



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

SANNA JOKIMÄKI
NÄKÖKOHTIA TILAELEMENTTIARKKITEHTUURIIN,
SOVELLUKSENA KOULU

Diplomityö

Tarkastaja: professori Kari Salonen

Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Rakennetun ympäristön tiedekuntaneuvoston
kokouksessa 4. maaliskuuta 2009

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Arkkitehtuurin koulutusohjelma

JOKIMÄKI, SANNA: Näkökohtia tilaelementtiarkkitehtuuriin, sovelluksena koulu

Diplomityö, 72 sivua, 6 liitesivua

Huhtikuu 2010

Pääaine: Arkkitehtuuri

Tarkastaja: professori Kari Salonen

Avainsanat: tilaelementti, muunneltavuus, ekologia rakentamisessa, siirrettävyys, koulurakentaminen, oppimisympäristö

Yhteiskunnalliset muutokset ja ihmisten lisääntyvä liikkuvuus ovat tehneet liikkuvasta, siirrettävästä ja muunneltavasta arkkitehtuurista jälleen ajankohtaista. Myös ekologisuutta korostava ilmapiiri ja tekninen kehitys kannustavat uusien sovelluksien kehittämiseen. Tilaelementtiarkkitehtuuri on ollut ja on yhä tulevaisuuteen katsovaa, teolliseen rakentamiseen perustuvaa arkkitehtuuria. Työssä tarkastellaan tilaelementtiä historian, rakenteen ja tilaelementtien muodostaman arkkitehtuurin kautta. Muita tilaelementtiarkkitehtuuriin liittyviä näkökulmia tässä työssä ovat muunneltavuuden, ekologisen rakentamisen ja siirrettävyyden näkökulmat.

Työ pohjautuu INNO-koulu -kehittämishankkeeseen, joka toteutettiin opiskelijakilpailuna syksyn 2008 ja alkukevään 2009 aikana. Hankkeen tarkoituksena oli ideoida, kehittää ja toteuttaa puuelementtirakentamiseen perustuva muunneltava ja siirrettävä koulukonsepti. Diplomityön tavoitteena olikin tutkia, millaisia rajoituksia ja mahdollisuuksia tilaelementtirakentamiseen liittyy, ja miten se soveltuu koulurakentamiseen. Työssä kehitettiin ratkaisumalli puurakenteisen tilaelementin toteuttamiseksi. Työssä esitellään myös luonnos hankkeen pilottikohteena olevan koulun laajennusosien toteuttamiseksi. Koulun luonnossuunnitelmassa on otettu huomioon myös hyvään oppimisympäristöön liittyvät tekijät.

ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Architecture

JOKIMÄKI, SANNA: Views on Prefabricated Modular Architecture, School

Construction as Implementation

Master of Science Thesis, 72 pages, 6 Appendix pages

April 2010

Major: Architecture

Examiner: Professor Kari Salonen

Keywords: Prefabricated modules, flexibility, ecological construction, mobility, school architecture, learning environment

Increasing mobility and societal changes have made mobile, transportable and flexible architecture current again. Also, ecological awareness and technological development in all areas encourages to pursue new technical building applications. Prefabricated modular architecture has always been visionary as well as it always has been based on prefabrication in factories. This thesis examines prefabricated modules from the viewpoints of history, construction and architecture. Likewise, modular prefabricated architecture has been examined from the viewpoints of flexibility, ecological construction and transportability.

This thesis is based on a student competition held between autumn 2008 and early spring 2009. The intention of the competition was to examine prefabricated architecture and implementing it to mobile and flexible school construction. The objective of this thesis was to study the constraints and the possibilities of prefabricated modules and their implementation to school architecture. This thesis introduces the construction of the developed prefabricated module. Likewise, implementing prefabricated modules to extending existing school is showcased. The concepts of good learning environment have been taken into consideration in the design.

