pääasiassa kertopuurunkoisia lastulevyväliseiniä.

Rakennusten veden kulutuksesta noin 96 % johtui kummankin rakennuksen kohdalla sähkönkulutuksesta. Tämä selittyy sähköntuotannon suurella vesi-MI-kertoimella. Sähkönkulutus määrää näin ollen lähes täysin Physicum ja Infokeskuksen veden kulutuksen suuruuden. Tosin tässä tutkimuksessa käytetty Suomen sähköntuotannon vesi-MI-kerroin on erityisen karkea arvio, joten sekä rakennusten vesi-MIPS-lukuihin että veden kulutuksen prosenttijakaumaan liittyy erityisiä epävarmuustekijöitä. Niihin tulee näin ollen suhtautua varauksella. Kuitenkin tulokset antavat viitteitä siitä, että sähkönkulutus olisi merkittävä tekijä rakennuksen veden kulutuksen muodostumisessa.

Ilman kulutuksen määräytymisessä tärkeimmät tekijät olivat lämmön- ja sähkönkulutus. Physicum tapauksessa ne muodostivat yhdessä 93 % ilman kulutuksesta, kun taas Infokeskuksen ilman kulutus jakautui hieman tasaisemmin myös muiden rakennusosien välille. Lämmönkulutuksen osuus Physicum ilma-MIPS-luvusta oli selvästi suurempi kuin lämmönkulutuksen osuus Infokeskuksen ilma-MIPS-luvusta. Sähkönkulutuksen tapauksessa tilanne oli päinvastainen. Lämmön- ja sähkönkulutuksen nouseminen merkittävimmiten ilman kulutuksen aiheuttajiksi selittyy sillä, että lämmön ja sähkön tuottaminen perustuu suurelta osin polttoprosesseihin, joissa kuluu runsaasti happea.

MIPS-laskennan tulosten perusteella voidaan todeta, että Infokeskuksen luonnonvarojen kulutuksen määräytymisessä rakentamiseen liittyvillä toiminnoilla ja rakennusosilla on suurempi merkitys kuin Physicum tapauksessa. Vastaavasti Infokeskuksen luonnonvarojen kulutuksen määräytymisessä käytön aikaisella sähkön- ja erityisesti lämmönkulutuksella on pienempi merkitys kuin Physicum tapauksessa.

Infokeskuksen vähäisempää lämmönkulutusta, ja sähkönkulutustakin, selittää varmasti omalta osaltaan Infokeskuksen energiaa säästäväksi suunniteltu kaksoisjulkisivu (ks. luku 4.3). Toisaalta myös erilainen toiminta näissä kahdessa rakennuksessa on yksi selittävä tekijä: Infokeskuksessa ei ole laboratorioita, kun taas Physicumissa niitä on runsaasti. Laboratorioiden vetokaappien kautta imetään suuria ilmamääriä ulos rakennuksesta: noin 150



l/s, kun vetokaappi on käytössä ja noin 70 l/s silloinkin, kun vetokaappia ei käytetä. Koska Physicum in vetokaappien poistoilmasta ei oteta lämpöä talteen, karkaa sen mukana lämpöä ulos rakennuksesta. (tekninen isännöitsijä Olli Moisio, Helsingin yliopiston tekninen osasto, henkilökohtainen tiedonanto 30.1.2004.) Tämä kasvattaa rakennuksen lämmönkulutusta.

Yksi syy Infokeskuksen pienempään lämmönkulutukseen on myös se, että Infokeskuksen rakentamisen materiaalivirrat on laskettu rakennusosa-arviosta, joka on ajalta, jolloin Infokeskuksesta suunniteltiin suurempaa kuin minkälaisena se loppujen lopuksi toteutettiin, ja Infokeskuksen energiankulutuksen MIPS-luvut on taas laskettu Infokeskuksen todellisten, mitattujen kulutuslukujen perusteella eli suunniteltua pienemmästä rakennuksesta. Suunnitellun ja toteutuneen Infokeskuksen kokoero ei kuitenkaan ole suuri: toteutuneen rakennuksen bruttoala on noin 2 % pienempi kuin alunperin suunnitellun. Näin ollen tällä ei ole kovin suurta vaikutusta.

Rakennuksen käyttöiän ja uusimisjaksojen muuttaminen vaikutti merkittävästi kummankin rakennuksen abioottisiin MIPS-lukuihin sekä jonkin verran ilma-MIPS-lukuihin. Vesi-MIPS-lukuihin käyttöiän ja uusimisjaksojen muuttamisella ei juuri ollut vaikutusta. Tämä johtuu siitä, että veden kulutus määräytyy lähes täysin sähkönkulutuksesta, ja käyttöiän ja uusimisjaksojen muuttaminen ei vaikuta sähkönkulutuksen suuruuteen mitenkään. Yleisesti ottaen käyttöiän ja uusimisjaksojen muuttaminen vaikutti enemmän Infokeskuksen abioottisten luonnonvarojen ja ilman kulutukseen kuin Physicum in vastaaviin.

Koska rakennuksen käyttöiän ja uusimisjaksojen suuruus vaikuttaa selvästi rakennuksen abioottisten luonnonvarojen ja jonkin verran ilmankin kulutukseen, on niiden pohdintaan järkevää kiinnittää huomiota laskettaessa MIPS-lukuja rakennuksille. Käyttöikä tarkastelu tuo esiin selkeästi myös sen, että mitä pidempi rakennuksen käyttöikä on, sitä pienempiä ovat sen MIPS-luvut. Esimerkiksi jos Infokeskuksen käyttöikä onkin sadan vuoden sijasta 200 vuotta, sen abioottinen MIPS-luku pienenee 34 %. Myös uusimisjaksojen pidentäminen vaikuttaa abioottista ja ilma-MIPS-lukua pienentävästi.

Huonelämpötilan laskeminen kahdella celsiusasteella lämmityskauden aikana ei vaikuttanut mainittavasti kuin rakennusten ilma-MIPS-lukuihin. Kokonaissähkönkulutuksen vähentäminen 14 prosentilla vaikutti eniten Physicum in ja Infokeskuksen vesi-MIPS-lukuihin, mutta sillä oli jonkin verran vaikutusta myös abioottisiin ja ilma-MIPS-lukuihin. Huomattavin vaikutus Physicum in ja Infokeskuksen MIPS-lukuihin oli sillä, jos kaikki rakennuksissa käytettävä sähkö tuotettaisiin tuulivoimalla: esimerkiksi vesi-MIPS-luvut pienenevät peräti 96 %. Myös abioottiset ja ilma-MIPS-luvut pienenevät huomattavasti. Kaiken rakennuksissa olevan teräksen, kuparin ja alumiinin muuttaminen uusiomateriaaliksi vaikutti merkittävästi abioottisiin MIPS-lukuihin: sekä Physicum in että Infokeskuksen abioottinen MIPS-luku pieneni sen seurauksena noin viidenneksellä. Vesi- ja ilma-MIPS-lukuihin sillä ei ollut mainittavaa vaikutusta.

Abioottisten luonnonvarojen kulutusta voidaan tehokkaimmin vähentää valitsemalla tuulivoima sähköntuotantomuodoksi tavallisen verkkosähkön käyttämisen sijaan sekä lisäämällä uusiometallien käyttöä. Louhinnan ja maankaivujen aiheuttamaa abioottisten luonnonvarojen kulutusta on vaikea välttää muuten kuin rakentamalla sellaisia rakennuksia, joissa ei ole maanalaista pohjakerrosta. Abioottisten luonnonvarojen kulutusta voidaan jonkin verran vähentää myös sähkönkulutusta pienentämällä. Talotekniikan aiheuttamaa abioottisten luonnonvarojen kulutusta voidaan vähentää lisäämällä talotekniikassa uusiokuparin käyttöä tai korvaamalla kuparia jollain toisella materiaalilla mahdollisuuksien mukaan.

Talotekniikassa käytetään paljon neitseellistä kuparia: esimerkiksi Physicum in kaikkien sähkö- ja atk-kaapeleiden kuparijohtimet ovat neitseellistä kuparia. Rakennuksen pitkäikäisyys on myös selkeä tavoite, kun halutaan vähentää rakennuksen abioottisten luonnonvarojen, ja ilmankin, kulutusta. Myös rakennusosien uusimista on syytä välttää silloin, kun se ei ole aivan välttämätöntä.

Veden kulutuksen vähentämiseksi kannattaa siirtyä käyttämään tuulivoimaa rakennuksen sähkön tuottamiseen. Myös vähentämällä sähkönkulutusta voidaan pienentää rakennuksen vesi-MIPS-lukua. Ilman kulutusta voidaan tehokkaimmin vähentää siirtymällä tuulivoiman käyttöön. Ilman kulutusta voidaan pienentää jonkin verran myös sähkönkulutusta vähentämällä ja huonelämpötilaa laskemalla.

Tämän tutkimuksen tulokset eivät ole kovin hyvin verrattavissa luvussa 2.3 esiteltyihin aikaisempiin tutkimustuloksiin, koska niissä on huomioitu eri rakennusosia kuin tässä tutkimuksessa ja niiden kohteena on ollut asuintaloja. Koskela ym. (2002, 33-35) olivat esimerkiksi laskeneet teoreettisesti lasketun tyyppikerrostalon keskeisimpien runkorakenteiden luonnonvarojen kulutukseksi 2268 tonnia kiinteitä luonnonvaroja ja rakennuksen vaatiman energiankulutuksen luonnonvarojen kulutukseksi 42,6 tonnia kiinteitä luonnonvaroja / vuosi. Jos oletetaan, että rakennuksen käyttöikä olisi 100 vuotta, niin silloin energiankulutuksen osuus kyseisen tyyppikerrostalon kiinteiden luonnonvarojen kulutuksesta olisi 65 %. Tässä tutkimuksessa vastaavaksi prosenttiluvuksi saatiin Physicum in tapauksessa 44 % ja Infokeskuksen tapauksessa 32 %. Physicum in ja Infokeskuksen lukuja ei voi kuitenkaan oikein verrata Koskelan ym. laskemaan tulokseen, koska Physicum in ja Infokeskuksen luonnonvarojen kulutuksen jakaumiin sisältyy paljon muutakin kun vain keskeisimmät runkorakenteet ja energiankulutus.

Spies-Wallbaum (2002, 159) oli väitöskirjassaan laskenut paritalon luonnonvarojen kulutuksen. Saadut tulokset ovat siinä mielessä samansuuntaisia tämän tutkimuksen tulosten kanssa, että paritalon veden kulutus oli huomattavan suurta, abioottisten luonnonvarojen kulutus seuraavaksi suurinta, ilman kulutus kolmanneksi suurinta ja bioottisten luonnonvarojen kulutus vähäisintä. Spies-Wallbaum in esittämää paritalon kiinteiden luonnonvarojen kulutuksen jakaumaa on vaikea verrata tämän tutkimuksen tuloksiin, koska hän ei ollut huomionnut energiankulutusta laskelmissaan.

Tämän tutkimuksen tulokset kertovat vain Physicum in ja Infokeskuksen luonnonvarojen kulutuksesta, eikä niiden voida olettaa soveltuvan suoraan muihin rakennuksiin. Tuloksia voidaan kuitenkin jossain määrin soveltaa samantyyppisiin rakennuksiin. Tuloksia voidaan esimerkiksi käyttää apuna samantyyppisten rakennusten luonnonvarojen kulutuksen suunta-antavassa arvioinnissa. Tätä tarkoitusta varten tulokset on esitetty myös muodossa ”kg luonnonvaroja / brm<sup>2</sup> / vuosi” liitteessä 4. Karkeasti voidaan olettaa, että bruttoalaa ja vuotta kohden lasketut MIPS-luvut voisivat päteä myös muille samantyyppisille rakennuksille. Kuitenkaan esimerkiksi asuinrakennuksiin tuloksia ei kannata lähteä soveltamaan.

Tutkimuksessa käytettiin yksinkertaistettua MIPS-laskentaa kohteiden laajuuden ja monimutkaisuuden vuoksi. Tästä johtuen tulokset ovat lähinnä suunta-antavia. Tutkimuksessa saatiin kuitenkin arvokasta tietoa Physicum in ja Infokeskuksen luonnonvarojen kulutuksen suuruusluokasta palvelusuoritetta kohden sekä siitä, mitkä tekijät ovat merkittävimpiä tällaisten rakennusten luonnonvarojen kulutuksen muodostumisessa. Tutkimuksen myötä saatiin hyödyllistä tietoa siitä, minkälaisiin toimiin kannattaa keskittyä, kun halutaan pienentää tämän tyyppisten rakennusten luonnonvarojen kulutusta. On syytä

kuitenkin huomauttaa, että herkkyystarkasteluihin valittiin mukaan esimerkinomaisesti vain joitakin MIPS-laskennan tulosten perusteella keskeiseltä vaikuttavia toimenpiteitä, eikä herkkyystarkastelun ollut tarkoituskaan olla täysin kattava. Näin ollen esimerkiksi muunlainenkin sähköntuotantomuoto kuin tuulivoima voisi olla suositeltava luonnonvarojen vähentämisen kannalta.

Tutkimus ei tuottanut kovinkaan tarkkaa tietoa erilaisten rakennetyyppien, kuten esimerkiksi erilaisten ulko- ja väliseinätyyppien luonnonvarojen kulutuksesta, koska laskennassa huomioitiin vain niiden sisältämä materiaali-jakauma. Rakennetyyppien eri osien tuotantoprosesseja, kuljetusmatkojen todellista pituutta ja kuljetustapaa ynnä muita vastaavia tekijöitä ei selvitetty ollenkaan. Nämä ovat kuitenkin tekijöitä, jotka voivat vaikuttaa mahdollisesti ratkaisevasti eri rakennetyyppien luonnonvarojen kulutukseen ja sitä kautta niiden paremmuuteen luonnonvaratehokkuuden näkökulmasta.

Tulevaisuudessa olisikin tarpeen tutkia tarkemmin yksittäisten rakennetyyppien ja erilaisten rakennusalan tuotteiden luonnonvarojen kulutusta, jotta niistä saataisiin todenmukaista tietoa. Tutkimuksissa tulisi selvittää tarkasti kyseisen rakennetyypin tai tuotteen taustalla olevat tuotantoprosessit, kuljetukset ynnä muut vastaavat tekijät. Näin saataisiin todellinen kuva eri rakennetyyppien ja tuotteiden luonnonvarojen kulutuksesta. Tällaista tietoa voitaisiin käyttää rakennusten suunnittelussa hyödyksi.

## 8 Tutkimuksen tekijän omaa pohdintaa MIPS-lähestymistavasta

MIPS-laskentamenetelmässä lasketaan kaikki materiaalit samanarvoisina yhteen. Tämä on mielestäni ongelmallista, koska erilaisilla materiaaleilla on kuitenkin erilaiset ympäristövaikutukset. MIPS-menetelmä antaakin mielestäni lähinnä karkean ja suuntaantavan kokonaiskuvan siitä, kuinka paljon ympäristöön joudutaan kajoamaan, jotta rakennus saadaan rakennettua ja ylläpidettyä.

En ole täysin vakuuttunut siitä, että pyrkimällä pienentämään rakennuksen MIPS-lukuja kiinnitettäisiin aina huomiota ympäristön kannalta oleellisimpiin asioihin. Esimerkiksi tämän tutkimuksen tulosten perusteella vajaa 20 % Physicum ja Infokeskuksen abiottisten luonnonvarojen kulutuksesta muodostuu louhinnasta tai maankaivuista. Jos ainoana tavoitteena on vähentää luonnonvarojen kulutusta, johtopäätöksenä on, että rakennuksiin ei tulisi rakentaa maanalaista pohjakerrosta. Itse en usko, että tämä olisi yksi tärkeimmistä asioista, mitä rakennuslalla pitäisi tehdä rakennusten ympäristövaikutusten vähentämiseksi. Kun rakennus rakennetaan, se peittää alleen tietyn maapinta-alan, ja tällä on epäilemättä vaikutuksensa ympäristöön. Sen sijaan sillä, kuinka syvältä maata kaivetaan rakennuksen alta pois, ei mielestäni kuitenkaan ole suurta merkitystä ympäristön kannalta. Ei ainakaan niin suurta kuin MIPS-tarkastelu antaa ymmärtää.

Toisaalta tämän tutkimuksen tuloksista nousseet suositukset tuulivoimaan vaihtamisesta, uusiometallien käytön lisäämisestä, sähkön- ja lämmönkulutuksen vähentämisestä, rakennuksen pitkään käyttöikään tähtäämisestä ja rakennusosien tarpeettomien uusimisten välttämisestä ovat tärkeitä muistakin kuin MIPS-näkökulmasta tarkasteltuna. Tuskin kukaan on sitä mieltä, etteikö nämä asiat olisi ympäristön kannalta tavoittelemisen arvoisia.

Näen MIPS-lähestymistavan hyvänä puolena sen, että siinä huomioidaan kohteen koko elinkaari sekä suoran materiaalikulutuksen lisäksi myös materiaalien ekologiset selkäreput.

Näin ollen siinä pyritään luomaan kokonaiskuvaa hyödykkeen aiheuttamasta ympäristöpaineesta. MIPS-lähestymistavan hyvänä puolena näen myös hyödykkeiden palvelunäkökulman esiintuomisen: MIPS-lukua voidaan pienentää paitsi materiaalien käyttöä vähentämällä, myös hyödykkeen tuottamaa palvelua kasvattamalla. Rakennusten tapauksessa tämä tarkoittaa lähinnä käyttöiän kasvattamista mahdollisimman suureksi.

MIPS-lukujen antama informaatio on kuitenkin melko yksinkertaistavaa. Tämän vuoksi MIPS-lukuihin tulee mielestäni suhtautua lähinnä yhtä näkökulmaa korostavina tietoina, joita on syytä täydentää muunlaisella informaatiolla hyödykkeen ympäristövaikutuksista (esimerkiksi hyödykkeen sisältämät haitalliset aineet, elinkaaren aikana syntyvät päästöt, energiankulutus, haitallisuus jätteenä). Suhteessa MIPS-lukujen antaman informaation laatuun niiden laskemisen vaatima työmäärä tuntuu mielestäni ainakin tämän tutkimuksen perusteella melko suurelta.