ALKUSANAT

Diplomityöni pohjana oli INNO-koulu -hanke ja siihen liittyvä opiskelijakilpailu. Muutamia kuukausia hankkeen päättymisen jälkeen tartuin työhön uudelleen jatkaakseni aiheesta diplomityönäni. Kilpailuvaiheessa työn pääpaino oli pilottihankkeeksi valitun koulun toiminnallisessa suunnittelussa. Diplomityössäni halusin tutkia lähemmin tilaelementtiä, joka rakentamisen tapana ja arkkitehtuurin muotona oli minulle vain etäisesti tuttu. Diplomityöni edetessä kävi selväksi, miten monimuotoinen aihe on – se on kuin haarautuva puu, jossa kukin uusi oksa tuo mukanaan uuden näkökulman. Samalla opin, että tilaelementtiarkkitehtuuria ei voida määritellä tai lokeroida yhdeksi, vaan se on rikas ja vaihteleva arkkitehtuurin muoto. Diplomityössäni esitetyt näkökohdat ovat pintaraapaisu aiheeseen. Valitut näkökulmat pyrkivät kuitenkin tuomaan esiin tilaelementtiarkkitehtuurin ja tilaelementtirakentamisen ominaispiirteet.

Tahdon kiittää työtä ohjanneita professori Kari Salosta ja assistentti Maria Pesosta kommenteista ja rakentavasta palautteesta, joka auttoi hyvän lopputuloksen saavuttamisessa. Kiitos myös muille työtäni tukeneille. Erityisen kiitoksen tahdon esittää myös läheisilleni ja ystävilleni kannustuksesta ja hyvistä keskusteluista koko opiskeluni ajan.

Tampereella 30.3.2010

Sanna Jokimäki

SISÄLLYS

1. Johdanto.....	1
2. Tilaelementtirakentamisen näkökohtia.....	3
2.1 Tilaelementti.....	3
2.1.1 Tilaelementin historia.....	3
2.1.1.1. <i>Kolonialismi.....</i>	4
2.1.1.2. <i>1800-luvun teollinen vallankumous.....</i>	5
2.1.1.3. <i>1900-luvun tyyppitalokokeilut.....</i>	6
2.1.1.4. <i>Muovit ja komposiittirakenteet.....</i>	8
2.1.1.5. <i>Archigram ja Japanin metabolistit.....</i>	9
2.1.2 Tilaelementin rakenne	12
2.1.3 Tilaelementtiarkkitehtuuri.....	15
2.2 Muunneltavuus.....	17
2.2.1 Muunneltavuuden tasot.....	17
2.2.2 Muunneltavuuden keinot.....	18
2.2.3 Muunneltavuuden arviointi.....	20
2.2.4 Muunneltavuus aikajanalla.....	20
2.2.5 Päätöksenteko muunneltavuuden ehtona.....	22
2.2.6 Muunneltavuus tilaelementtirakentamisessa.....	24
2.3 Ekologia rakentamisessa.....	26
2.3.1 Elinkaariarvio.....	26
2.3.2 Rakennuksen energiatalous.....	27
2.3.3 Rakennetun ympäristön resurssien hyödyntäminen.....	28
2.3.4 Purkamisen suunnittelu	29
2.3.5 Ekologia tilaelementtirakentamisessa.....	30
2.4 Siirrettävyys.....	33

2.4.1 Siirrettävä rakennus.....	33
2.4.2 Ympäristön asettamat rajoitukset.....	35
3. Suunnitelman lähtökohdat.....	37
3.1 INNO-hanke	38
3.1.1 Torkinmäen koulu.....	38
3.1.2 Tilaelementtikouluja Tampereella.....	41
3.2 Koulu ja oppimisympäristö.....	43
3.2.1 Hyvä oppimisympäristö.....	43
3.2.2 Tulevaisuuden koulu.....	45
3.3 Kehitetty tilaelementtiratkaisu ja sen sovellukset	47
3.3.1 Kehitetyn tilaelementtiratkaisun rakenne.....	47
3.3.2 Kehitetyn tilamoduulin soveltuminen erilaisiin käyttötarkoituksiin	51
4. Sovellus: Torkinmäen koulu, Kokkola.....	53
4.1 Tavoitteet.....	53
4.2 Tilaohjelma.....	54
4.3 Suunnitelma.....	60
4.3.1 Sijoittuminen tontille.....	60
4.3.2 Tilat ja yhteydet.....	62
4.3.3 Pinta ja materiaalit.....	64
4.3.4 Kritiikki.....	65
4.4 Vaiheistus, toinen laajentumisen malli.....	66
5. Yhteenveto.....	68
Lähteet.....	72

TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

Tilaelementti, tilamoduuli

Tehdasolosuhteissa koottu kappalemäinen tilakokonaisuus. Yleensä tilaelementti on kantavan rakennusrungon ja rajaavien pintojen muodostama kokonaisuus, joka voi sisältää myös erilaista LVI-, sähkö- ja automaatiotekniikkaa.