## LÄHDELUETTELO

- Autio, S. & Lettenmeier, M. 2002. Ekotehokkuus – Business As Future. Yrityksen ekotehokas. Dipoli-raportit / Dipoli-reports C, ympäristökoulutus. Espoo: TKK Koulutuskeskus Dipoli. 80 s.
- Elam Oy. Ei päiväystä. Sementtilastulevy. [www-dokumentti]. <<http://www.elam.fi/fin/betonyp.html#betonyp>>. (Luettu 20.9.2003).
- Gyproc Oy. Ei päiväystä. Tuotteet. [www-dokumentti]. <[http://www.gyproc.fi/tuotteet/tuotteet\\_kipsitarv.htm](http://www.gyproc.fi/tuotteet/tuotteet_kipsitarv.htm)>. (Luettu 19.7.2003a).
- Gyproc Oy. Ei päiväystä. Kipsilevyt. [www-dokumentti]. <<http://www.gyproc.fi/tuotteet/kipsilevyt.pdf>>. (Luettu 19.7.2003b).
- Haahtela, Y. & Kiiras, J. 2001. Talonrakennuksen kustannustieto 2001. Helsinki: Haahtela-Kehitys Oy. 382 s. + liitteet 6 s.
- Haapanen, E. & Nieminen, M. (toim.) 2000. Retkiopas Helsingin luontoon. Helsinki: Helsingin kaupungin ympäristökeskus. 171 s.
- Hacker, J. 2003. Bestimmung des lebenszyklusweiten Naturverbrauches für die Elektrizitätsproduktion in den Ländern der Europäischen Union. Diplomarbeit. Wien: Technische Universität Wien. Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik. 87 s.
- HB-Betoniteollisuus Oy. Ei päiväystä. HB-harkkotuotteet. [www-dokumentti]. <<http://www.hb-betoni.fi/tuotteet/pdf/harkkotuotteet.pdf>>. (Luettu 22.7.2003).
- Hinterberger, F., Luks, F. & Schmidt-Bleek, F. 1997. Material flows vs. 'natural capital' What makes an economy sustainable? Ecological Economics 23(1): 1-14.
- Hinterberger, F. & Schmidt-Bleek, F. 1999. Dematerialization, MIPS and Factor 10 Physical sustainable indicators as a social device. Ecological Economics 29(1): 53-56.
- Hissikuilu välillä L-M / 6-8, mitta- ja raudoituspiirustus. 9.4.1998. Piirustus nro 147-0100-3019. Rakennuskohde: Kiinteistö Oy Infokeskus. Espoo: Aaro Kohonen Oy
- Huoneluettelo. 19.1.1999. Rakennuskohde: Helsingin yliopisto, Kumpulan III rakennusvaihe.
- Ilmatieteen laitos. Ei päiväystä. Vuosisademäärät Helsingissä 1900-2002. [www-dokumentti]. <[http://www.ilmatieteenlaitos.fi/saa/tilastot\\_99.html#8](http://www.ilmatieteenlaitos.fi/saa/tilastot_99.html#8)>. (Luettu 29.9.2003).
- Juutinen, A. 2000. Energiamateriaalien virrat. Ekotehokas Suomi-projekti, Osaraportti 7. Oulu: Oulun yliopisto, Thule-instituutti. 23 s.
- Koskela, S., Seppälä, J. & Leivonen, J. 2002. Ympäristövaikutukset rakennusten ekotehokkuuden arvioinnissa. Suomen ympäristö nro 585. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. 56 s.

Koskinen, H. 2001. MIPS ja ekologinen selkäreppu tuotteiden potentiaalisten ympäristövaikutusten vertailun menetelminä – ongelmakohtien tarkastelu. Ympäristönsuojelutieteen pro gradu –työ. Helsinki: Helsingin yliopisto. Limnologian ja ympäristönsuojelun laitos. 95 s. Saatavana [www-osoitteessa: <http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/maa/limno/pg/koskinen>](http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/maa/limno/pg/koskinen).

Kyyrönen, K. 2000. Talonrakennus 1. Rakentamisen perusteet ja työturvallisuus, rakentamisen ja rakennusosien peruskäsitteitä, rakennusmateriaaleja, maanrakennustyöt. Helsinki: Otava. 313 s.

Leikkaus C-C. 14.1.1999. Työpiirustus (alustava) nro 05-03. Rakennuskohde: Helsingin yliopisto, Kumpulan III rakennusvaihe. Helsinki: Arkkitehtitoimisto Lahdelma & Mahlamäki Oy.

Minerit Oy. 1.12.1997. Luja A. [www-dokumentti]. <[http://www.minerit.fi/dynimages/10\\_Luja-A-8siv.pdf](http://www.minerit.fi/dynimages/10_Luja-A-8siv.pdf)>.

Minerit Oy. Ei päiväystä. Tietoja Oy Minerit Ab:sta. [www-dokumentti]. <<http://www.minerit.fi/fin/index.php?cmd=112>>. (Luettu 24.7.2003).

Motiva Oy. Ei päiväystä. Lämmönkulutus. [www-dokumentti]. <<http://www.motiva.fi/kuluttajat/Asuminen/Kodin%20energiankulutus/L%E4mm%F6nkulutus>>. (Luettu 1.3.2004).

Paloturvalliset sisustus- ja akustiikkalevyt, Sasmox Oy. 2003. RT-kortiston tarvike tiedosto RT U-36571. Helsinki: Rakennustieto Oy. 8 s.

Parma Oy. 1.8.2002, muutettu 1.10.2003. ParmaParel-ontelolaatat, suunnitteluohje. [www-dokumentti]. <[http://www.parma.fi/dnl/Parel\\_ontelolaatta\\_sohje2003.pdf](http://www.parma.fi/dnl/Parel_ontelolaatta_sohje2003.pdf)>.

Paroc Oy. 2001. Paroc Panel System, tuotevalikoima. [www-dokumentti]. <[http://www.cadholm.dk/paroc/PDF\\_Fin/Tuotevalikoima.pdf](http://www.cadholm.dk/paroc/PDF_Fin/Tuotevalikoima.pdf)>.

Perustukset, laitososa, laudoitus. 9.3.1999. Rakennepiirustus nro 52. Rakennuskohde: Helsingin yliopisto, Kumpulan III rakennusvaihe. Helsinki: Insinööritoimisto Pöysälä & Sandberg Oy.

Perustusten raudoituksia. 16.4.1997. Rakennepiirustus nro 147-0100-3001A /4. Rakennuskohde: Kiinteistö Oy Infokeskus. Espoo: Aaro Kohonen Oy.

Physicum huoneselitys. 27.4.1998. Helsinki: Arkkitehtitoimisto Lahdelma & Mahlamäki. 32 s.

Pilarilaattaohje. 1989. Suomen Betonteollisuuden Keskusjärjestö ry. Helsinki. 119 s.

Rakennetyypit. 1.9.1997. Pääpiirustus nro 30-01. Rakennuskohde: Kiinteistö Oy Viikin Infokeskus. Helsinki: Ark-house arkkitehdit Oy.

Rakennetyypit. 12.1.1999. Piirustuksen numeroa ei mainittu. Työn nro 9614. Rakennuskohde: Helsingin yliopisto, Kumpulan III rakennusvaihe. Helsinki: Insinööritoimisto Pöysälä & Sandberg Oy.

Rakennuksen pinta-alat. 1985. RT-kortiston ohjetiedosto RT 12-10277. Helsinki: Rakennustieto Oy. 7 s.

Rakennusosa-arvio. 10.2.1997. Rakennushanke: Helsingin yliopisto, Infokeskus Korona, Viikki. Helsinki: Rakennuttajapalaute Rapal Oy.

Rakennusosa-arvio. 5.6.1998. Rakennushanke: HY CMU/KL Kumpulan III rakennusvaihe. Helsinki: CM-Urakointi Oy.

Rakennusselostus. 24.11.1997. Rakennuskohde: Kiinteistö Oy Infokeskus. Helsinki: Ark-house arkkitehdit Oy. 150 s.

Rakennusselostus. 9.2.2001. Rakennuskohde: Helsingin yliopisto, Kumpulan III rakennusvaihe. Helsinki: Arkkitehtitoimisto Lahdelma & Mahlamäki. 128 s.

Rakennusselostusohje. 2000. RT-kortiston ohjetiedosto RT 15-10723. Helsinki: Rakennustieto Oy. 5 s.

Ritthoff, M., Rohn, H. & Liedtke, C. 2002. Calculating MIPS. Resource productivity of products and services. Wuppertal Spezial 27e. Wuppertal: Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy at the Science Centre North Rhine-Westphalia. 52 s.

Saari, A. 2002. Rakennusosien valinta elinkaaren materiaalitehokkuuden perusteella, esimerkkinä ulkoseinäarakenteet. Julkaisussa: Heino, E. (toim.) Ekotehokkuus rakennusalalla. Helsinki: Suomen luonnonsuojeluliitto. Ss.12-29.

Schmidt-Bleek, F. 1994. Wieviel Umwelt braucht der Mensch? MIPS – das Mass für ökologisches Wirtschaften. Berlin: Birkhäuser Verlag. 302 s.

Schmidt-Bleek, F. 1998. Das MIPS-Konzept: weniger Naturverbrauch – mehr Lebensqualität durch Faktor 10. München: Droemersch Verlaganstalt. 320 s.

Spies-Wallbaum, H. 2002. Denk- und Kommunikationsansätze zur Bewertung des nachhaltigen Bauens und Wohnens. Dissertation. Hannover: Universität Hannover. Fachbereich Architektur. 237 s.

Talo 90 nimikkeistö, yleisseloste. 1993. Helsinki: Rakennustieto Oy. 48 s. + liitteet 61 s.

Talonrakennushankkeen kulku. 1989. RT-kortiston ohjetiedosto RT 10-10387. Helsinki: Rakennustieto Oy. 24 s.

Taso +4.400, mittapiirustus. 31.10.1997. Piirustus nro 147-0100-1016. Rakennuskohde: Kiinteistö Oy Infokeskus. Espoo: Aaro Kohonen Oy.

Taso +4.400, raudoituspiirustus, alapinnan teräkset. 31.10.1997. Rakennepiirustus nro 147-0100-2006. Rakennuskohde: Kiinteistö Oy Infokeskus. Espoo: Aaro Kohonen Oy.

Taso +4.400, raudoituspiirustus, yläpinnan teräkset. 31.10.1997. Piirustus nro 147-0100-2007. Rakennuskohde: Kiinteistö Oy Infokeskus. Espoo: Aaro Kohonen Oy.

Taso +12.000, raudoituspiirustus, alapinnan teräkset. 31.10.1997. Rakennepiirustus nro 147-0100-2004. Rakennuskohde: Kiinteistö Oy Viikin Infokeskus. Espoo: Aaro Kohonen Oy.

Taso +12.000, raudoituspiirustus, paikallavalupalkki J-P + 3.72 / 17. 31.10.1997. Rakennepiirustus nro 147-0100-2009. Rakennuskohde: Kiinteistö Oy Infokeskus. Espoo: Aaro Kohonen Oy.

Taso +12.000, raudoituspiirustus, yläpinnan teräkset. 31.10.1997. Rakennepiirustus nro 147-0100-2005. Rakennuskohde: Kiinteistö Oy Viikin Infokeskus. Espoo: Aaro Kohonen Oy.

Trimilli Oy. Ei päivystä. Kevytsoraharkkojen mitat, harkko- ja laastimenekki. [www-dokumentti]. <<http://www.trimilli.fi/harkot.html>>. (Luettu 9.7.2003).

Viherhuone välillä 1-2 / K-N, teräsrakenteet. 31.10.1997. Piirustus nro 147-0100-7007/1. Rakennuskohde: Kiinteistö Oy Infokeskus. Espoo: Aaro Kohonen Oy.

Viikin Infokeskuksen esittely. Ei päivystä. [www-dokumentti]. <<http://helix.helsinki.fi/infokeskus/esittely.htm>>. (Luettu 25.1.2004.)

VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. 21.5.2001. Alumiininen julkisivujärjestelmä R54, Nordic Aluminium Oyj. Ympäristöseloste nro 41. [www-dokumentti]. Rakennustietosäätiö. <<http://www.rts.fi/ymparistoselosteet/nro41.htm>>.

VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. 29.10.2002 (päivitetty). Liikennevälineiden yksikköpäästöt, tieliikenteen tavaraliikenne. [www-dokumentti]. <[http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/tavaraliikenne\\_tieliikenne.htm](http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/tavaraliikenne_tieliikenne.htm)>.

Välitilan laatan ja ulkokehän sokkelin raudoituksia. 31.10.1997. Rakennepiirustus nro 147-0100-2012. Rakennuskohde: Kiinteistö Oy Infokeskus. Espoo: Aaro Kohonen Oy.

Wuppertal Institut – Abteilung Stoffströme und Strukturwandel. 17.7.1998. MI-Werte. [www-dokumentti]. <<http://www.wupperinst.org/Projekte/mipsonline/download/MIWerte.pdf>>.

Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy. 28.10.2003. Material intensity of materials, fuels, transport services. Version 2. [www-dokumentti]. <[http://www.wupperinst.org/Projekte/mipsonline/download/MIT\\_v2.pdf](http://www.wupperinst.org/Projekte/mipsonline/download/MIT_v2.pdf)>.



## LIITE 1. Lasketut rakennusosat

Rakennusosien määrätiedot ovat Infokeskuksen ja Physicummin rakennusosa-arvioista (1997, 1998) ellei toisin ole mainittu.

Rakennusosien materiaalien massatiedot määräyksikköä kohti ovat Infokeskuksen ja Physicummin rakennetyyppi- ja rakennusosien selostuksista (Rakennetyypit 1997 & 1999), rakennusosien selostuksista (1997, 2001) ja rakennusosa-arvioista (1997, 1998) ellei toisin ole mainittu.

### **PHYSICUM:**

#### **LOUHINTA:**

<b>Kanaalilouhinta</b>			
<b>määrä: 450 m<sup>3</sup></b>			
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
kanaalilouhinta	graniitti & gneissi <sup>1)</sup>	2725,0 kg/m <sup>3</sup>	1226,3
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>1226</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>-</b>

<b>Pinta- ja avolouhinta</b>			
<b>määrä: 25000 m<sup>3</sup></b>			
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
pinta- ja avolouhinta	graniitti & gneissi <sup>1)</sup>	2725,0 kg/m <sup>3</sup>	68125,0
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>68125</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>-</b>

<sup>1)</sup> Haapasen ja Niemisen (2000, 99) mukaan Helsingin vallitseva kivilaji on suonigneissi, joka on gneissin ja graniitin sekoitusta. Laskennassa on oletettu, että louhittu kallio on puoliksi graniittia ja puoliksi gneissia.

#### **TÄYTÖT:**

<b>Soratäyttö</b>			
<b>määrä: 6600 m<sup>3</sup></b>			
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
soratäyttö	sora	1800,0 kg/m <sup>3</sup>	11880,0
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>11880</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>13068</b>

#### **PERUSTUKSET:**

<b>Anturat <sup>1)</sup></b>			
<b>määrä: 360 m<sup>3</sup></b>			
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
betoniosuus	betoni	2334,5 kg/m <sup>3</sup>	840,4
raudoitukset	teräs	51,1 kg/m <sup>3</sup> <sup>2)</sup>	18,4
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>858</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>944</b>

<sup>1)</sup> Sisältää pilari- ja seinäanturat sekä hissikuilujen ja portaiden perustukset.

<sup>2)</sup> Raudoitusten määrä on oletettu yhtä suureksi kuin Infokeskuksen anturoissa.

<b>Perusmuuri</b>	<b>määrä: 378 m<sup>2</sup></b>		
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
teräsbetoniseinä 300 mm <sup>1)</sup> , betoniosuus	betoni	701,4 kg/m <sup>2</sup>	265,1
raudoitukset	teräs	12,0 kg/m <sup>2 2)</sup>	4,5
eriste 170 mm <sup>1)</sup>	solupolystyreeni	9,8 kg/m <sup>2</sup>	3,7
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>273</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>301</b>

<sup>1)</sup> Perusmuurin mitat on mitattu viivottimella perustuspiirustuksesta (Perustukset, laitososa, laudoitus, 1999).

<sup>2)</sup> Raudoitusten määrä on oletettu yhtä suureksi kuin Infokeskuksen ulkoseinä 1:ssä.

<b>Alapohja 1 <sup>1)</sup></b>	<b>määrä: 4151 m<sup>2</sup></b>		
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
teräsbetonilaatta 80 mm, betoniosuus	betoni	186,8 kg/m <sup>2</sup>	775,4
raudoitukset	teräs	4,0 kg/m <sup>2 2)</sup>	16,6
eriste 50 mm	solupolystyreeni	2,9 kg/m <sup>2</sup>	12,0
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>804</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>884</b>

<b>Alapohja 2 <sup>1)</sup></b>	<b>määrä: 1090 m<sup>2</sup></b>		
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
teräsbetonilaatta 120 mm, betoniosuus	betoni	280,8 kg/m <sup>2</sup>	306,1
raudoitukset	teräs	4,0 kg/m <sup>2 2)</sup>	4,4
eriste 50 mm	solupolystyreeni	2,9 kg/m <sup>2</sup>	3,2
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>314</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>345</b>

<sup>1)</sup> Laskelmassa ei ole huomioitu alapohjarakenteisiin kuuluvaa suojapaperia ja suojakangasta.

<sup>2)</sup> Raudoitusten määränä on käytetty arviota 120 mm:n paksuiselle maanvaraiselle alapohjalaatalle (Haahtela & Kiiras 2001, 219).

#### **KANTAVAT VÄLISEINÄT:**

<b>Kantava väliseinä</b>	<b>määrä: 2430 m<sup>2</sup></b>		
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
teräsbetoniseinä 180 mm, betoniosuus	betoni	419,5 kg/m <sup>2</sup>	1019,4
raudoitukset	teräs	11,7 kg/m <sup>2 1)</sup>	28,4
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>1048</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>1153</b>

<sup>1)</sup> Raudoitusten määrä on oletettu yhtä suureksi kuin Infokeskuksen 200 mm paksussa kantavassa väliseinässä.

**PILARIT:**

<b>Pilarit</b>	<b>määrä: 45000 kg</b>		
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
teräspilarit	teräs	- kg/kg	45,0
teräspilarien raudoitus	teräs	- kg/kg	7,0
täytevalu	betoni	- kg/kg	122,2
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>174</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>192</b>

**LAATAT:**

<b>Laatta 1</b>	<b>määrä: 434 m<sup>2</sup></b>		
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
kuorilaatta 70 mm / 180 mm, betoniosuus	betoni	417,3 kg/m <sup>2</sup>	181,1
raudoitukset	teräs	19,0 kg/m <sup>2</sup> <sup>1)</sup>	8,2
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>189</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>208</b>

<sup>1)</sup> Raudoitusten määränä käytetty keskimääräistä lukua 180 mm:n paksuiselle välipohjalaatalle (Pilarilaattaohje 1989, 59).

<b>Laatta 2</b>	<b>määrä: 581 m<sup>2</sup></b>		
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
kuorilaatta 70 mm / 220 mm, betoniosuus	betoni	512,2 kg/m <sup>2</sup>	297,6
raudoitukset	teräs	16,0 kg/m <sup>2</sup> <sup>1)</sup>	9,3
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>307</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>338</b>

<sup>1)</sup> Raudoitusten määränä käytetty keskimääräistä lukua 220 mm:n paksuiselle välipohjalaatalle (Pilarilaattaohje 1989, 59).

<b>Laatta 3</b>	<b>määrä: 70 m<sup>2</sup></b>		
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
kuorilaatta 70 mm / 260 mm, betoniosuus	betoni	607,0 kg/m <sup>2</sup>	42,5
raudoitukset	teräs	13,5 kg/m <sup>2</sup> <sup>1)</sup>	0,9
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>43</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>48</b>

<sup>1)</sup> Raudoitusten määränä käytetty keskimääräistä lukua 260 mm:n paksuiselle välipohjalaatalle (Pilarilaattaohje 1989, 59).

<b>Laatta 4</b>	<b>määrä: 700 m<sup>2</sup></b>		
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
ontelolaatta 200 mm, betoniosuus	betoni	255,6 kg/m <sup>2</sup> <sup>1)</sup>	178,9
raudoitukset	teräs	4,4 kg/m <sup>2</sup> <sup>2)</sup>	3,1
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>182</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>200</b>

<b>Laatta 5</b>			
		<b>määrä: 320 m<sup>2</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
ontelolaatta 265 mm, betoniosuus	betoni	374,2 kg/m <sup>2</sup> <sup>1)</sup>	119,7
raudoitukset	teräs	5,8 kg/m <sup>2</sup> <sup>2)</sup>	1,9
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>122</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>134</b>

<b>Laatta 6</b>			
		<b>määrä: 10862 m<sup>2</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
ontelolaatta 400 mm, betoniosuus	betoni	457,5 kg/m <sup>2</sup> <sup>1)</sup>	4969,4
raudoitukset	teräs	7,5 kg/m <sup>2</sup> <sup>2)</sup>	81,5
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>5051</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>5556</b>

<sup>1)</sup> Tiedot betonin määrästä eripaksuisissa ontelolaatoissa ovat lähteestä Parma Oy (2003).

<sup>2)</sup> Tiedot eripaksuisten ontelolaattojen keskimääräisistä raudoitusmääristä saatu elinkaari-insinööri Jouni Punkilta Parma Oy:stä (henkilökohtainen tiedonanto sähköpostitse 15.8.2003).

<b>Laatta 7</b>			
		<b>määrä: 35 m<sup>2</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
Paikallavalettu tb-laatta 200 mm, betoniosuus	betoni	464,9 kg/m <sup>2</sup>	16,3
raudoitukset	teräs	17,0 kg/m <sup>2</sup> <sup>1)</sup>	0,6
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>17</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>19</b>

<sup>1)</sup> Raudoitusten määränä käytetty keskimääräistä lukua 200 mm:n paksuiselle välipohjalaatalle (Pilarilaattaohje 1989, 59).

<b>Laatta 8</b>			
		<b>määrä: 114 m<sup>2</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
Paikallavalettu tb-laatta 250 mm, betoniosuus	betoni	583,3 kg/m <sup>2</sup>	66,5
raudoitukset	teräs	14,0 kg/m <sup>2</sup> <sup>1)</sup>	1,6
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>68</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>75</b>

<sup>1)</sup> Raudoitusten määränä käytetty keskimääräistä lukua 250 mm:n paksuiselle välipohjalaatalle (Pilarilaattaohje 1989, 59).

<b>Laatta 9</b>			
		<b>määrä: 290 m<sup>2</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
Paikallavalettu tb-laatta 280 mm, betoniosuus	betoni	654,1 kg/m <sup>2</sup>	189,7
raudoitukset	teräs	13,0 kg/m <sup>2</sup> <sup>1)</sup>	3,8
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>193</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>213</b>

<sup>1)</sup> Raudoitusten määränä käytetty keskimääräistä lukua 280 mm:n paksuiselle välipohjalaatalle (Pilarilaattaohje 1989, 59).

<b>Laatta 10</b>	<b>määrä: 570 m<sup>2</sup></b>		
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
Paikallavalettu tb-laatta 300 mm, betoniosuus	betoni	701,3 kg/m <sup>2</sup>	399,7
raudoitukset	teräs	12,5 kg/m <sup>2</sup> <sup>1)</sup>	7,1
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>407</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>448</b>

<sup>1)</sup> Raudoitusten määränä käytetty keskimääräistä lukua 300 mm:n paksuiselle välipohjalaatalle (Pilarilaattaohje 1989, 59).

<b>Laatta 11</b>	<b>määrä: 679 m<sup>2</sup></b>		
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
Paikallavalettu tb-laatta 360 mm, betoniosuus	betoni	842,6 kg/m <sup>2</sup>	572,1
raudoitukset	teräs	11,5 kg/m <sup>2</sup> <sup>1)</sup>	7,8
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>580</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>638</b>

<sup>1)</sup> Raudoitusten määränä käytetty keskimääräistä lukua 360 mm:n paksuiselle välipohjalaatalle (Pilarilaattaohje 1989, 59).

#### **PALKIT:**

<b>Palkki 1</b>	<b>määrä: 82 jm</b>		
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
Deltapalkki 2-300	teräs	92,5 kg/jm <sup>1)</sup>	7,6
täytebetoni 60 l / jm	betoni	141,0 kg/jm <sup>1)</sup>	11,6
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>19</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>21</b>

<b>Palkki 2</b>	<b>määrä: 37 jm</b>		
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
Deltapalkki 3-400	teräs	112,5 kg/jm <sup>1)</sup>	4,2
täyttöbetoni 108 l / jm	betoni	253,8 kg/jm <sup>1)</sup>	9,4
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>14</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>15</b>

<b>Palkki 3</b>	<b>määrä: 1269 jm</b>		
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
Deltapalkki 4-400	teräs	127,5 kg/jm <sup>1)</sup>	161,8
täyttöbetoni 160 l / jm	betoni	376,0 kg/jm <sup>1)</sup>	477,1
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>639</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>703</b>

<sup>1)</sup> Laskettu keskimääräisillä tiedoilla, jotka on saatu markkinointijohtaja Jorma Kycklingiltä Teräspeikko Oy Deltatekistä (henkilökohtainen tiedonanto sähköpostitse 29.8.2003).

<b>Palkki 4</b>			
määrä: 50 m <sup>3</sup>			
osa	materiaali	massa (kg) / yks.	massa (t)
Aulan esijännitetty paikallavalupalkki, bet.osuus	betoni	2 324,9 kg/m <sup>3</sup>	116,2
raudoitukset	teräs	83,9 kg/m <sup>3</sup> <sup>1)</sup>	4,2
massa yhteensä (t):			120
massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):			132

<b>Palkki 5</b>			
määrä: 31 jm			
osa	materiaali	massa (kg) / yks.	massa (t)
Paikallavalupalkki 0,7 m x 0,5 m, betoniosuus	betoni	813,7 kg/jm	25,2
raudoitukset	teräs	29,4 kg/jm <sup>1)</sup>	0,9
massa yhteensä (t):			26
massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):			29

<b>Palkki 6</b>			
määrä: 152 jm			
osa	materiaali	massa (kg) / yks.	massa (t)
Teräsbetonipalkki 0,6 m x 0,3 m	betoni	418,9 kg/jm	63,7
raudoitukset	teräs	13,7 kg/jm <sup>1)</sup>	2,1
massa yhteensä (t):			66
massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):			72

<b>Palkki 7</b>			
määrä: 19 jm			
osa	materiaali	massa (kg) / yks.	massa (t)
Teräsbetonipalkki 0,6 m x 0,4 m	betoni	558,0 kg/jm	10,6
raudoitukset	teräs	20,2 kg/jm <sup>1)</sup>	0,4
massa yhteensä (t):			11
massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):			12

<sup>1)</sup> Raudoitusten määrä on oletettu yhtä suureksi kuin Infokeskuksen palkeissa (83,9 kg / m<sup>3</sup>).

<b>Palkki 8</b>			
määrä: 2300 kg			
osa	materiaali	massa (kg) / yks.	massa (t)
Teräspalkki 70 kg / jm	teräs	- kg/kg	2,3
massa yhteensä (t):			2,3
massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):			2,5

<b>Palkki 9</b>			
määrä: 50000 kg			
osa	materiaali	massa (kg) / yks.	massa (t)
Teräskehät ym. iv-konehuoneen teräkset	teräs	- kg/kg	50,0
massa yhteensä (t):			50
massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):			55

<b>Palkki 10</b>		<b>määrä: 3000 kg</b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
Tutkatornin teräsrunko	teräs	- kg/kg	3,0
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>3,0</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>3,3</b>

<b>Palkki 11</b>		<b>määrä: 32000 kg</b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
Lasikatteen teräsrunkorakenteet	teräs	- kg/kg	32,0
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>32</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>35</b>

**ULKOSEINÄT (osat lueteltu sisältä ulos):**

<b>Ulkoseinä 1</b>		<b>määrä: 2055 m<sup>2</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
Kipsikartonkilevy EK 13 mm	<sup>1)</sup>	11,9 kg/m <sup>2</sup> <sup>2)</sup>	24,5
Rimat 20 mm x 75 mm k600	mänty	1,2 kg/m <sup>2</sup>	2,5
Lämpöeristeen teräspinta 0,5 mm <sup>3)</sup>	teräs	3,9 kg/m <sup>2</sup>	8,0
Lämpöeriste 150 mm	mineraalivilla	24,8 kg/m <sup>2</sup>	51,0
Lämpöeristeen teräspinta 0,6 mm <sup>3)</sup>	teräs	4,7 kg/m <sup>2</sup>	9,7
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>96</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>105</b>

<sup>1)</sup> Kipsikartonkilevyn koostumus painoprosentteina: 93 % kipsiä, 6 % kartonkia sekä 1 % vettä ja erilaisia lisäaineita (Gyproc Oy, 2003a). Lisäaineita ei ole huomioitu laskennassa.

<sup>2)</sup> Gyproc Oy (2003b)

<sup>3)</sup> Paroc Oy (2001)

<b>Ulkoseinä 2</b>		<b>määrä: 2257 m<sup>2</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
teräsbetoniseinä 180 mm, betoniosuus	betoni	419,5 kg/m <sup>2</sup>	946,8
raudoitukset	teräs	11,7 kg/m <sup>2</sup> <sup>1)</sup>	26,4
eriste 150 mm	mineraalivilla	24,8 kg/m <sup>2</sup>	56,0
ilmarako 20 mm	-	- kg/m <sup>2</sup>	-
betoniharkkomuuraus 125 mm <sup>2)</sup>	betoni	272,1 kg/m <sup>2</sup> <sup>3)</sup>	614,1
muurauslaasti	sementtilaasti	18,4 kg/m <sup>2</sup>	41,5
harkkojen sidontateräkset, halk. 4 mm, 4 kpl/m <sup>2</sup>	teräs	0,2 kg/m <sup>2</sup>	0,5
harkkojen tuenta teräsbetoniin L100 x 100 x 10	teräs	6,0 kg/m <sup>2</sup>	13,5
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>1699</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>1869</b>

<b>Ulkoseinä 3</b>		<b>määrä: 1100 m<sup>2</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
teräsbetoniseinä 120 mm, betoniosuus	betoni	278,5 kg/m <sup>2</sup>	306,4
raudoitukset	teräs	11,7 kg/m <sup>2</sup> <sup>1)</sup>	12,9
lämpöeriste 150 mm	mineraalivilla	4,5 kg/m <sup>2</sup>	5,0
ilmarako 20 mm	-	- kg/m <sup>2</sup>	-
betoniharkkomuuraus 125 mm <sup>2)</sup>	betoni	272,1 kg/m <sup>2</sup> <sup>3)</sup>	299,3
muurauslaasti	sementtilaasti	18,4 kg/m <sup>2</sup>	20,2
harkkojen sidontateräkset, halk. 4 mm, 4 kpl/m <sup>2</sup>	teräs	0,2 kg/m <sup>2</sup>	0,2
harkkojen tuenta teräsbetoniin L100 x 100 x 10	teräs	6,0 kg/m <sup>2</sup>	6,6
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>651</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>716</b>

<sup>1)</sup> Raudoitusten määrä on oletettu yhtä suureksi kuin Infokeskuksen 200 mm paksussa kantavassa väliseinässä.

<sup>2)</sup> Laskennassa on oletettu, että betoniharkot ovat BEHA-betoniharkkoja (390 mm x 190 mm x 125 mm).

<sup>3)</sup> Betoniharkkojen laskennassa käytetyt tiedot ovat lähteestä HB-Betoniteollisuus Oy (2003).

<b>Ulkoseinä 4</b>		<b>määrä: 205 m<sup>2</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
teräsbetoniseinä 180 mm, betoniosuus	betoni	419,5 kg/m <sup>2</sup>	86,0
raudoitukset	teräs	11,7 kg/m <sup>2</sup> <sup>1)</sup>	2,4
koolaus 50 x 75 k1200	mänty	1,5 kg/m <sup>2</sup>	0,3
eriste 50 mm	mineraalivilla	8,3 kg/m <sup>2</sup>	1,7
koolaus 50 x 100 k600	mänty	4,0 kg/m <sup>2</sup>	0,8
eriste 100 mm	mineraalivilla	16,5 kg/m <sup>2</sup>	3,4
tuulensuojalujalevy 4 mm	kova puukuitulevy	3,6 kg/m <sup>2</sup>	0,7
rimat 25 x 50 k1200	mänty	0,5 kg/m <sup>2</sup>	0,1
puuverhous 30 mm	kuusi	13,2 kg/m <sup>2</sup>	2,7
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>98</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>108</b>

<sup>1)</sup> Raudoitusten määrä on oletettu yhtä suureksi kuin Infokeskuksen 200 mm paksussa kantavassa väliseinässä.

<b>Ulkoseinä 5</b>		<b>määrä: 1249 m<sup>2</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
lasiseinän lasitus 3 x 6mm	lasi	45,0 kg/m <sup>2</sup>	56
teräsrunko	teräs	20,0 kg/m <sup>2</sup> <sup>1)</sup>	25
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>81</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>89</b>

<sup>1)</sup> Teräksen määrä on laskettu leikkauspiirustuksen (Leikkaus C-C 1999) ja paikan päällä tehtyjen mittausten perusteella.



<b>Ulkoseinä 6</b>		<b>määrä: 300 m<sup>2</sup></b>		
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>	
Lämpöeristeen teräspinta 0,5 mm <sup>1)</sup>	teräs	3,9 kg/m <sup>2</sup>	1,2	
Lämpöeriste 150 mm	mineraalivilla	24,8 kg/m <sup>2</sup>	7,4	
Lämpöeristeen teräspinta 0,6 mm <sup>1)</sup>	teräs	4,7 kg/m <sup>2</sup>	1,4	
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>10</b>	
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>11</b>	

<sup>1)</sup> Paroc Oy (2001)

<b>Alumiiniritiläverhous</b>		<b>määrä: 2629 m<sup>2</sup></b>		
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>	
alumiiniritilä	alumiini <sup>1)</sup>	11,2 kg/m <sup>2</sup>	29,4	
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>29</b>	
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>32</b>	

<sup>1)</sup> Laskennassa on oletettu, että ritilän alumiinista 90 % on uusialumiinia ja 10 % neitseellistä alumiinia (VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka 2001).

#### YLÄPOHJAT (osat lueteltu ylhäältä alas):

<b>Yläpohja 1</b>		<b>määrä: 3478 m<sup>2</sup></b>		
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>	
tasausbetoni 40 mm	betoni	94,0 kg/m <sup>2</sup>	326,9	
kevytsora KS 30 375 mm	kevytsora	131,3 kg/m <sup>2</sup>	456,7	
muovi 0,2 mm	polyeteeni	0,2 kg/m <sup>2</sup>	0,7	
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>784</b>	
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>863</b>	

<b>Yläpohja 2</b>		<b>määrä: 160 m<sup>2</sup></b>		
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>	
2 x solupolystyreenilevy 80 mm	solupolystyreeni	9,2 kg/m <sup>2</sup>	1,5	
2 x kumibitumikermi 5 mm	kumibitumi	13,5 kg/m <sup>2</sup>	2,2	
kallistukset 30 mm	betoni	70,5 kg/m <sup>2</sup>	11,3	
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>15</b>	
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>16</b>	

<b>Yläpohja 3</b>		<b>määrä: 868 m<sup>2</sup></b>		
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>	
kovakattolevy KKL 20 mm	mineraalivilla	4,6 kg/m <sup>2</sup>	4,0	
aluskattolevy AKLU 80 mm	mineraalivilla	8,8 kg/m <sup>2</sup>	7,6	
aluskattolevy AKLU 80 mm	mineraalivilla	8,8 kg/m <sup>2</sup>	7,6	
profiilipelti 120 mm	teräs	11,8 kg/m <sup>2</sup>	10,2	
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>30</b>	
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>32</b>	

**VESIKATE:**

<b>Vesikate<sup>1)</sup></b>		<b>määrä: 4506 m<sup>2</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
singeli, halk. 8-16 mm, 32 kg / m <sup>2</sup>	singeli	32,0 kg/m <sup>2</sup>	144,2
2 x kumibitumikermi 5 mm	kumibitumi	13,5 kg/m <sup>2</sup>	60,8
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>205</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>226</b>

<sup>1)</sup> Eri yläpohjien päällä on erilaisia vesikatteita, mutta koska tätä vesikatetta on selkeästi eniten, on laskennassa oletettu, että tämäntyyppinen vesikate kattaisi koko rakennuksen.

**LATTIOIDEN PINTAVALU:**

<b>Lattioiden pintavalu</b>		<b>määrä: 11500 m<sup>2</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
pintavalu 50 mm	betoni	117,5 kg/m <sup>2</sup>	1351,3
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>1351</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>1486</b>

**KEVYET VÄLISEINÄT:**

<b>Kevyt väliseinä 1</b>		<b>määrä: 2031 m<sup>2</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
kalkkihiekkatiilet 130 mm <sup>1)</sup>	kalkkihiekkakivi	210,1 kg/m <sup>2</sup>	426,7
muurauslaasti	sementtilaasti	38,9 kg/m <sup>2 2)</sup>	79,0
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>506</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>556</b>

<sup>1)</sup> Laskennassa on oletettu, että tiilet ovat täystiiliä ja että niiden koko on 270 mm x 130 mm x 85 mm.

<sup>2)</sup> Muurauslaastin menekin laskennassa on käytetty lähdeä Kyyrönen (2000, 141).

<b>Kevyt väliseinä 2</b>		<b>määrä: 9312 m<sup>2</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
lastulevy 12 mm	lastulevy	8,4 kg/m <sup>2</sup>	78,2
kertopuurunko 25 mm <sup>1)</sup> x 50 mm k600 <sup>1)</sup>	kertopuu	0,9 kg/m <sup>2</sup>	8,4
eriste 50 mm	mineraalivilla	16,5 kg/m <sup>2</sup>	153,6
lastulevy 12 mm	lastulevy	8,4 kg/m <sup>2</sup>	78,2
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>318</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>350</b>

<sup>1)</sup> Näiltä osin kertopuurungon mitat ovat arvioituja (tekniikan tohtori Arto Saari, Rakentamistalouden laboratorio, Teknillinen korkeakoulu, arvio saatu puhelimitse 25.8.2003).