Modulaarisuus, modularisointi

Modulaarinen rakenne muodostuu tiettyyn mittajärjestelmään sijoitetuista osista, moduuleista. Mittajärjestelmä on rakenneverkko, jonka mukaisesti rakennus ja sen osat tehdään. Osien modularisoinnilla tarkoitetaan mitoiltaan yhteensopivien osien tekemistä.

Muunneltavuus, muuntojoustavuus

Rakennuksen tai rakenteen kyky mukautua käyttötarkoituksen muutoksiin.

Kuljetettavuus

Kuljetusvälineet ja kuljetusväylät asettavat rajoitukset kuljetettavan kappaleen mitoille ja massalle. Kuljetettavissa olevan kappaleen mitat ja paino eivät ylitä kuljetusvälineen ja väylän kapasiteettia.

Siirrettävyys

Siirrettävyyteen liittyvät samat rajoitukset kuin kuljetettavuuteen. Tilaelementistä puhuttaessa siirrettävyydellä voidaan kuitenkin tarkoittaa myös mahdollisuutta siirtää elementti toistuvasti uuteen paikkaan.

1. JOHDANTO

Kokkolan kaupunki, Teknologiakeskus KETEK ja Kokkolan Seudun Kehitys Oy KOSEK järjestivät yhdessä Oulun Yliopiston arkkitehtuurin osaston Puustudion ja Moderni puukaupunki -hanketoiminnan kanssa INNO-koulu -kehittämishankkeen, jonka tarkoituksena oli ideoida, kehittää ja toteuttaa puuelementtirakentamiseen perustuva muunneltava ja siirrettävä koulukonsepti. Ideaprojekti järjestettiin syksyn 2008 ja alkukevään 2009 välisenä aikana. Opiskelijoille suunnattuun ideakilpailuun osallistui yhteensä seitsemän opiskelijaa Helsingin, Tampereen ja Oulun arkkitehtiosastoilta.

Ideakilpailussa haettiin sekä rakenteellisesti, toiminnallisesti että tilallisesti helposti eri tavoilla ja eri tasoilla muunneltavia ja siirrettäviä koulukonsepteja. Tarkoituksena oli kartoittaa ja visualisoida teknisiä ja tilallisia ratkaisuja, sekä esittää luonnokset kehittämishankkeen pilottikohteena toteutettavan Kokkolan kaupungin Torkinmäen koulun laajennusosista.

Ohjattu kilpailu koostui yhteisistä ohjaustilaisuuksista kilpailijoiden, työn ohjaajien, Torkinmäen koulun, Kokkolan kaupungin sekä muiden yhteistyötahojen edustajien kesken. Tilaisuuksissa töiden etenemistä arvioitiin sekä arkkitehtuurin ja teknisen ratkaisun että tilallisten, hyvään oppimisympäristöön liittyvien ominaisuuksien pohjalta. Ohjaustilaisuuksissa saatiin myös arvokasta tietoa pilottikohteena toteutettavan Torkinmäen koulun tarpeista ja opettajien näkökulmista hyvän oppimisympäristön kehittämiseksi. Tämä diplomityö käsittelee INNO-koulu -hankkeessa kehitettyjä ideoita siirrettävän ja muunneltavan koulurakennuksen toteuttamiseksi ja esittelee teknisen ratkaisun lisäksi ehdotuksen Torkinmäen koulun laajennukseksi.

Hankkeessa esitetyn teknisen ratkaisun ongelmanasetteluun liittyi tarve pystyä laajentaa tai pienentää rakennusta toteutusvaiheen jälkeen. Toisaalta vaatimuksena oli koko rakennuksen siirtäminen uuteen paikkaan, ja jopa rakennuksen käyttötarkoituksen muuttaminen. Korkean esivalmistusasteen, keveyden, helpon ja nopean liikuteltavuuden ja pystytettävyyden sekä LVISA-asennusten valmiuden vuoksi ongelmanasettelun tekniseksi ratkaisuksi valikoitui tässä työssä tilaelementtitekniikka.