<b>Kevyt väliseinä 3</b>		<b>määrä: 578 m<sup>2</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
2 x Lujalevy (Luja A) 10 mm	<sup>1)</sup>	21,4 kg/m <sup>2 2)</sup>	12,4
Teräsohutlevyranka k600	teräs	1,0 kg/m <sup>2 3)</sup>	0,6
Eriste 70 mm	mineraalivilla	11,6 kg/m <sup>2</sup>	6,7
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>20</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>22</b>

<sup>1)</sup> Lujalevyn koostumus painoprosentteina: sementti 50-70%, selluloosa n. 10% ja mineraaliset täyteaineet n. 10-40% (Minerit Oy 2003). Laskennassa on käytetty seuraavaa koostumusta: sementti 60%, selluloosa 10 % ja mineraaliset täyteaineet (hiekkä) 30 %.

<sup>2)</sup> Minerit Oy (1997)

<sup>3)</sup> Laskennassa on oletettu, että teräsohutlevyrangassa on saman verran terästä kuin Infokeskuksen kevyiden väliseinien teräsranganrungoissa (R68 k600).

<b>Kevyt väliseinä 4</b>		<b>määrä: 192 m<sup>2</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
6 x kipsikartonkilevy EK 13 mm	<sup>1)</sup>	71,4 kg/m <sup>2 2)</sup>	13,7
Teräsohutlevyranka k600	teräs	1,0 kg/m <sup>2 3)</sup>	0,2
Eriste 70 mm	mineraalivilla	11,6 kg/m <sup>2</sup>	2,2
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>16</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>18</b>

<sup>1)</sup> Kipsikartonkilevyn koostumus painoprosentteina: 93 % kipsiä, 6 % kartonkia sekä 1 % vettä ja erilaisia lisäaineita (Gyproc Oy, 2003a). Lisäaineita ei ole huomioitu laskennassa.

<sup>2)</sup> Gyproc Oy (2003b)

<sup>3)</sup> Laskennassa on oletettu, että teräsohutlevyrangassa on saman verran terästä kuin Infokeskuksen kevyiden väliseinien teräsranganrungoissa (R68 k600).

<b>Kevyt väliseinä 5</b>		<b>määrä: 1006 m<sup>2</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
lastulevy 12 mm	lastulevy	8,4 kg/m <sup>2</sup>	8,5
kertopuurunko 25 mm <sup>1)</sup> x 68 mm k600 <sup>1)</sup>	kertopuu	1,2 kg/m <sup>2</sup>	1,2
lastulevy 12 mm	lastulevy	8,4 kg/m <sup>2</sup>	8,5
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>18</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>20</b>

<sup>1)</sup> Näiltä osin kertopuurungon mitat ovat arvioituja (tekniikan tohtori Arto Saari, Rakentamistalouden laboratorio, Teknillinen korkeakoulu, arvio saatu puhelimitse 25.8.2003).

#### **ERITYISVÄLISEINÄT:**

<b>Erityisväliseinä 1</b>		<b>määrä: 2039 m<sup>2</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
lasiseinän lasitus 1 x 6mm	lasi	15,0 kg/m <sup>2</sup>	30,6
teräsrunko	teräs	6,4 kg/m <sup>2 1)</sup>	13,0
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>44</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>48</b>

<sup>1)</sup> projektipäällikö Mika Bergman, Karkkilan metallityöt Oy (henkilökohtainen tiedonanto puhelimitse 19.9.2003)

<b>Erityisväliseinä 2</b>		<b>määrä: 2851 m<sup>2</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
lasiseinän lasitus 1 x 6mm	lasi	15,0 kg/m <sup>2</sup>	42,8
alumiinirunko	alumiini <sup>1)</sup>	2,2 kg/m <sup>2 2)</sup>	6,3
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>49</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>54</b>

<sup>1)</sup> Laskennassa on oletettu, että rungon alumiinista 50 % on uusioalumiinia ja 50 % neitseellistä alumiinia (Purso Oy:n laatupäällikkö Olavi Pajarisen arvio, saatu sähköpostitse 20.10.2003).

<sup>2)</sup> Laskennassa on oletettu, että rungon tilavuus neliometriä kohden on sama kuin Physicummin erityisväliseinä 1:ssä.

#### LATTIAPINNOITTEET:

<b>PVC-muovimatto</b>		<b>määrä: 8448 m<sup>2</sup> <sup>1)</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
PVC-muovimatot 2mm (Upofloor Estrad & Ohmi)	PVC	2,8 kg/m <sup>2</sup>	23,7
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>24</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>26</b>

<sup>1)</sup> Pinta-ala on laskettu huoneselityksestä (Physicummin huoneselitys 1998). Matot kattavat 53 % lattiapinta-alasta.

<b>Mosaiikkibetonilaatta</b>		<b>määrä: 3662 m<sup>2</sup> <sup>1)</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
Mosaiikkibetonilaatta 30 mm	betoni	70,5 kg/m <sup>2</sup>	258,1
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>258</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>284</b>

<sup>1)</sup> Pinta-ala on laskettu huoneselityksestä (Physicummin huoneselitys 1998). Laatat kattavat 23 % lattiapinta-alasta.

#### ALAKATOT:

Kaikkien alakattojen pinta-alat on laskettu huoneselityksestä (Physicummin huoneselitys 1998).

<b>Alakatto 1</b>		<b>määrä: 6783 m<sup>2</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
Teräsverkko 50x50 mm (teräslangan halk. 4mm)	teräs	3,9 kg/m <sup>2</sup>	26,5
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>26</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>29</b>

<b>Alakatto 2</b>		<b>määrä: 2529 m<sup>2</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
kipsikartonkilevy EK 13 mm	<sup>1)</sup>	11,9 kg/m <sup>2 2)</sup>	30,1
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>30</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>33</b>

<sup>1)</sup> Kipsikartonkilevyn koostumus painoprosenteina: 93 % kipsiä, 6 % kartonkia sekä 1 % vettä ja erilaisia lisäaineita (Gyproc Oy, 2003a). Lisäaineita ei ole huomioitu laskennassa.

<sup>2)</sup> Gyproc Oy (2003b)

<b>Alakatto 3</b>		määrä: 213 m <sup>2</sup>	
osa	materiaali	massa (kg) / yks.	massa (t)
sementtilastulevy 12 mm	<sup>1)</sup>	15,6 kg/m <sup>2</sup>	3,3
koivuviilu 0,6 mm	koivu	0,4 kg/m <sup>2</sup>	0,1
vastaviilu 0,6 mm	koivu	0,4 kg/m <sup>2</sup>	0,1
massa yhteensä (t):			3,5
massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):			3,8

<sup>1)</sup> Sementtilastulevyn koostumus painoprosentteina: 70 % Portland-sementtiä ja 30 % puuta (Elam Oy 2003). Laskennassa on oletettu, että puu on kuusta.

<b>Alakatto 4</b>		määrä: 49 m <sup>2</sup>	
osa	materiaali	massa (kg) / yks.	massa (t)
Sasmox-rakennuslevy 12 mm	<sup>1)</sup>	15,0 kg/m <sup>2</sup> <sup>2)</sup>	0,74
koivuviilu 0,6 mm	koivu	0,4 kg/m <sup>2</sup>	0,02
vastaviilu 0,6 mm	koivu	0,4 kg/m <sup>2</sup>	0,02
massa yhteensä (t):			0,77
massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):			0,85

<sup>1)</sup> Sasmox-rakennuslevyn koostumus painoprosentteina: 83 % kipsiä, 15 % puukuitua ja 2 % vettä (Paloturvalliset sisustus- ja... 2003, 8). Laskennassa on oletettu, että puu on kuusta.

<sup>2)</sup> Paloturvalliset sisustus- ja... (2003, 8)

<b>Alakatto 5</b>		määrä: 27 m <sup>2</sup>	
osa	materiaali	massa (kg) / yks.	massa (t)
Alumiinipaneeli 0,5 mm	alumiini <sup>1)</sup>	1,4 kg/m <sup>2</sup>	0,038
massa yhteensä (t):			0,038
massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):			0,042

<sup>1)</sup> Laskennassa on oletettu, että alumiini on täysin neitseellistä. Todellisuudessa näin ei varmaankaan ole, mutta koska tämän alakaton määrä on todella pieni, ei nähty tarpeellisenä selvittää uusialumiinin osuutta.

<b>Alakatto 6</b>		määrä: 231 m <sup>2</sup>	
osa	materiaali	massa (kg) / yks.	massa (t)
Teräsverkko 50x50 mm (teräslangan halk. 3mm)	teräs	2,2 kg/m <sup>2</sup>	0,5
massa yhteensä (t):			0,5
massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):			0,6

<b>Alakatto 7</b>		määrä: 616 m <sup>2</sup>	
osa	materiaali	massa (kg) / yks.	massa (t)
teräsverkko 50x50 mm (teräslangan halk. 5mm)	teräs	6,2 kg/m <sup>2</sup>	3,8
massa yhteensä (t):			3,8
massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):			4,2

**TALOTEKNIikka:****ATK-VERKKO:**

<b>ATK-verkon kaapelit</b>		<b>määrä: 190 km <sup>1)</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
kuparijohtimet 2 x 4 x 24 awg <sup>2)</sup>	kupari <sup>3)</sup>	- kg/km	3,5
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>3,5</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>3,9</b>

<sup>1)</sup> myyntipäällikkö Raimo Nylund, Primatel, henkilökohtainen tiedonanto puhelimitse 20.8.2003

<sup>2)</sup> toimitusjohtaja Esa Tölli, Alcadon, henkilökohtainen tiedonanto puhelimitse 5.9.2003

<sup>3)</sup> Kupari on täysin neutseellistä (Dov Shaham, Teldor Wires and cables Ltd, henkilökohtainen tiedonanto sähköpostitse 9.9.2003).

**SÄHKÖTEKNIikka, AUTOMAATIO JA PALOHÄLYTYSJÄRJESTELMÄ:**

<b>Sähköjohdot ja -kaapelit</b>		<b>määrä: 97,3 km <sup>1)</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
kuparijohtimet	kupari <sup>2)</sup>	- kg/km	8,6
alumiinijohtimet	alumiini <sup>2)</sup>	- kg/km	3,6
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>12</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>13</b>

<sup>1)</sup> projektipäällikkö Matti Pesonen, TAP-yhtiöt, henkilökohtainen tiedonanto puhelimitse ja postitse 3.9.2003

<sup>2)</sup> Sekä kupari että alumiini on täysin neutseellistä (laatu- ja ympäristöpäällikkö Hannu Turunen, Draka NK Cables, henkilökohtainen tiedonanto sähköpostitse 8.9.2003).

<b>Tikashyllyt ja niihin liittyvät osat</b>		<b>määrä: 26769 kg <sup>1)</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
Tikashyllyt ja niihin liittyvät osat	teräs	- kg/kg	26,8
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>27</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>29</b>

<sup>1)</sup> projektipäällikkö Matti Pesonen, TAP-yhtiöt, henkilökohtainen tiedonanto puhelimitse ja postitse 3.9.2003

**ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ:**

<b>Ilmanvaihtokoneet <sup>1)</sup></b>		<b>määrä: 33000 kg</b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
terästä 90 % (arvio)	teräs	- kg/kg	29,7
alumiinia 5 % (arvio)	alumiini <sup>2)</sup>	- kg/kg	1,7
kuparia 5 % (arvio)	kupari <sup>2)</sup>	- kg/kg	1,7
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>33</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>-</b>

<sup>1)</sup> Kaikki laskennassa käytetyt tiedot ja arviot on saatu Koja Tekniikka Oy:n aluejohtaja Pekka Rantalalta (henkilökohtainen tiedonanto puhelimitse 20.8.2003).

<sup>2)</sup> Uusioalumiinin ja -kuparin osuus on 35 % (Koja Tekniikka Oy:n aluejohtaja Pekka Rantalan arvio).

<b>Ilmanvaihtokanavat <sup>1)</sup></b>		<b>määrä: 64604 kg <sup>2)</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
Ilmanvaihtokanavat	teräs	- kg/kg	64,6
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>65</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>71</b>

<sup>1)</sup> Kaikki laskennassa käytetyt tiedot on saatu Sveimik Oy:n työpäällikkö Mika Liinankilta (henkilökohtainen tiedonanto puhelimitse ja sähköpostitse 3.9.2003).

<sup>2)</sup> Massa sisältää n. 10,7 km pyöreitä kanavia (halkaisija 100-800 mm) ja n. 2000 m<sup>2</sup> suorakaidekanavaa.

<b>Ilmanvaihtojärjestelmän muut osat</b>		<b>määrä: 64604 kg (karkea arvio) <sup>1)</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
Ilmanvaihtojärjestelmän muut osat <sup>2)</sup>	teräs	- kg/kg	64,6
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>65</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>71</b>

<sup>1)</sup> työpäällikkö Mika Liinanki, Sveimik Oy (arvio saatu puhelimitse 3.9.2003)

<sup>2)</sup> Muita osia ovat mm. venttiilit, kannakkeet, ilmanmääräsäätimet sekä säätö- ja palopellit.

#### **PALOSAMMUTUSJÄRJESTELMÄ:**

<b>Palosammutusjärjestelmän putket <sup>1)</sup></b>		<b>määrä: 7432 m</b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
Palosammutusjärjestelmän putket (30-160 mm)	teräs	- kg/m	30,1
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>30</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>33</b>

<sup>1)</sup> Kaikki laskennassa käytetyt tiedot on saatu ARE-Kaksoisputki Oy:n projektipäällikkö Petri Valkoselta (henkilökohtainen tiedonanto puhelimitse 20.8.2003).

#### **LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ:**

<b>Lämmitysjärjestelmän putket</b>		<b>määrä: 9904 m</b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
Lämmitysjärjestelmän putket (17,2 - 219,1 mm)	teräs	- kg/m	56,7
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>57</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>62</b>

#### **VESI- JA JÄÄHDYTYSVESIJOHDOT:**

<b>Vesi- ja jäähdytysvesijohdot</b>		<b>määrä: 6900 m</b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
Vesi- ja jäähdytysvesijohdot (10 - 88,9 mm)	kupari <sup>1)</sup>	- kg/m	8,6
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>8,6</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>9,4</b>

**LABORATORIOIDEN PUTKET:**

<b>Laboratorioiden putket</b>		<b>määrä: 1150 m</b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
Laboratorioiden putket (12 - 35 mm)	kupari <sup>1)</sup>	- kg/m	0,5
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>0,5</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>0,6</b>

<sup>1)</sup> Uusiokuparin osuudeksi on arvioitu 10 % (tarjouslaskija Annele Kiiski, YIT-Huber, arvio saatu 10.9.2003 puhelimitse).

**VIEMÄRIT JA SADEVESIJÄRJESTELMÄ:**

<b>PEH-muoviviemärit</b>		<b>määrä: 480 m</b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
PEH-muoviviemärit (ulkohalkaisijat 50 - 75 mm)	polyeteeni	- kg/m	0,4
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>0,4</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>0,5</b>

<b>PVC-muoviviemärit</b>		<b>määrä: 4660 m</b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
PVC-muoviviemärit (ulkohalkaisijat 32 - 250 mm)	PVC	- kg/m	6,6
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>6,6</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>7,3</b>

<b>Valurautaviemärit</b>		<b>määrä: 600 m</b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
Valurautaviemärit (ulkohalkaisijat 70 - 150 mm)	valurauta	- kg/m	6,0
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>6,0</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>6,6</b>

Kaikki lämmitysjärjestelmän putkien, vesi- ja jäähdytysvesijohtojen, laboratorioiden putkien sekä viemärien ja sadevesijärjestelmän putkien laskennassa käytetyt tiedot on saatu tarjouslaskija Annele Kiiskeltä YIT-Huberista (henkilökohtainen tiedonanto puhelimitse ja postitse 8.9.2003).

**LÄMMÖNKULUTUS:**

<b>Lämmönkulutus vuodessa</b>		<b>määrä: 2530 MWh <sup>1)</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
Lämmönkulutus vuodessa	-	- kg/kWh	-
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>-</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>-</b>

<sup>1)</sup> Vuosien 2001-2002 keskiarvo (ympäristövastaava Virpi Pyy, Helsingin yliopiston tekninen osasto, henkilökohtainen tiedonanto sähköpostitse 7.7.2003).



**SÄHKÖNKULUTUS:**

<b>Sähkönkulutus vuodessa</b>	<b>määrä: 1914 MWh<sup>1)</sup></b>		
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
Sähkönkulutus vuodessa	-	- kg/kWh	-
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>-</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>-</b>

<sup>1)</sup> Vuosien 2001-2002 keskiarvo (ympäristövastaava Virpi Pyy, Helsingin yliopiston tekninen osasto, henkilökohtainen tiedonanto sähköpostitse 7.7.2003).

**VEDENKULUTUS:**

<b>Suora vedenkulutus vuodessa</b>	<b>määrä: 2923 m<sup>3</sup><sup>1)</sup></b>		
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
Suora vedenkulutus vuodessa	vesi	1 000,0 kg/m <sup>3</sup>	2923,0
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>2923</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>-</b>

<sup>1)</sup> Vuosien 2001-2002 keskiarvo (ympäristövastaava Virpi Pyy, Helsingin yliopiston tekninen osasto, henkilökohtainen tiedonanto sähköpostitse 7.7.2003).

**VESIMÄÄRÄ, JOKA MUUTTA RAKENNUKSEN VUOKSI LUONNOLLISTA KULKUAAN:**

<b>Sadevesi</b>	<b>määrä: 4506 m<sup>2</sup><sup>1)</sup></b>		
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
Sadevesi 642 l / m <sup>2</sup> / a <sup>2)</sup>	vesi	642,0 kg/m <sup>2</sup>	2892,9
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>2893</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>-</b>

<sup>1)</sup> Rakennuksen peittämänä pinta-alana on käytetty vesikatteen pinta-alaa.

<sup>2)</sup> Helsingin vuosisade vertailukaudella 1971-2000 oli 642 mm (Ilmatieteen laitos 2003).

**INFOKESKUS:****MAANKAIVUT:**

<b>Pintamaan poisto</b>	<b>määrä: 1089 m<sup>3</sup></b>		
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
Pintamaan poisto n. 20 cm	sora	1800,0 kg/m <sup>3</sup>	1960,2
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>1960</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>-</b>

<b>Kellarin maankaivu</b>	<b>määrä: 16500 m<sup>3</sup></b>		
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
Kellarin maankaivu	sora	1800,0 kg/m <sup>3</sup>	29700,0
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>29700</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>-</b>

**TÄYTÖT:**

<b>Maaston nosto</b>		<b>määrä: 525 m<sup>3</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
Maaston nosto n. 50 cm	sora	1800,0 kg/m <sup>3</sup>	945,0
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>945</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>1040</b>

<b>Ulkoseinän vastainen täyttö</b>		<b>määrä: 3457 m<sup>3</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
täyttö 3 m maaluiskaa vasten	sora	1800,0 kg/m <sup>3</sup>	6222,6
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>6223</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>6845</b>

<b>Täyttö rakennuksen sisäpuolella</b>		<b>määrä: 2268 m<sup>3</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
Täyttö rakennuksen sisäpuolella n. 60 cm	sora	1800,0 kg/m <sup>3</sup>	4082,4
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>4082</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>4491</b>

**POHJARAKENTEET JA VAHVISTUS:**

<b>Teräsbetonipaalut</b>		<b>määrä: 10125 jm</b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
teräsbetonipaalu 300 x 300 mm, betoniosuus	betoni	210,4 kg/jm	2130,3
raudoitukset	teräs	3,7 kg/jm <sup>1)</sup>	37,5
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>2168</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>2385</b>

<sup>1)</sup> arvio (toimitilayksikön johtaja Teuvo Meriläinen, Aaro Kohonen Oy, arvio saatu henkilökohtaisesti 12.6.2003)

**PERUSTUKSET:**

<b>Anturat</b>		<b>määrä: 446 m<sup>3</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
betoniosuus	betoni	2334,7 kg/m <sup>3</sup>	1042,3
raudoitukset	teräs	51,0 kg/m <sup>3 1)</sup>	22,8
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>1065</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>1172</b>

<sup>1)</sup> Anturoiden raudoitusten määrä on laskettu anturan A2 perusteella (Perustusten raudoituksia 1997).