Työn painopiste on teknisen ratkaisun tutkimisessa, ja työssä on käsitelty paitsi tilaelementtitekniikan rakenteellisia ominaisuuksia, niin myös tekniikan soveltuvuutta muunneltavan ja siirrettävän rakennuksen toteuttamiseksi. Tilaelementtitekniikkaa on lähestytty teollisen rakentamisen historian, rakenteen, muunneltavuuden, elinkaariajattelun ja ekologisuuden sekä siirrettävyyden näkökulmista. Työssä esitellään INNO-koulu -hankkeen pohjalta tehty luonnos Kokkolan Torkinmäen koulun laajennusosista soveltaen työhön tilaelementtirakennetta. Teknisen ratkaisun lisäksi työssä on käsitelty koulurakennuksen toiminnallista suunnittelua sekä oppimisympäristöjen merkitystä koulusuunnittelussa.

Luvussa 2 esitellään erilaisia näkökulmia tilaelementtirakentamiseen. Luvussa 3 puolestaan käsitellään suunnitelman lähtökohtia ja tavoitteita, ja esitellään kehitetty tilaelementti. Luvussa 4 esitellään luonnos Kokkolan Torkinmäen koulun laajennusosista. Yhteenveto on luvussa 5.

2. TILAELEMENTTIRAKENTAMISEN NÄKÖKOHTIA

2.1 Tilaelementti

Teknisesti tarkasteltuna tilaelementti on nimensä mukaisesti yksittäinen tehdasolosuhteissa koottu kappalemäinen tilakokonaisuus. Yleensä tilaelementti on kantavan rakennusrungon ja rajaavien pintojen muodostama kokonaisuus, joka voi sisältää myös erilaista LVI-, sähkö- ja automaatiotekniikkaa. Tässä työssä tilaelementti on laajennettu käsittämään myös elementtityypit, jotka eivät sisällä kaikkia rajaavia pintoja.

Tilaelementtirakentamiselle on tyypillistä rakenteen modularisointi, pitkälle viety konseptualisointi ja tuotannon optimointi. Yleisesti elementtirakentamiseen liittyy toive paremmasta rakentamisen tavasta, kriittinen rakennusteollisuuden ja rakentamisen tapojen kyseenalaistaminen sekä uusien suunnittelu- ja rakentamisnovaatioiden etsiminen. Tilaelementtitekniikka tulisi nähdä rakentamisen tapana ja välineenä, jonka ei tulisi vaikuttaa arkkitehtuurin laatuun. [10][20]

2.1.1 Tilaelementin historia

Tilaelementin taustalla on 1800-luvun teollinen kehitys ja rakentamistapojen muuttuminen. Tavoitteena oli korvata talonrakennuksessa käsityönä tehtävät rakennus- ja tuotantotavat teollisilla prosesseilla. Etuja ja parannuksia haettiin toteutuksen laatuun,



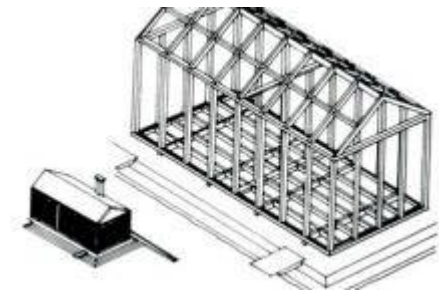
Kuva 1: Yleensä tilaelementti on sivuiltaan rajattu kappale.

asumisviihtyvyyteen, käyttömahdollisuuksiin ja kustannuksiin. 1900-luvulla esivalmisteisella rakentamisella haettiin ratkaisuja sotien jälkeiseen asuntopulaan. Tarvittiin nopeita ja edullisia keinoja täyttää asuntopulan synnyttämä tyhjiö. Konseptien kehittämisen rinnalla ongelmaa lähestyttiin myös kulttuurisista ja yhteiskunnallisista näkökulmista korkealaatuisen arkkitehtuurin saavuttamiseksi. Toisaalta teollisessa rakentamisessa ja sarjatuotannossa nähtiin rakentamisen tulevaisuus. Kehitettiin koetaloja, konsepteja ja visioiden tasolle jääneitä utopioita. Esivalmisteiseen arkkitehtuuriin ovat vaikuttaneet useat erilaiset suuntaukset, sillä eri toimijoiden taloudelliset, poliittiset ja ideologiset intressit ovat vieneet teollista rakentamista eteenpäin. Teollinen rakentaminen antoi keinot ja loi perustan myös tilaelementtirakentamisen kehittämiseen. [10]