<b>Perusmuuri</b>	<b>määrä: 902 m<sup>2</sup></b>		
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
teräsbetoniseinä 300 mm, betoniosuus	betoni	701,4 kg/m <sup>2</sup>	632,7
raudoitukset	teräs	12,0 kg/m <sup>2</sup> <sup>1)</sup>	10,8
kumibitumikermi 5 mm	kumibitumi	6,8 kg/m <sup>2</sup>	6,1
eriste 170 mm	solupolystyreeni	5,8 kg/m <sup>2</sup>	5,2
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>655</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>720</b>

<sup>1)</sup> Raudoitusten määrä on oletettu yhtä suureksi kuin Infokeskuksen ulkoseinä 1:ssä.

<b>Peruspalkit <sup>1)</sup></b>	<b>määrä: 264 jm</b>		
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
betoniosuus	betoni	699,8 kg/jm	184,7
raudoitukset	teräs	25,3 kg/jm <sup>2)</sup>	6,7
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>191</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>211</b>

<sup>1)</sup> Toimitilayksikön johtaja Teuvo Meriläisen (Aaro Kohonen Oy) ohjeesta alapohjalaatan alla olevat paksummat kohdat tulkittiin peruspalkkeiksi. Laskennassa on käytetty lähdettä Taso +4.400, mittapiirustus (1997).

<sup>2)</sup> Raudoitusten määrä on oletettu yhtä suureksi kuin Infokeskuksen palkeissa (83,8 kg/m<sup>3</sup>).

<b>Alapohja</b>	<b>määrä: 3393 m<sup>2</sup></b>		
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
teräsbetonilaatta 240 mm, betoniosuus	betoni	560,1 kg/m <sup>2</sup>	1900,4
raudoitukset	teräs	13,1 kg/m <sup>2</sup> <sup>1)</sup>	44,4
solupolystyreeni 100 mm	solupolystyreeni	5,8 kg/m <sup>2</sup>	19,7
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>1965</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>2161</b>

<sup>1)</sup> Raudoitusten määrä on laskettu 295,02 m<sup>2</sup>:n alan perusteella piirustuksista Taso +4.400, raudoituspiirustus, alapinnan... (1997) sekä Taso +4.400, raudoituspiirustus, yläpinnan... (1997).

#### **KANTAVAT VÄLISEINÄT:**

<b>Kantava väliseinä</b>	<b>määrä: 1445 m<sup>2</sup></b>		
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
teräsbetoniseinä 200 mm, betoniosuus	betoni	466,5 kg/m <sup>2</sup>	674,1
raudoitukset	teräs	11,7 kg/m <sup>2</sup> <sup>1)</sup>	16,9
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>691</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>760</b>

<sup>1)</sup> Raudoitusten määrä on laskettu hissikuilun raudoituspiirustuksesta (Hissikuilu välillä... 1998).

**PILARIT:**

<b>Pilari 1</b>			
määrä: 140 m <sup>3</sup>			
osa	materiaali	massa (kg) / yks.	massa (t)
teräsbetonipilari, betoniosuus	betoni	2320,1 kg/m <sup>3</sup>	324,8
raudoitukset	teräs	100,0 kg/m <sup>3</sup>	14,0
massa yhteensä (t):			339
massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):			373

<b>Pilari 2</b>			
määrä: 42000 kg			
osa	materiaali	massa (kg) / yks.	massa (t)
teräspilari	teräs	- kg/kg	42,0
palosuojaus	betoni	- kg/kg	61,1
massa yhteensä (t):			103
massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):			113

**LAATAT:**

<b>Laatta 1</b>			
määrä: 10099 m <sup>2</sup>			
osa	materiaali	massa (kg) / yks.	massa (t)
teräsbetonilaatta 260 mm, betoniosuus	betoni	606,8 kg/m <sup>2</sup>	6128,1
raudoitukset	teräs	14,1 kg/m <sup>2</sup> <sup>1)</sup>	142,4
massa yhteensä (t):			6270
massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):			6898

<sup>1)</sup> Raudoitusten määrä on laskettu 283,14 m<sup>2</sup>:n alan perusteella piirustuksista Taso +12.000, raudoituspiirustus, alapinnan... (1997) sekä Taso +12.000, raudoituspiirustus, yläpinnan... (1997).

<b>Laatta 2</b>			
määrä: 505 m <sup>2</sup>			
osa	materiaali	massa (kg) / yks.	massa (t)
kuorilaatta 70 mm / 190 mm, betoniosuus	betoni	441,1 kg/m <sup>2</sup>	222,8
raudoitukset	teräs	18,0 kg/m <sup>2</sup> <sup>1)</sup>	9,1
massa yhteensä (t):			232
massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):			255

<sup>1)</sup> Raudoitusten määränä käytetty keskimääräistä lukua 190 mm:n paksuiselle välipohjalaatalle (Pilarilaattaohje 1989, 59).

<b>Laatta 3</b>			
määrä: 269 m <sup>2</sup>			
osa	materiaali	massa (kg) / yks.	massa (t)
teräsbetonilaatta 250 mm, betoniosuus	betoni	583,3 kg/m <sup>2</sup>	156,9
raudoitukset	teräs	14,0 kg/m <sup>2</sup> <sup>1)</sup>	3,8
massa yhteensä (t):			161
massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):			177

<sup>1)</sup> Raudoitusten määränä käytetty keskimääräistä lukua 250 mm:n paksuiselle välipohjalaatalle (Pilarilaattaohje 1989, 59).

<b>Laatta 4</b>	<b>määrä: 286 m<sup>2</sup></b>		
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
teräsbetoni-laatta 260 mm, betoniosuus	betoni	606,8 kg/m <sup>2</sup>	173,5
raudoitukset	teräs	14,1 kg/m <sup>2</sup> <sup>1)</sup>	4,0
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>178</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>195</b>

<sup>1)</sup> Raudoitusten määrä on oletettu yhtä suureksi kuin Infokeskuksen laatta 1:ssä.

<b>Laatta 5</b> <sup>1)</sup>	<b>määrä: 729 m<sup>2</sup></b>		
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
liittolaatta 100 mm, betoniosuus	betoni	233,8 kg/m <sup>2</sup>	170,4
raudoitukset	teräs	3,9 kg/m <sup>2</sup> <sup>2)</sup>	2,8
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>173</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>191</b>

<sup>1)</sup> Laskennassa ei ole otettu huomioon muottina käytettyä liittopeltiä.

<sup>2)</sup> Raudoitusten määrä on laskettu piirustuksesta Viherhuone välillä 1-2 / K-N... (1997).

#### **PALKIT:**

<b>Palkki 1</b>	<b>määrä: 806 jm</b>		
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
teräsbetonipalkki, betoniosuus	betoni	424,1 kg/jm	341,8
raudoitukset	teräs	15,3 kg/jm <sup>1)</sup>	12,3
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>354</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>390</b>

<sup>1)</sup> Raudoitusten määrä on laskettu 12 jm:n perusteella piirustuksesta (Taso +12.000, raudoituspiirustus, paikallavalupalkki... 1997).

<b>Palkki 2</b>	<b>määrä: 35000 kg</b>		
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
teräspalkki	teräs	- kg/kg	35,0
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>35</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>38</b>

#### **ULKOSEINÄT (osat lueteltu sisältä ulos):**

<b>Ulkoseinä 1</b>	<b>määrä: 1468 m<sup>2</sup></b>		
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
teräsbetoniseinä 300 mm, betoniosuus	betoni	701,4 kg/m <sup>2</sup>	1029,7
raudoitukset	teräs	12,0 kg/m <sup>2</sup> <sup>1)</sup>	17,6
kumibitumikermit 5 mm	kumibitumi	6,8 kg/m <sup>2</sup>	10,0
eriste 100 mm	solupolystyreeni	5,8 kg/m <sup>2</sup>	8,5
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>1066</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>1172</b>

<sup>1)</sup> Raudoitusten määrä on laskettu piirustuksesta Välitilan laatan ja... (1997).

<b>Ulkoseinä 2</b>		<b>määrä: 1786 m<sup>2</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
Lecaterm-harkkomuuraus 300 mm <sup>1)</sup>	kevytsorabetoni <sup>2)</sup>	138,0 kg/m <sup>2</sup>	246,5
harkon sisällä oleva lämpöeriste	solupolyuretaani	3,6 kg/m <sup>2</sup>	6,4
kutistumaraudoitukset	teräs	2,0 kg/m <sup>2</sup>	3,6
muurauslaasti	sementtilaasti	58,3 kg/m <sup>2</sup>	104,1
sementtilaastislammaus molemmin puolin	sementtilaasti	48,0 kg/m <sup>2</sup>	85,7
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>446</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>491</b>

<sup>1)</sup> Laskennassa käytetyt tiedot ovat lähteestä Trimilli Oy (2003).

<sup>2)</sup> Kevytsorabetonin koostumus painoprosentteina: sementti 21,1%, kevytsora 38,7 %, hiekka 11,4 %, filleri 18,9 % ja vesi 9,9 % (tekniikan tohtori Arto Saari, Rakentamistalouden laboratorio, Teknillinen korkeakoulu, henkilökohtainen tiedonanto sähköpostitse 1.9.2003).

<b>Ulkoseinä 3</b>		<b>määrä: 1615 m<sup>2</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
lasiseinä lasitus 1 x 6mm	lasi	15,0 kg/m <sup>2</sup>	24,2
teräsrunko	teräs	16,5 kg/m <sup>2</sup>	26,6
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>51</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>56</b>

<b>Ulkoseinä 4</b>		<b>määrä: 1725 m<sup>2</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
lasiseinän lasitus 2 x 6mm	lasi	30,0 kg/m <sup>2</sup>	51,8
teräsrunko	teräs	16,5 kg/m <sup>2</sup>	28,5
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>80</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>88</b>

<b>Ulkoseinä 5</b>		<b>määrä: 1061 m<sup>2</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
2 x kipsikartonkilevy EK 13 mm	<sup>1)</sup>	23,8 kg/m <sup>2</sup> <sup>2)</sup>	25,3
Paroc-elementti 150 mm	mineraalivilla	24,8 kg/m <sup>2</sup>	26,3
painekyllästetyt laudat 25 mm x 100 mm k600	mänty	2,0 kg/m <sup>2</sup>	2,1
Paroc-elementin tukipilarit P120x120x5.0 k600	teräs	30,1 kg/m <sup>2</sup>	31,9
pelti 1,2 mm	teräs	9,4 kg/m <sup>2</sup>	10,0
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>96</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>105</b>

<sup>1)</sup> Kipsikartonkilevyn koostumus painoprosentteina: 93 % kipsiä, 6 % kartonkia sekä 1 % vettä ja erilaisia lisäaineita (Gyproc Oy, 2003a). Lisäaineita ei ole huomioitu laskennassa.

<sup>2)</sup> Gyproc Oy (2003b)

<b>Ulkoseinä 6</b>		<b>määrä: 480 m<sup>2</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
teräsbetoniseinä 200 mm, betoniosuus	betoni	466,5 kg/m <sup>2</sup>	223,9
raudoitukset	teräs	11,7 kg/m <sup>2</sup>	5,6
lämpöeriste 80 mm	mineraalivilla	3,6 kg/m <sup>2</sup>	1,7
ilmarako 20 mm		kg/m <sup>2</sup>	
kevytsorabetoniharkkomuuraus (Leca UH-100) <sup>1)</sup>	kevytsorabetoni <sup>2)</sup>	66,6 kg/m <sup>2</sup>	32,0
kutistumaraudoitukset	teräs	1,0 kg/m <sup>2</sup>	0,5
muurauslaasti	sementtilaasti	30,0 kg/m <sup>2</sup>	14,4
sementtilaastislammaus	sementtilaasti	24,0 kg/m <sup>2</sup>	11,5
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>290</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>319</b>

<sup>1)</sup> Laskennassa käytetyt tiedot ovat lähteestä Trimilli Oy (2003).

<sup>2)</sup> Kevytsorabetonin koostumus painoprosentteina: sementti 19,3%, kevytsora 51,4 %, lentotuhka 2,8 %, filleri 16,6 % ja vesi 9,9 % (tekniikan tohtori Arto Saari, Rakentamistalouden laboratorio, Teknillinen korkeakoulu, henkilökohtainen tiedonanto sähköpostitse 1.9.2003).

<b>Julkisivusäleikkö</b>		<b>määrä: 623 m<sup>2</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
laudat 45 mm x 95 mm k150	kuusi	9,9 kg/m <sup>2</sup>	6,2
metallikuori L100 mm x 50 mm x 4.0 mm	teräs	24,7 kg/m <sup>2</sup>	15,4
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>22</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>24</b>

<b>Terassin yläpuoliset metallirakenteet</b>		<b>määrä: 20594 kg</b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
terassin yläpuoliset metallirakenteet	teräs	- kg/kg	20,6
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>21</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>23</b>

#### YLÄPOHJAT (osat lueteltu ylhäältä alas):

<b>Yläpohja 1</b>		<b>määrä: 2129 m<sup>2</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
betonilaatta 40 mm	betoni	94,0 kg/m <sup>2</sup>	200,1
kevytsora ks-30 400 mm	kevytsora	140,0 kg/m <sup>2</sup>	298,1
kumibitumikermi 5 mm	kumibitumi	6,8 kg/m <sup>2</sup>	14,5
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>513</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>564</b>

<b>Yläpohja 2</b>		<b>määrä: 1250 m<sup>2</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
SPU-eriste 100 mm	solupolyuretaani	4,5 kg/m <sup>2</sup>	5,6
kumibitumikermi 5 mm	kumibitumi	6,8 kg/m <sup>2</sup>	8,5
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>14</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>16</b>

<b>Yläpohja 3</b>		määrä: 401 m <sup>2</sup>		
osa	materiaali	massa (kg) / yks.	massa (t)	
SPU-eriste 100 mm	solupolyuretaani	4,5 kg/m <sup>2</sup>	1,80	
kumibitumikermi 5 mm	kumibitumi	6,8 kg/m <sup>2</sup>	2,73	
kuumasinkitty, profiloitu kantava pelti 70/0,9	teräs	11,2 kg/m <sup>2</sup>	4,49	
massa yhteensä (t):			9,0	
massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):			9,9	

**VESIKATE:**

<b>Vesikate</b>		määrä: 3780 m <sup>2</sup>		
osa	materiaali	massa (kg) / yks.	massa (t)	
suojakiveys, halk. 8-20 mm, > 35 kg / m <sup>2</sup>	sora	35,0 kg/m <sup>2</sup>	132,3	
2 x kumibitumikermi 5 mm	kumibitumi	13,5 kg/m <sup>2</sup>	51,0	
massa yhteensä (t):			183	
massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):			202	

**LATTIOIDEN PINTAVALU:**

<b>Lattioiden pintavalu</b>		määrä: 10996 m <sup>2</sup>		
osa	materiaali	massa (kg) / yks.	massa (t)	
pintavalu 40 mm	betoni	94,0 kg/m <sup>2</sup>	1033,6	
massa yhteensä (t):			1034	
massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):			1137	

**KEVYET VÄLISEINÄT:**

<b>Kevyt väliseinä 1</b>		määrä: 2550 m <sup>2</sup>		
osa	materiaali	massa (kg) / yks.	massa (t)	
kalkkiahiekkatiilet 130 mm <sup>1)</sup>	kalkkiahiekkakivi	210,1 kg/m <sup>2</sup>	535,8	
muurauslaasti	sementtilaasti	38,9 kg/m <sup>2 2)</sup>	99,2	
massa yhteensä (t):			635	
massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):			698	

<sup>1)</sup> Laskennassa on oletettu, että tiilet ovat täystiiliä ja että niiden koko on 270 mm x 130 mm x 85 mm.

<sup>2)</sup> Muurauslaastin menekin laskennassa on käytetty lähdettä Kyyrönen (2000, 141).

<b>Kevyt väliseinä 2</b>		määrä: 213 m <sup>2</sup>		
osa	materiaali	massa (kg) / yks.	massa (t)	
2 x kipsikartonkilevy EK 13 mm	<sup>1)</sup>	23,8 kg/m <sup>2 2)</sup>	5,1	
eriste 50 mm	mineraalivilla	8,3 kg/m <sup>2</sup>	1,8	
ilmaväli 18 mm	-	- kg/m <sup>2</sup>	-	
teräsrankarunko R68 k600	teräs	1,0 kg/m <sup>2</sup>	0,2	
2 x kipsikartonkilevy EK 13 mm	<sup>1)</sup>	23,8 kg/m <sup>2 2)</sup>	5,1	
massa yhteensä (t):			12	
massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):			13	



<b>Kevyt väliseinä 3</b>		<b>määrä: 2325 m<sup>2</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
kipsikartonkilevy EK 13 mm	<sup>1)</sup>	11,9 kg/m <sup>2 2)</sup>	27,7
eriste 50 mm	mineraalivilla	8,3 kg/m <sup>2</sup>	19,3
ilmaväli 18 mm	-	- kg/m <sup>2</sup>	-
teräsrankarunko R68 k600	teräs	1,0 kg/m <sup>2</sup>	2,3
kipsikartonkilevy EK 13 mm	<sup>1)</sup>	11,9 kg/m <sup>2 2)</sup>	27,7
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>77</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>85</b>

<sup>1)</sup> Kipsikartonkilevyn koostumus painoprosentteina: 93 % kipsiä, 6 % kartonkia sekä 1 % vettä ja erilaisia lisäaineita (Gyproc Oy, 2003a). Lisäaineita ei ole huomioitu laskennassa.

<sup>2)</sup> Gyproc Oy (2003b)

<b>Kevyt väliseinä 4</b>		<b>määrä: 523 m<sup>2</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
kevytsorabetoniharkkomuuraus (Leca UH-200) <sup>1)</sup>	kevytsorabetoni <sup>2)</sup>	125,0 kg/m <sup>2</sup>	65,4
kutistumaraudoitukset	teräs	2,0 kg/m <sup>2</sup>	1,0
muurauslaasti	sementtilaasti	60,0 kg/m <sup>2</sup>	31,4
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>98</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>108</b>

<sup>1)</sup> Laskennassa käytetyt tiedot ovat lähteestä Trimilli Oy (2003).

<sup>2)</sup> Kevytsorabetonin koostumus painoprosentteina: sementti 19,3%, kevytsora 51,4 %, lentotuhka 2,8 %, filleri 16,6 % ja vesi 9,9 % (tekniikan tohtori Arto Saari, Rakentamistalouden laboratorio, Teknillinen korkeakoulu, henkilökohtainen tiedonanto sähköpostitse 1.9.2003).

#### ERITYISVÄLISEINÄT:

<b>Erityisväliseinä</b>		<b>määrä: 1566 m<sup>2</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
lasiseinän lasitus 2 x 3 mm	lasi	15,0 kg/m <sup>2</sup>	23,5
teräsrunko	teräs	16,5 kg/m <sup>2 1)</sup>	25,8
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>49</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>54</b>

<sup>1)</sup> Laskennassa on oletettu, että teräsrunkossa on saman verran terästä kuin Infokeskuksen ulkoseinä 3:n teräsrunkossa.

#### LÄMMÖNKULUTUS:

<b>Lämmönkulutus vuodessa</b>		<b>määrä: 632 MWh <sup>1)</sup></b>	
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
Lämmönkulutus vuodessa	-	- kg/kWh	-
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>-</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>-</b>

<sup>1)</sup> Vuosien 2001-2002 keskiarvo (ympäristövastaava Virpi Pyy, Helsingin yliopiston tekninen osasto, henkilökohtainen tiedonanto sähköpostitse 7.7.2003).

**SÄHKÖNKULUTUS:**

<b>Sähkönkulutus vuodessa</b>	<b>määrä: 914 MWh<sup>1)</sup></b>		
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
Sähkönkulutus vuodessa	-	- kg/kWh	-
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>-</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>-</b>

<sup>1)</sup> Vuosien 2000-2002 keskiarvo (ympäristövastaava Virpi Pyy, Helsingin yliopiston tekninen osasto, henkilökohtainen tiedonanto sähköpostitse 7.7.2003).

**VEDENKULUTUS:**

<b>Suora vedenkulutus vuodessa</b>	<b>määrä: 2051 m<sup>3</sup><sup>1)</sup></b>		
<b>osa</b>	<b>materiaali</b>	<b>massa (kg) / yks.</b>	<b>massa (t)</b>
Suora vedenkulutus vuodessa	vesi	1 000,0 kg/m <sup>3</sup>	2051,0
<b>massa yhteensä (t):</b>			<b>2051</b>
<b>massa yhteensä (t, sisältää hukkaprosentin 10 %):</b>			<b>-</b>

<sup>1)</sup> Vuosien 1999-2001 keskiarvo (ympäristövastaava Virpi Pyy, Helsingin yliopiston tekninen osasto, henkilökohtainen tiedonanto sähköpostitse 7.7.2003).

## LIITE 2. MIPS-laskennassa käytetyt MI-kertoimet

Materiaalien MI-kertoimet on muutettu vastaamaan sähkönkulutukseltaan Suomen olosuhteita tässä tutkimuksessa käytettyjen Suomen sähköntuotannon MI-kertoimien (ks. sähkön- ja lämmöntuotanto -taulukko seuraavalla sivulla) avulla. Tähdellä (\*) merkityille materiaaleille muutosta ei kuitenkaan pystytty tekemään, koska niille ei löytynyt sähkönkulutusta koskevia tietoja.

Jos jollekin materiaalille ei löytynyt omia MI-kertoimia, on sille käytetty jonkin mahdollisimman samantyyppisen toisen materiaalin MI-kertoimia. Alla olevassa taulukossa on tällaisissa tapauksissa kirjoitettu materiaalin perään sulkuihin se materiaali, jonka MI-kertoimia on käytetty. Joissain tapauksissa on myös päädytty arvioimaan MI-kertoimet.

### MATERIAALIT

materiaali	abioottiset luonnonvarat (kg / kg)	bioottiset luonnonvarat (kg / kg)	vesi (kg / kg)	ilma (kg / kg)	MI-kerrointen ja sähkönkulutus-tietojen lähde
betoni	1,24	0,00	8,71	0,04	<sup>1)</sup>
filleri *	1,00	0,00	0,00	0,00	<sup>7)</sup>
hiekkä *	1,18	0,00	0,00	0,00	<sup>1)</sup>
kalkkiahiekkatiili (kalkkiahiekkakivi)	1,20	0,00	7,79	0,004	<sup>1)</sup>
kartonki *	1,86	0,75	93,60	0,33	<sup>2)</sup>
kevytsora (reikätiili)	1,73	0,00	18,68	0,03	<sup>1)</sup>
kipsi	1,40	0,00	33,79	0,02	<sup>1)</sup>
kumibitumi (bitumi) *	2,60	0,00	6,61	0,00	<sup>3)</sup>
kuusi	0,24	4,72	33,50	0,11	<sup>1)</sup>
lasi	2,39	0,00	30,70	0,71	<sup>1)</sup>
lastulevy (puolikova kuitulevy)	0,54	0,00	111,33	0,34	<sup>1)</sup>
lentotuhka *	1,00	0,00	0,00	0,00	<sup>7)</sup>
louhittu kallio *	1,00	0,00	0,00	0,00	<sup>7)</sup>
mineraalivilla	2,23	0,00	136,82	1,52	<sup>1)</sup>
mänty	0,41	5,51	34,92	0,08	<sup>1)</sup>
neitseellinen alumiini	19,36	0,00	4990,19	3,57	<sup>1)</sup>
neitseellinen kupari *	500,00	0,00	260,00	2,00	<sup>1)</sup>
neitseellinen teräs (happiteräs)	5,19	0,00	142,23	1,13	<sup>1)</sup>
polyeteeni PE *	5,40	0,00	64,90	2,10	<sup>1)</sup>
polyvinyylikloridi PVC	3,37	0,00	373,10	0,25	<sup>1)</sup>
Portland-sementti	2,53	0,00	54,89	0,27	<sup>1)</sup>
sadevesi *	0,00	0,00	1,00	0,00	
selluloosa *	1,71	0,00	6,70	0,27	<sup>2)</sup>
sementtilaasti (betoni)	1,24	0,00	8,71	0,04	<sup>1)</sup>
singeli (sora) *	1,18	0,00	0,00	0,00	<sup>1)</sup>
solupolystyreeni (polystyreeni) *	2,51	0,00	164,00	2,80	<sup>2)</sup>
solupolyuretaani SPU	7,67	0,00	1003,08	4,68	<sup>1)</sup>
sora *	1,18	0,00	0,00	0,00	<sup>1)</sup>

tuulensuojalujalevy (kova kuitulevy)	0,60	0,00	175,63	0,75	1)
uusioalumiini	1,00	0,00	195,80	0,13	1)
uusiokupari	4,84	0,00	370,60	0,26	1)
uusioteräs (sähköteräs)	0,62	0,00	208,33	0,30	1)
valurauta (raakarauta)	4,78	0,00	63,26	0,96	1)
vesi *	0,01	0,00	1,3	0,001	2)

### SÄHKÖN- JA LÄMMÖNTUOTANTO

tuotantomuoto	abioottiset luonnonvarat (kg / kWh)	bioottiset luonnonvarat (kg / kWh)	vesi (kg / kWh)	ilma (kg / kWh)	lähde
Suomen sähköntuotanto (keskimääräinen)	0,67	0,00	304,60	0,22	4)
tuulivoima	0,07	0,00	0,17	0,00	6)
Helsingin energian kaukolämpö	0,20	0,00	0,84	0,33	5)

### KULJETUKSET

kuljetusmuoto	abioottiset luonnonvarat (kg / tkm)	bioottiset luonnonvarat (kg / tkm)	vesi (kg / tkm)	ilma (kg / tkm)	lähde
maantiekuljetus (vain dieselpolttoaine huomioitu!)	0,03	0,00	0,17	0,08	8)

1) Wuppertal Institut – Abteilung... (1998)

2) Wuppertal Institute for... (2003)

3) Christopher Manstein, Factor 10 Institute Austria, henkilökohtainen tiedonanto sähköpostitse 3.11.2003

4) ekotehokkuuskonsultti Michael Lettenmeier (Suomen luonnonsuojeluliitto) arvioinut lähteiden Hacker (2003) ja Juutinen (2000) sekä Energia-alan keskusliitto Finergystä saamiensa tietojen avulla

5) ekotehokkuuskonsultti Michael Lettenmeier (Suomen luonnonsuojeluliitto) laskenut Helsingin energialta saatujen tietojen avulla

6) Hacker (2003, 79)

7) arvio (tekniikan tohtori Arto Saari, Rakentamistalouden laboratorio, Teknillinen korkeakoulu)

8) tekniikan tohtori Arto Saari (Rakentamistalouden laboratorio, Teknillinen korkeakoulu) selvittänyt lähteiden Wuppertal Institut - Abteilung... (1998) ja VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka (2002) avulla

LIITE 3. MIPS-laskennan tulokset huoneistoalaa (htm<sup>2</sup>) ja vuotta kohden laskettuna

<b>PHYSICUM</b>	<b>huoneistoala: 14578 htm<sup>2</sup></b>				<b>käyttöikä: 100 v.</b>	
Rakennuksen osa	määrä ja yksikkö	uusimis-jakso (vuotta)	kg abiottisia luonnonvaroja / htm2 / vuosi	kg bioottisia luonnonvaroja / htm2 / vuosi	kg vettä / htm2 / vuosi	kg ilmaa / htm2 / vuosi
<b>LOUHINTA</b>						
Kanaalilouhinta	450 m <sup>3</sup>	>100	0,84	0,00	0,01	0,00
Pinta- ja avolouhinta	25000 m <sup>3</sup>	>100	46,80	0,00	0,40	0,19
		<b>yhteensä</b>	<b>47,64</b>	<b>0,00</b>	<b>0,40</b>	<b>0,19</b>
		<i>osuus</i>	17,1 %	0,0 %	0,0 %	0,2 %
<b>TÄYTÖT</b>						
Soratäyttö	6600 m <sup>3</sup>	>100	10,59	0,00	0,08	0,04
		<b>yhteensä</b>	<b>10,59</b>	<b>0,00</b>	<b>0,08</b>	<b>0,04</b>
		<i>osuus</i>	3,8 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
<b>PERUSTUKSET</b>						
Anturat	360 m <sup>3</sup>	>100	0,86	0,00	7,51	0,05
Perusmuuri	378 m <sup>2</sup>	>100	0,27	0,00	2,69	0,02
Alapohja 1	4151 m <sup>2</sup>	>100	0,81	0,00	8,38	0,07
Alapohja 2	1090 m <sup>2</sup>	>100	0,31	0,00	2,88	0,02
		<b>yhteensä</b>	<b>2,26</b>	<b>0,00</b>	<b>21,46</b>	<b>0,16</b>
		<i>osuus</i>	0,8 %	0,0 %	0,1 %	0,2 %
<b>KANTAVAT VÄLISEINÄT</b>						
Kantava väliseinä	2430 m <sup>2</sup>	20	6,40	0,00	58,66	0,38
		<b>yhteensä</b>	<b>6,40</b>	<b>0,00</b>	<b>58,66</b>	<b>0,38</b>
		<i>osuus</i>	2,3 %	0,0 %	0,1 %	0,4 %
<b>PILARIT</b>						
Pilarit	45000 kg	>100	0,32	0,00	6,39	0,05
		<b>yhteensä</b>	<b>0,32</b>	<b>0,00</b>	<b>6,39</b>	<b>0,05</b>
		<i>osuus</i>	0,1 %	0,0 %	0,0 %	0,1 %
<b>LAATAT</b>						
Laatta 1	434 m <sup>2</sup>	>100	0,20	0,00	2,08	0,01
Laatta 2	581 m <sup>2</sup>	>100	0,32	0,00	2,96	0,02
Laatta 3	70 m <sup>2</sup>	>100	0,04	0,00	0,38	0,00
Laatta 4	700 m <sup>2</sup>	>100	0,18	0,00	1,51	0,01
Laatta 5	320 m <sup>2</sup>	>100	0,12	0,00	0,99	0,01
Laatta 6	10862 m <sup>2</sup>	>100	4,98	0,00	41,57	0,26
Laatta 7	35 m <sup>2</sup>	>100	0,02	0,00	0,17	0,00
Laatta 8	114 m <sup>2</sup>	>100	0,07	0,00	0,61	0,00
Laatta 9	290 m <sup>2</sup>	>100	0,19	0,00	1,66	0,01
Laatta 10	570 m <sup>2</sup>	>100	0,40	0,00	3,40	0,02
Laatta 11	679 m <sup>2</sup>	>100	0,57	0,00	4,61	0,03
		<b>yhteensä</b>	<b>7,09</b>	<b>0,00</b>	<b>59,95</b>	<b>0,38</b>
		<i>osuus</i>	2,5 %	0,0 %	0,1 %	0,4 %
<b>PALKIT</b>						
Palkki 1	82 jm	>100	0,05	0,00	1,29	0,01
Palkki 2	37 jm	>100	0,03	0,00	0,51	0,00
Palkki 3	1269 jm	>100	1,08	0,00	20,51	0,16
Palkki 4	50 m <sup>3</sup>	>100	0,13	0,00	1,22	0,01
Palkki 5	31 jm	>100	0,03	0,00	0,27	0,00
Palkki 6	152 jm	>100	0,07	0,00	0,64	0,00
Palkki 7	19 jm	>100	0,01	0,00	0,11	0,00

Palkki 8	2300 kg	>100	0,01	0,00	0,25	0,00
Palkki 9	50000 kg	>100	0,20	0,00	5,37	0,04
Palkki 10	3000 kg	>100	0,01	0,00	0,32	0,00
Palkki 11	32000 kg	>100	0,13	0,00	3,44	0,03
		<b>yhteensä</b>	<b>1,73</b>	<b>0,00</b>	<b>33,92</b>	<b>0,26</b>
		<i>osuus</i>	<i>0,6 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,1 %</i>	<i>0,3 %</i>
<b>ULKOSEINÄT</b>						
Ulkoseinä 1	2055 m <sup>2</sup>	33	0,73	0,04	31,63	0,30
Ulkoseinä 2	2257 m <sup>2</sup>	>100/50	3,28	0,00	43,82	0,36
Ulkoseinä 3	1100 m <sup>2</sup>	>100/50	1,34	0,00	13,43	0,09
Ulkoseinä 4	205 m <sup>2</sup>	>100/25	0,10	0,05	1,82	0,01
Ulkoseinä 5	1249 m <sup>2</sup>	25	1,00	0,00	19,91	0,26
Ulkoseinä 6	300 m <sup>2</sup>	33	0,09	0,00	4,18	0,04
Alumiiniritiläverhous	2629 m <sup>2</sup>	20	0,38	0,00	90,28	0,07
		<b>yhteensä</b>	<b>6,92</b>	<b>0,10</b>	<b>205,06</b>	<b>1,14</b>
		<i>osuus</i>	<i>2,5 %</i>	<i>31,6 %</i>	<i>0,5 %</i>	<i>1,2 %</i>
<b>YLÄPOHJAT</b>						
Yläpohja 1	3478 m <sup>2</sup>	50	2,72	0,00	25,89	0,08
Yläpohja 2	160 m <sup>2</sup>	50/25	0,07	0,00	1,19	0,02
Yläpohja 3	868 m <sup>2</sup>	50/25	0,28	0,00	13,24	0,14
		<b>yhteensä</b>	<b>3,07</b>	<b>0,00</b>	<b>40,32</b>	<b>0,24</b>
		<i>osuus</i>	<i>1,1 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,1 %</i>	<i>0,3 %</i>
<b>VESIKATE</b>						
Vesikate	4506 m <sup>2</sup>	25	1,24	0,00	1,53	0,01
		<b>yhteensä</b>	<b>1,24</b>	<b>0,00</b>	<b>1,53</b>	<b>0,01</b>
		<i>osuus</i>	<i>0,4 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,0 %</i>
<b>LATTIOIDEN PINTAVALU</b>						
Lattioiden pintavalu	11500 m <sup>2</sup>	33	5,07	0,00	35,66	0,21
		<b>yhteensä</b>	<b>5,07</b>	<b>0,00</b>	<b>35,66</b>	<b>0,21</b>
		<i>osuus</i>	<i>1,8 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,1 %</i>	<i>0,2 %</i>
<b>KEVYET VÄLISEINÄT</b>						
Kevyt väliseinä 1	2031 m <sup>2</sup>	20	2,78	0,00	18,24	0,06
Kevyt väliseinä 2	9312 m <sup>2</sup>	20	1,95	0,18	175,37	1,32
Kevyt väliseinä 3	578 m <sup>2</sup>	20	0,20	0,00	6,40	0,06
Kevyt väliseinä 4	192 m <sup>2</sup>	20	0,12	0,00	3,80	0,02
Kevyt väliseinä 5	1006 m <sup>2</sup>	20	0,04	0,03	8,71	0,03
		<b>yhteensä</b>	<b>5,09</b>	<b>0,21</b>	<b>212,53</b>	<b>1,49</b>
		<i>osuus</i>	<i>1,8 %</i>	<i>68,4 %</i>	<i>0,5 %</i>	<i>1,6 %</i>
<b>ERITYISVÄLISEINÄT</b>						
Erityisväliseinä 1	2039 m <sup>2</sup>	20	0,64	0,00	12,63	0,17
Erityisväliseinä 2	2851 m <sup>2</sup>	20	0,75	0,00	79,35	0,19
		<b>yhteensä</b>	<b>1,39</b>	<b>0,00</b>	<b>91,97</b>	<b>0,36</b>
		<i>osuus</i>	<i>0,5 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,2 %</i>	<i>0,4 %</i>
<b>TALOTEKNIikka</b>						
<b>Lämmitysjärjestelmä</b>						
Teräsputket	56678 kg	20	1,33	0,00	36,51	0,29
<b>Vesi- ja jäähdytysvesijohdot</b>						
Kupariputket	8584 kg	20	17,51	0,00	10,54	0,07

<b>Viemärit ja sadevesijärjestelmä</b>						
PEH-muoviviemärit	430 kg	20	0,01	0,00	0,06	0,00
PVC-muoviviemärit	6599 kg	20	0,10	0,00	11,15	0,01
Valurautaviemärit	5996 kg	20	0,13	0,00	1,72	0,03
<b>Ilmanvaihtojärjestelmä</b>						
Ilmanvaihtokoneet	33000 kg	20	2,94	0,00	41,91	0,17
Ilmanvaihtokanavat	8,23 m <sup>3</sup>	20	1,52	0,00	41,61	0,33
Muut osat	8,23 m <sup>3</sup>	20	1,52	0,00	41,61	0,33
<b>Palosammutusjärjestelmä</b>						
Teräsputket	3,84 m <sup>3</sup>	20	0,71	0,00	19,39	0,16
<b>Laboratorioiden putket</b>						
Kupariputket	524 kg	20	1,07	0,00	0,64	0,00
<b>Sähkötekniikka, rakennusautomaatio ja palohälytysjärjestelmä</b>						
Sähköjohtojen kuparijohtimet	0,97 m <sup>3</sup>	20	19,56	0,00	10,17	0,08
Sähköjohtojen alumiinijohtimet	1,33 m <sup>3</sup>	20	0,31	0,00	80,90	0,06
Tikashyllyt ja niihin liittyvät osat	26769 kg	20	0,63	0,00	17,24	0,14
<b>ATK-verkko</b>						
kaapeleiden kuparijohtimet	0,39 m <sup>3</sup>	20	7,92	0,00	4,12	0,03
		<b>yhteensä</b>	<b>55,26</b>	<b>0,00</b>	<b>317,57</b>	<b>1,70</b>
		<i>osuus</i>	<i>19,8 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,8 %</i>	<i>1,8 %</i>
<b>LÄMMÖNKULUTUS</b>						
Lämmönkulutus	2530 MWh / a	1	35,43	0,00	145,19	58,04
		<b>yhteensä</b>	<b>35,43</b>	<b>0,00</b>	<b>145,19</b>	<b>58,04</b>
		<i>osuus</i>	<i>12,7 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,4 %</i>	<i>62,0 %</i>
<b>SÄHKÖNKULUTUS</b>						
Sähkönkulutus	1914 MWh / a	1	87,82	0,00	39985,13	28,75
		<b>yhteensä</b>	<b>87,82</b>	<b>0,00</b>	<b>39985,13</b>	<b>28,75</b>
		<i>osuus</i>	<i>31,4 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>96,4 %</i>	<i>30,7 %</i>
<b>VEDENKULUTUS</b>						
Vedenkulutus	2923 m <sup>3</sup> / a	1	2,00	0,00	260,62	0,20
		<b>yhteensä</b>	<b>2,00</b>	<b>0,00</b>	<b>260,62</b>	<b>0,20</b>
		<i>osuus</i>	<i>0,7 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,6 %</i>	<i>0,2 %</i>
		<b>YHTEENSÄ</b>	<b>279</b>	<b>0,31</b>	<b>41500</b>	<b>93,6</b>

MIPS-luvut ilman energian- ja vedenkulutusta:

<b>154</b>	<b>0,31</b>	<b>1090</b>	<b>6,62</b>
------------	-------------	-------------	-------------

<b>INFOKESKUS</b>	<b>huoneistoala: 9728 htm<sup>2</sup></b>			<b>käyttöikä: 100 v.</b>		
Rakennuksen osa	määrä ja yksikkö	uusimis-jakso (vuotta)	kg abiottisia luonnonvaroja / htm <sup>2</sup> / vuosi	kg bioottisia luonnonvaroja / htm <sup>2</sup> / vuosi	kg vettä / htm <sup>2</sup> / vuosi	kg ilmaa / htm <sup>2</sup> / vuosi
<b>MAANKAIVUT</b>						
Pintamaan poisto	1089 m <sup>3</sup>	>100	2,38	0,00	0,02	0,01
Kellarin maankaivu	16500 m <sup>3</sup>	>100	36,07	0,00	0,26	0,12
		<b>yhteensä</b>	<b>38,45</b>	<b>0,00</b>	<b>0,28</b>	<b>0,13</b>
		<i>osuus</i>	<i>15,9 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,3 %</i>
<b>TÄYTÖT</b>						
Maaston nosto	525 m <sup>3</sup>	>100	1,26	0,00	0,01	0,00
Ulkoseinän vastainen täyttö	3457 m <sup>3</sup>	>100	8,31	0,00	0,06	0,03
Täyttö rakennuksen sisäpuolella	2268 m <sup>3</sup>	>100	5,45	0,00	0,04	0,02
		<b>yhteensä</b>	<b>15,03</b>	<b>0,00</b>	<b>0,11</b>	<b>0,05</b>
		<i>osuus</i>	<i>6,2 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,1 %</i>
<b>POHJARAKENTEET JA VAHVISTUS</b>						
Teräsbetonipaalu	10125 jm	>100	3,21	0,00	27,07	0,17
		<b>yhteensä</b>	<b>3,21</b>	<b>0,00</b>	<b>27,07</b>	<b>0,17</b>
		<i>osuus</i>	<i>1,3 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,1 %</i>	<i>0,4 %</i>
<b>PERUSTUKSET</b>						
Anturat	446 m <sup>3</sup>	>100	1,60	0,00	13,97	0,09
Perusmuuri	902 m <sup>2</sup>	>100	0,98	0,00	9,01	0,07
Peruspalkit	264 jm	>100	0,30	0,00	2,90	0,02
Alapohja	3393 m <sup>2</sup>	>100	2,99	0,00	29,56	0,23
		<b>yhteensä</b>	<b>5,87</b>	<b>0,00</b>	<b>55,44</b>	<b>0,41</b>
		<i>osuus</i>	<i>2,4 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,2 %</i>	<i>0,8 %</i>
<b>KANTAVAT VÄLISEINÄT</b>						
Kantava väliseinä	1445 m <sup>2</sup>	20	6,28	0,00	56,30	0,37
		<b>yhteensä</b>	<b>6,28</b>	<b>0,00</b>	<b>56,30</b>	<b>0,37</b>
		<i>osuus</i>	<i>2,6 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,2 %</i>	<i>0,7 %</i>
<b>PILARIT</b>						
Pilari 1	140 m <sup>3</sup>	>100	0,54	0,00	5,46	0,04
Pilari 2	42000 kg	>100	0,33	0,00	7,36	0,06
		<b>yhteensä</b>	<b>0,87</b>	<b>0,00</b>	<b>12,82</b>	<b>0,09</b>
		<i>osuus</i>	<i>0,4 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,2 %</i>
<b>LAATAT</b>						
Laatta 1	10099 m <sup>2</sup>	>100	9,44	0,00	83,42	0,54
Laatta 2	505 m <sup>2</sup>	>100	0,37	0,00	3,66	0,02
Laatta 3	269 m <sup>2</sup>	>100	0,24	0,00	2,16	0,01
Laatta 4	286 m <sup>2</sup>	>100	0,27	0,00	2,36	0,02
Laatta 5	729 m <sup>2</sup>	>100	0,26	0,00	2,15	0,01
		<b>yhteensä</b>	<b>10,57</b>	<b>0,00</b>	<b>93,75</b>	<b>0,61</b>
		<i>osuus</i>	<i>4,4 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,3 %</i>	<i>1,2 %</i>
<b>PALKIT</b>						
Palkki 1	806 jm	>100	0,55	0,00	5,36	0,04
Palkki 2	35000 kg	>100	0,21	0,00	5,63	0,05
		<b>yhteensä</b>	<b>0,76</b>	<b>0,00</b>	<b>10,99</b>	<b>0,08</b>
		<i>osuus</i>	<i>0,3 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,2 %</i>



<b>ULKOSEINÄT</b>						
Ulkoseinä 1	1468 m <sup>2</sup>	>100	1,60	0,00	14,66	0,11
Ulkoseinä 2	1786 m <sup>2</sup>	50/17	2,68	0,00	47,80	0,23
Ulkoseinä 3	1615 m <sup>2</sup>	25	1,11	0,00	25,62	0,27
Ulkoseinä 4	1725 m <sup>2</sup>	25	1,53	0,00	31,86	0,40
Ulkoseinä 5	1061 m <sup>2</sup>	33	1,42	0,06	47,78	0,41
Ulkoseinä 6	480 m <sup>2</sup>	50/17	1,43	0,00	18,79	0,11
Julkisivusäleikkö	623 m <sup>2</sup>	20	0,55	0,20	16,27	0,12
Terassin yläp. teräsrakenteet	20594 kg	50	0,36	0,00	9,94	0,08
		<b>yhteensä</b>	<b>10,68</b>	<b>0,26</b>	<b>212,72</b>	<b>1,73</b>
		<i>osuus</i>	4,4 %	92,7 %	0,7 %	3,5 %
<b>YLÄPOHJAT</b>						
Yläpohja 1	2129 m <sup>2</sup>	50	2,72	0,00	25,15	0,07
Yläpohja 2	1250 m <sup>2</sup>	25	0,37	0,00	32,22	0,15
Yläpohja 3	401 m <sup>2</sup>	50/25	0,20	0,00	12,51	0,07
		<b>yhteensä</b>	<b>3,29</b>	<b>0,00</b>	<b>69,88</b>	<b>0,28</b>
		<i>osuus</i>	1,4 %	0,0 %	0,2 %	0,6 %
<b>VESIKATE</b>						
Vesikate	3780 m <sup>2</sup>	25	1,64	0,00	1,92	0,01
		<b>yhteensä</b>	<b>1,64</b>	<b>0,00</b>	<b>1,92</b>	<b>0,01</b>
		<i>osuus</i>	0,7 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
<b>LATTIOIDEN PINTAVALU</b>						
Lattioiden pintavalu	10996 m <sup>2</sup>	33	5,81	0,00	40,88	0,24
		<b>yhteensä</b>	<b>5,81</b>	<b>0,00</b>	<b>40,88</b>	<b>0,24</b>
		<i>osuus</i>	2,4 %	0,0 %	0,1 %	0,5 %
<b>KEVYET VÄLISEINÄT</b>						
Kevyt väliseinä 1	2550 m <sup>2</sup>	20	5,23	0,00	34,32	0,11
Kevyt väliseinä 2	213 m <sup>2</sup>	20	0,13	0,00	4,39	0,02
Kevyt väliseinä 3	2325 m <sup>2</sup>	20	0,91	0,02	34,02	0,24
Kevyt väliseinä 4	523 m <sup>2</sup>	20	1,00	0,00	11,92	0,05
		<b>yhteensä</b>	<b>7,27</b>	<b>0,02</b>	<b>84,65</b>	<b>0,43</b>
		<i>osuus</i>	3,0 %	7,3 %	0,3 %	0,9 %
<b>ERITYISVÄLISEINÄT</b>						
Eritysväliseinä	1566 m <sup>2</sup>	20	1,29	0,00	29,81	0,32
		<b>yhteensä</b>	<b>1,29</b>	<b>0,00</b>	<b>29,81</b>	<b>0,32</b>
		<i>osuus</i>	0,5 %	0,0 %	0,1 %	0,6 %
<b>TALOTEKNIikka (laskettu Physicummin bruttoalaa ja vuotta kohden laskettujen MIPS-lukujen avulla)</b>						
<b>Lämmitysjärjestelmä</b>						
Teräsputket	36200 kg	20	1,27	0,00	34,94	0,28
<b>Vesi- ja jäähdytysvesijohdot</b>						
Kupariputket	5483 kg	20	16,76	0,00	10,08	0,07
<b>Viemärit ja sadevesijärjestelmä</b>						
PEH-muoviviemärit	275 kg	20	0,01	0,00	0,06	0,00
PVC-muoviviemärit	4215 kg	20	0,10	0,00	10,67	0,01
Valurautaviemärit	3830 kg	20	0,12	0,00	1,64	0,03
<b>Ilmanvaihtojärjestelmä</b>						
Ilmanvaihtokoneet	21077 kg	20	2,81	0,00	40,11	0,16
Ilmanvaihtokanavat	5,26 m <sup>3</sup>	20	1,45	0,00	39,83	0,32
Muut osat	5,26 m <sup>3</sup>	20	1,45	0,00	39,83	0,32

<b>Palosammutusjärjestelmä</b>						
Teräsputket	2,45 m <sup>3</sup>	20	0,68	0,00	18,56	0,15
<b>Sähkötekniikka, rakennusautomaatio ja palohälytysjärjestelmä</b>						
Sähköjohtojen kuparijohtimet	0,62 m <sup>3</sup>	20	18,72	0,00	9,74	0,08
Sähköjohtojen alumiinijohtimet	0,85 m <sup>3</sup>	20	0,30	0,00	77,43	0,06
Tikashyllyt ja niihin liittyvät osat	17097 kg	20	0,60	0,00	16,50	0,13
<b>ATK-verkko</b>						
kaapeleiden kuparijohtimet	0,25 m <sup>3</sup>	20	7,58	0,00	3,94	0,03
		<b>yhteensä</b>	<b>51,86</b>	<b>0,00</b>	<b>303,34</b>	<b>1,63</b>
		<i>osuus</i>	<i>21,5 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>1,0 %</i>	<i>3,3 %</i>
<b>LÄMMÖNKULUTUS</b>						
Lämmönkulutus	632 MWh / a	1	13,27	0,00	54,36	21,73
		<b>yhteensä</b>	<b>13,27</b>	<b>0,00</b>	<b>54,36</b>	<b>21,73</b>
		<i>osuus</i>	<i>5,5 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,2 %</i>	<i>44,3 %</i>
<b>SÄHKÖNKULUTUS</b>						
Sähkönkulutus	914 MWh / a	1	62,86	0,00	28618,87	20,58
		<b>yhteensä</b>	<b>62,86</b>	<b>0,00</b>	<b>28618,87</b>	<b>20,58</b>
		<i>osuus</i>	<i>26,1 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>95,6 %</i>	<i>42,0 %</i>
<b>VEDENKULUTUS</b>						
Vedenkulutus	2051 m <sup>3</sup> / a	1	2,11	0,00	274,04	0,21
		<b>yhteensä</b>	<b>2,11</b>	<b>0,00</b>	<b>274,04</b>	<b>0,21</b>
		<i>osuus</i>	<i>0,9 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,9 %</i>	<i>0,4 %</i>
		<b>YHTEENSÄ</b>	<b>241</b>	<b>0,28</b>	<b>29900</b>	<b>49,0</b>

MIPS-luvut ilman energian- ja vedenkulutusta:

<b>163</b>	<b>0,28</b>	<b>1000</b>	<b>6,53</b>
------------	-------------	-------------	-------------

LIITE 4. MIPS-laskennan tulokset bruttoalaa (brm<sup>2</sup>) ja vuotta kohden laskettuna

<b>PHYSICUM</b>	<b>bruttoala: 17871 brm<sup>2</sup></b>			<b>käyttöikä: 100 v.</b>		
Rakennuksen osa	määrä ja yksikkö	uusimis-jakso (vuotta)	kg abiottisia luonnonvaroja / brm <sup>2</sup> / vuosi	kg biottisia luonnonvaroja / brm <sup>2</sup> / vuosi	kg vettä / brm <sup>2</sup> / vuosi	kg ilmaa / brm <sup>2</sup> / vuosi
<b>LOUHINTA</b>						
Kanaalilouhinta	450 m <sup>3</sup>	>100	0,69	0,00	0,01	0,00
Pinta- ja avolouhinta	25000 m <sup>3</sup>	>100	38,18	0,00	0,32	0,15
		<b>yhteensä</b>	<b>38,86</b>	<b>0,00</b>	<b>0,33</b>	<b>0,16</b>
		<i>osuus</i>	<i>17,1 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,2 %</i>
<b>TÄYTÖT</b>						
Soratäyttö	6600 m <sup>3</sup>	>100	8,64	0,00	0,06	0,03
		<b>yhteensä</b>	<b>8,64</b>	<b>0,00</b>	<b>0,06</b>	<b>0,03</b>
		<i>osuus</i>	<i>3,8 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,0 %</i>
<b>PERUSTUKSET</b>						
Anturat	360 m <sup>3</sup>	>100	0,70	0,00	6,13	0,04
Perusmuuri	378 m <sup>2</sup>	>100	0,22	0,00	2,20	0,02
Alapohja 1	4151 m <sup>2</sup>	>100	0,66	0,00	6,83	0,06
Alapohja 2	1090 m <sup>2</sup>	>100	0,25	0,00	2,35	0,02
		<b>yhteensä</b>	<b>1,84</b>	<b>0,00</b>	<b>17,51</b>	<b>0,13</b>
		<i>osuus</i>	<i>0,8 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,1 %</i>	<i>0,2 %</i>
<b>KANTAVAT VÄLISEINÄT</b>						
Kantava väliseinä	2430 m <sup>2</sup>	20	5,22	0,00	47,85	0,31
		<b>yhteensä</b>	<b>5,22</b>	<b>0,00</b>	<b>47,85</b>	<b>0,31</b>
		<i>osuus</i>	<i>2,3 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,1 %</i>	<i>0,4 %</i>
<b>PILARIT</b>						
Pilarit	45000 kg	>100	0,26	0,00	5,21	0,04
		<b>yhteensä</b>	<b>0,26</b>	<b>0,00</b>	<b>5,21</b>	<b>0,04</b>
		<i>osuus</i>	<i>0,1 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,1 %</i>
<b>LAATAT</b>						
Laatta 1	434 m <sup>2</sup>	>100	0,16	0,00	1,70	0,01
Laatta 2	581 m <sup>2</sup>	>100	0,26	0,00	2,42	0,02
Laatta 3	70 m <sup>2</sup>	>100	0,04	0,00	0,31	0,00
Laatta 4	700 m <sup>2</sup>	>100	0,15	0,00	1,23	0,01
Laatta 5	320 m <sup>2</sup>	>100	0,10	0,00	0,81	0,01
Laatta 6	10862 m <sup>2</sup>	>100	4,06	0,00	33,91	0,21
Laatta 7	35 m <sup>2</sup>	>100	0,01	0,00	0,14	0,00
Laatta 8	114 m <sup>2</sup>	>100	0,06	0,00	0,50	0,00
Laatta 9	290 m <sup>2</sup>	>100	0,16	0,00	1,35	0,01
Laatta 10	570 m <sup>2</sup>	>100	0,33	0,00	2,77	0,02
Laatta 11	679 m <sup>2</sup>	>100	0,46	0,00	3,76	0,02
		<b>yhteensä</b>	<b>5,78</b>	<b>0,00</b>	<b>48,90</b>	<b>0,31</b>
			<i>2,5 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,1 %</i>	<i>0,4 %</i>
<b>PALKIT</b>						
Palkki 1	82 jm	>100	0,04	0,00	1,05	0,01
Palkki 2	37 jm	>100	0,02	0,00	0,42	0,00
Palkki 3	1269 jm	>100	0,88	0,00	16,73	0,13
Palkki 4	50 m <sup>3</sup>	>100	0,10	0,00	0,99	0,01
Palkki 5	31 jm	>100	0,02	0,00	0,22	0,00
Palkki 6	152 jm	>100	0,06	0,00	0,52	0,00
Palkki 7	19 jm	>100	0,01	0,00	0,09	0,00

Palkki 8	2300 kg	>100	0,01	0,00	0,20	0,00
Palkki 9	50000 kg	>100	0,16	0,00	4,38	0,04
Palkki 10	3000 kg	>100	0,01	0,00	0,26	0,00
Palkki 11	32000 kg	>100	0,10	0,00	2,80	0,02
		<b>yhteensä</b>	<b>1,41</b>	<b>0,00</b>	<b>27,67</b>	<b>0,21</b>
		<i>osuus</i>	<i>0,6 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,1 %</i>	<i>0,3 %</i>
<b>ULKOSEINÄT</b>						
Ulkoseinä 1	2055 m <sup>2</sup>	33	0,60	0,04	25,80	0,25
Ulkoseinä 2	2257 m <sup>2</sup>	>100/50	2,68	0,00	35,74	0,30
Ulkoseinä 3	1100 m <sup>2</sup>	>100/50	1,09	0,00	10,96	0,08
Ulkoseinä 4	205 m <sup>2</sup>	>100/25	0,08	0,04	1,49	0,01
Ulkoseinä 5	1249 m <sup>2</sup>	25	0,81	0,00	16,24	0,21
Ulkoseinä 6	300 m <sup>2</sup>	33	0,07	0,00	3,41	0,04
Alumiiniritiläverhous	2629 m <sup>2</sup>	20	0,31	0,00	73,64	0,05
		<b>yhteensä</b>	<b>5,64</b>	<b>0,08</b>	<b>167,28</b>	<b>0,93</b>
		<i>osuus</i>	<i>2,5 %</i>	<i>31,6 %</i>	<i>0,5 %</i>	<i>1,2 %</i>
<b>YLÄPOHJAT</b>						
Yläpohja 1	3478 m <sup>2</sup>	50	2,22	0,00	21,12	0,07
Yläpohja 2	160 m <sup>2</sup>	50/25	0,05	0,00	0,97	0,01
Yläpohja 3	868 m <sup>2</sup>	50/25	0,23	0,00	10,80	0,11
		<b>yhteensä</b>	<b>2,50</b>	<b>0,00</b>	<b>32,89</b>	<b>0,19</b>
		<i>osuus</i>	<i>1,1 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,1 %</i>	<i>0,3 %</i>
<b>VESIKATE</b>						
Vesikate	4506 m <sup>2</sup>	25	1,01	0,00	1,25	0,00
		<b>yhteensä</b>	<b>1,01</b>	<b>0,00</b>	<b>1,25</b>	<b>0,00</b>
		<i>osuus</i>	<i>0,4 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,0 %</i>
<b>LATTIOIDEN PINTAVALU</b>						
Lattioiden pintavalu	11500 m <sup>2</sup>	33	4,13	0,00	29,09	0,17
		<b>yhteensä</b>	<b>4,13</b>	<b>0,00</b>	<b>29,09</b>	<b>0,17</b>
		<i>osuus</i>	<i>1,8 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,1 %</i>	<i>0,2 %</i>
<b>KEVYET VÄLISEINÄT</b>						
Kevyt väliseinä 1	2031 m <sup>2</sup>	20	2,27	0,00	14,88	0,05
Kevyt väliseinä 2	9312 m <sup>2</sup>	20	1,59	0,15	143,06	1,08
Kevyt väliseinä 3	578 m <sup>2</sup>	20	0,16	0,00	5,22	0,05
Kevyt väliseinä 4	192 m <sup>2</sup>	20	0,09	0,00	3,10	0,02
Kevyt väliseinä 5	1006 m <sup>2</sup>	20	0,04	0,02	7,11	0,02
		<b>yhteensä</b>	<b>4,15</b>	<b>0,17</b>	<b>173,36</b>	<b>1,22</b>
		<i>osuus</i>	<i>1,8 %</i>	<i>68,4 %</i>	<i>0,5 %</i>	<i>1,6 %</i>
<b>ERITYISVÄLISEINÄT</b>						
Erityisväliseinä 1	2039 m <sup>2</sup>	20	0,52	0,00	10,30	0,14
Erityisväliseinä 2	2851 m <sup>2</sup>	20	0,61	0,00	64,72	0,16
		<b>yhteensä</b>	<b>1,13</b>	<b>0,00</b>	<b>75,03</b>	<b>0,29</b>
		<i>osuus</i>	<i>0,5 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,2 %</i>	<i>0,4 %</i>
<b>TALOTEKNIikka</b>						
<b>Lämmitysjärjestelmä</b>						
Teräspuutket	56678 kg	20	1,09	0,00	29,78	0,24
<b>Vesi- ja jäähdytysvesijohdot</b>						
Kupariputket	8584 kg	20	14,28	0,00	8,59	0,06

<b>Viemärit ja sadevesijärjestelmä</b>						
PEH-muoviviemärit	430 kg	20	0,00	0,00	0,05	0,00
PVC-muoviviemärit	6599 kg	20	0,08	0,00	9,09	0,01
Valurautaviemärit	5996 kg	20	0,11	0,00	1,40	0,02
<b>Ilmanvaihtojärjestelmä</b>						
Ilmanvaihtokoneet	33000 kg	20	2,40	0,00	34,19	0,13
Ilmanvaihtokanavat	8,23 m <sup>3</sup>	20	1,24	0,00	33,94	0,27
Muut osat	8,23 m <sup>3</sup>	20	1,24	0,00	33,94	0,27
<b>Palosammutusjärjestelmä</b>						
Teräsputket	3,84 m <sup>3</sup>	20	0,58	0,00	15,82	0,13
<b>Laboratorioiden putket</b>						
Kupariputket	524 kg	20	0,87	0,00	0,52	0,00
<b>Sähkötekniikka, rakennusautomaatio ja palohälytysjärjestelmä</b>						
Sähköjohtojen kuparijohtimet	0,97 m <sup>3</sup>	20	15,96	0,00	8,30	0,06
Sähköjohtojen alumiinijohtimet	1,33 m <sup>3</sup>	20	0,26	0,00	65,99	0,05
Tikashyllyt ja niihin liittyvät osat	26769 kg	20	0,51	0,00	14,06	0,11
<b>ATK-verkko</b>						
kaapeleiden kuparijohtimet	0,39 m <sup>3</sup>	20	6,46	0,00	3,36	0,03
		<b>yhteensä</b>	<b>45,08</b>	<b>0,00</b>	<b>259,06</b>	<b>1,39</b>
		<i>osuus</i>	<i>19,8 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,8 %</i>	<i>1,8 %</i>
<b>LÄMMÖNKULUTUS</b>						
Lämmönkulutus	2530 MWh / a	1	28,90	0,00	118,44	47,35
		<b>yhteensä</b>	<b>28,90</b>	<b>0,00</b>	<b>118,44</b>	<b>47,35</b>
		<i>osuus</i>	<i>12,7 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,4 %</i>	<i>62,0 %</i>
<b>SÄHKÖNKULUTUS</b>						
Sähkönkulutus	1914 MWh / a	1	71,64	0,00	32617,27	23,45
		<b>yhteensä</b>	<b>71,64</b>	<b>0,00</b>	<b>32617,27</b>	<b>23,45</b>
		<i>osuus</i>	<i>31,4 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>96,4 %</i>	<i>30,7 %</i>
<b>VEDENKULUTUS</b>						
Vedenkulutus	2923 m <sup>3</sup> / a	1	1,64	0,00	212,59	0,16
		<b>yhteensä</b>	<b>1,64</b>	<b>0,00</b>	<b>212,59</b>	<b>0,16</b>
		<i>osuus</i>	<i>0,7 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,6 %</i>	<i>0,2 %</i>
		<b>YHTEENSÄ</b>	<b>228</b>	<b>0,25</b>	<b>33800</b>	<b>76,4</b>

MIPS-luvut ilman energian- ja vedenkulutusta:

<b>126</b>	<b>0,25</b>	<b>885</b>	<b>5,40</b>
------------	-------------	------------	-------------

<b>INFOKESKUS</b>	<b>bruttoala: 11414 brm<sup>2</sup></b>			<b>käyttöikä: 100 v.</b>		
Rakennuksen osa	määrä ja yksikkö	uusimis-jakso (vuotta)	kg abiottisia luonnonvaroja / brm <sup>2</sup> / vuosi	kg bioottisia luonnonvaroja / brm <sup>2</sup> / vuosi	kg vettä / brm <sup>2</sup> / vuosi	kg ilmaa / brm <sup>2</sup> / vuosi
<b>MAANKAIVUT</b>						
Pintamaan poisto	1089 m <sup>3</sup>	>100	2,03	0,00	0,01	0,01
Kellarin maankaivu	16500 m <sup>3</sup>	>100	30,74	0,00	0,22	0,10
		<b>yhteensä</b>	<b>32,77</b>	<b>0,00</b>	<b>0,24</b>	<b>0,11</b>
		<i>osuus</i>	<i>15,9 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,3 %</i>
<b>TÄYTÖT</b>						
Maaston nosto	525 m <sup>3</sup>	>100	1,08	0,00	0,01	0,00
Ulkoseinän vastainen täyttö	3457 m <sup>3</sup>	>100	7,09	0,00	0,05	0,02
Täyttö rakennuksen sisäpuolella	2268 m <sup>3</sup>	>100	4,65	0,00	0,03	0,02
		<b>yhteensä</b>	<b>12,81</b>	<b>0,00</b>	<b>0,09</b>	<b>0,04</b>
		<i>osuus</i>	<i>6,2 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,1 %</i>
<b>POHJARAKENTEET JA VAHVISTUS</b>						
Teräsbetonipaalu	10125 jm	>100	2,74	0,00	23,07	0,15
		<b>yhteensä</b>	<b>2,74</b>	<b>0,00</b>	<b>23,07</b>	<b>0,15</b>
		<i>osuus</i>	<i>1,3 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,1 %</i>	<i>0,4 %</i>
<b>PERUSTUKSET</b>						
Anturat	446 m <sup>3</sup>	>100	1,36	0,00	11,91	0,08
Perusmuuri	902 m <sup>2</sup>	>100	0,84	0,00	7,68	0,06
Peruspalkit	264 jm	>100	0,25	0,00	2,47	0,02
Alapohja	3393 m <sup>2</sup>	>100	2,54	0,00	25,20	0,20
		<b>yhteensä</b>	<b>5,00</b>	<b>0,00</b>	<b>47,25</b>	<b>0,35</b>
		<i>osuus</i>	<i>2,4 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,2 %</i>	<i>0,8 %</i>
<b>KANTAVAT VÄLISEINÄT</b>						
Kantava väliseinä	1445 m <sup>2</sup>	20	5,35	0,00	47,99	0,31
		<b>yhteensä</b>	<b>5,35</b>	<b>0,00</b>	<b>47,99</b>	<b>0,31</b>
		<i>osuus</i>	<i>2,6 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,2 %</i>	<i>0,7 %</i>
<b>PILARIT</b>						
Pilari 1	140 m <sup>3</sup>	>100	0,46	0,00	4,66	0,03
Pilari 2	42000 kg	>100	0,28	0,00	6,27	0,05
		<b>yhteensä</b>	<b>0,74</b>	<b>0,00</b>	<b>10,93</b>	<b>0,08</b>
		<i>osuus</i>	<i>0,4 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,2 %</i>
<b>LAATAT</b>						
Laatta 1	10099 m <sup>2</sup>	>100	8,05	0,00	71,10	0,46
Laatta 2	505 m <sup>2</sup>	>100	0,31	0,00	3,12	0,02
Laatta 3	269 m <sup>2</sup>	>100	0,21	0,00	1,84	0,01
Laatta 4	286 m <sup>2</sup>	>100	0,23	0,00	2,01	0,01
Laatta 5	729 m <sup>2</sup>	>100	0,22	0,00	1,83	0,01
		<b>yhteensä</b>	<b>9,01</b>	<b>0,00</b>	<b>79,90</b>	<b>0,52</b>
		<i>osuus</i>	<i>4,4 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,3 %</i>	<i>1,2 %</i>
<b>PALKIT</b>						
Palkki 1	806 jm	>100	0,47	0,00	4,57	0,03
Palkki 2	35000 kg	>100	0,18	0,00	4,80	0,04
		<b>yhteensä</b>	<b>0,65</b>	<b>0,00</b>	<b>9,37</b>	<b>0,07</b>
		<i>osuus</i>	<i>0,3 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,2 %</i>

<b>ULKOSEINÄT</b>						
Ulkoseinä 1	1468 m <sup>2</sup>	>100	1,37	0,00	12,49	0,09
Ulkoseinä 2	1786 m <sup>2</sup>	50/17	2,28	0,00	40,74	0,20
Ulkoseinä 3	1615 m <sup>2</sup>	25	0,95	0,00	21,84	0,23
Ulkoseinä 4	1725 m <sup>2</sup>	25	1,31	0,00	27,16	0,34
Ulkoseinä 5	1061 m <sup>2</sup>	33	1,21	0,05	40,73	0,35
Ulkoseinä 6	480 m <sup>2</sup>	50/17	1,21	0,00	16,01	0,09
Julkisivusäleikkö	623 m <sup>2</sup>	20	0,47	0,17	13,87	0,11
Terassin yläp. teräsrakenteet	20594 kg	50	0,31	0,00	8,47	0,07
		<b>yhteensä</b>	<b>9,10</b>	<b>0,22</b>	<b>181,30</b>	<b>1,47</b>
		<i>osuus</i>	<i>4,4 %</i>	<i>92,7 %</i>	<i>0,7 %</i>	<i>3,5 %</i>
<b>YLÄPOHJAT</b>						
Yläpohja 1	2129 m <sup>2</sup>	50	2,32	0,00	21,44	0,06
Yläpohja 2	1250 m <sup>2</sup>	25	0,31	0,00	27,46	0,13
Yläpohja 3	401 m <sup>2</sup>	50/25	0,17	0,00	10,66	0,06
		<b>yhteensä</b>	<b>2,80</b>	<b>0,00</b>	<b>59,56</b>	<b>0,24</b>
		<i>osuus</i>	<i>1,4 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,2 %</i>	<i>0,6 %</i>
<b>VESIKATE</b>						
Vesikate	3780 m <sup>2</sup>	25	1,39	0,00	1,64	0,01
		<b>yhteensä</b>	<b>1,39</b>	<b>0,00</b>	<b>1,64</b>	<b>0,01</b>
		<i>osuus</i>	<i>0,7 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,0 %</i>
<b>LATTIOIDEN PINTAVALU</b>						
Lattioiden pintavalu	10996 m <sup>2</sup>	33	4,95	0,00	34,84	0,20
		<b>yhteensä</b>	<b>4,95</b>	<b>0,00</b>	<b>34,84</b>	<b>0,20</b>
		<i>osuus</i>	<i>2,4 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,1 %</i>	<i>0,5 %</i>
<b>KEVYET VÄLISEINÄT</b>						
Kevyt väliseinä 1	2550 m <sup>2</sup>	20	4,46	0,00	29,25	0,09
Kevyt väliseinä 2	213 m <sup>2</sup>	20	0,11	0,00	3,74	0,02
Kevyt väliseinä 3	2325 m <sup>2</sup>	20	0,77	0,01	29,00	0,20
Kevyt väliseinä 4	523 m <sup>2</sup>	20	0,85	0,00	10,16	0,05
		<b>yhteensä</b>	<b>6,20</b>	<b>0,02</b>	<b>72,15</b>	<b>0,36</b>
		<i>osuus</i>	<i>3,0 %</i>	<i>7,3 %</i>	<i>0,3 %</i>	<i>0,9 %</i>
<b>ERITYISVÄLISEINÄT</b>						
Erityisväliseinä	1566 m <sup>2</sup>	20	1,10	0,00	25,41	0,27
		<b>yhteensä</b>	<b>1,10</b>	<b>0,00</b>	<b>25,41</b>	<b>0,27</b>
		<i>osuus</i>	<i>0,5 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,1 %</i>	<i>0,6 %</i>
<b>TALOTEKNIikka (käytetty Physicummin bruttoalaa ja vuotta kohden laskettuja MIPS-lukuja)</b>						
<b>Lämmitysjärjestelmä</b>						
Teräsputket	36200 kg	20	1,09	0,00	29,78	0,24
<b>Vesi- ja jäähdytysvesijohdot</b>						
Kupariputket	5483 kg	20	14,28	0,00	8,59	0,06
<b>Viemärit ja sadevesijärjestelmä</b>						
PEH-muoviviemärit	275 kg	20	0,00	0,00	0,05	0,00
PVC-muoviviemärit	4215 kg	20	0,08	0,00	9,09	0,01
Valurautaviemärit	3830 kg	20	0,11	0,00	1,40	0,02
<b>Ilmanvaihtojärjestelmä</b>						
Ilmanvaihtokoneet	21077 kg	20	2,40	0,00	34,19	0,13
Ilmanvaihtokanavat	5,26 m <sup>3</sup>	20	1,24	0,00	33,94	0,27
Muut osat	5,26 m <sup>3</sup>	20	1,24	0,00	33,94	0,27

<b>Palosammutusjärjestelmä</b>						
Teräsputket	2,45 m <sup>3</sup>	20	0,58	0,00	15,82	0,13
<b>Sähkötekniikka, rakennusautomaatio ja palohälytysjärjestelmä</b>						
Sähköjohtojen kuparijohtimet	0,62 m <sup>3</sup>	20	15,96	0,00	8,30	0,06
Sähköjohtojen alumiinijohtimet	0,85 m <sup>3</sup>	20	0,26	0,00	65,99	0,05
Tikashyllyt ja niihin liittyvät osat	17097 kg	20	0,51	0,00	14,06	0,11
<b>ATK-verkko</b>						
kaapeleiden kuparijohtimet	0,25 m <sup>3</sup>	20	6,46	0,00	3,36	0,03
		<b>yhteensä</b>	<b>44,20</b>	<b>0,00</b>	<b>258,53</b>	<b>1,39</b>
		<i>osuus</i>	<i>21,5 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>1,0 %</i>	<i>3,3 %</i>
<b>LÄMMÖNKULUTUS</b>						
Lämmönkulutus	632 MWh / a	1	11,31	0,00	46,33	18,52
		<b>yhteensä</b>	<b>11,31</b>	<b>0,00</b>	<b>46,33</b>	<b>18,52</b>
		<i>osuus</i>	<i>5,5 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,2 %</i>	<i>44,3 %</i>
<b>SÄHKÖNKULUTUS</b>						
Sähkönkulutus	914 MWh / a	1	53,57	0,00	24391,48	17,54
		<b>yhteensä</b>	<b>53,57</b>	<b>0,00</b>	<b>24391,48</b>	<b>17,54</b>
		<i>osuus</i>	<i>26,1 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>95,6 %</i>	<i>42,0 %</i>
<b>VEDENKULUTUS</b>						
Vedenkulutus	2051 m <sup>3</sup> / a	1	1,80	0,00	233,56	0,18
		<b>yhteensä</b>	<b>1,80</b>	<b>0,00</b>	<b>233,56</b>	<b>0,18</b>
		<i>osuus</i>	<i>0,9 %</i>	<i>0,0 %</i>	<i>0,9 %</i>	<i>0,4 %</i>
		<b>YHTEENSÄ</b>	<b>205</b>	<b>0,23</b>	<b>25500</b>	<b>41,8</b>

MIPS-luvut ilman energian- ja vedenkulutusta:

<b>139</b>	<b>0,23</b>	<b>852</b>	<b>5,56</b>
------------	-------------	------------	-------------