2.1.1.1. Kolonialismi

Siirtomaiden maailmanlaajuinen asutus 1600-luvulta lähtien synnytti tarpeen nopealle rakentamiselle, johon ei pystytty vastaamaan tavallisen rakentamisen keinoin. Valmiita rakennuskomponentteja alettiin tuottaa muun muassa Englannissa, josta ne kuljetettiin laivoilla siirtomaihin. Ensimmäiset siirtomaavientiin kehitetyt rakennukset olivat puukehikkoisia vajamaisia rakenteita, jotka verhoiltiin rakennuspaikalla. Rakenteet eivät olleet elementtivalmisteisia samassa merkityksessä kuin nykyään, mutta ne lyhensivät ja nopeuttivat rakentamisprosessia rakennuspaikalla. Olennaista oli valmiiden rakennusosien helppo kuljetettavuus siirtomaissa, joiden infrastruktuuri ei vielä ollut kehittynyt. Tärkeää oli osien keveys ja kokoamisen helppous. Olennaista oli myös rakennusten purkamisen ja uudelleen rakentamisen mahdollisuus. Rakennus tuli voida koota ilman ammattitaitoisia rakentajia tai erikoisia työkaluja myös uudelleen toiseen rakennuspaikkaan.

The Manning Portable Colonial Cottage vuodelta 1830 oli ensimmäinen massatuotettu esivalmisteinen rakennus. Sen pitkälle viety rakennejärjestelmä oli modulaarinen, ja se koostui dimensioiltaan standardisoiduista keskenään



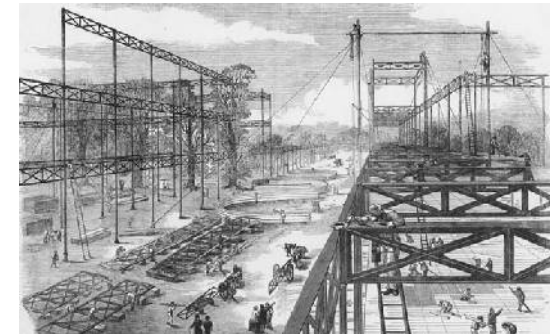
Kuva 2: Manning Portable Colonial Cottage for Emigrants oli vajamainen paikalla koottava siirrettävä rakennus.

vaihtokelpoisista osista. Rakennus oli helppo ja nopea koota pultein, ja osat oli mitoitettu ajatellen helppoa käsittelyä. Rakennejärjestelmä enteili esivalmisteisen rakentamisen tärkeimpiä ajatuksia. Rungosta erotettu verhoilu, helppo ja yksinkertainen kokoamistapa, siirrettävyys ja hyvä kuljetettavuus sekä kokoamisohjeet tekivät rakennuksesta teollisen rakentamisen malliesimerkin. [10][20][3]

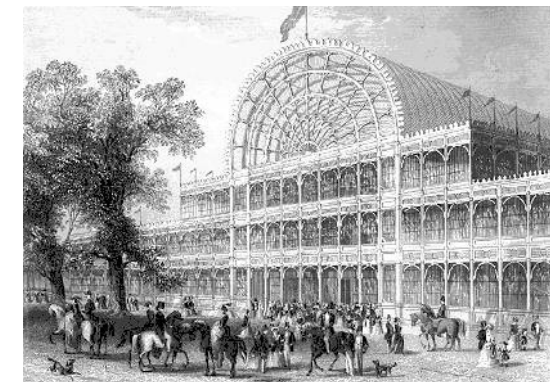
2.1.1.2. 1800-luvun teollinen vallankumous

Teollinen vallankumous 1800-luvulla vaikutti myös rakentamistapojen kehitykseen. Joseph Paxtonin *Kristallipalatsi* on yksi teollistuneen rakentamisen merkittävimmistä esimerkeistä. Rakennus tehtiin vuoden 1851 Lontoon maailmannäyttelyä varten. Rakennus perustui yksinkertaiseen systeemiin, jossa esivalmisteinen runko ja vuorauselementit voitiin helposti koota, purkaa ja siirtää uuteen paikkaan. 560 metriä pitkä rakennus muodostui rakenteellisesta verkosta, jonka mitoitus perustui suurimman saatavilla olevan lasilevyn mittoihin. Moduuliverkkoon sijoitetut valurautaiset pilarit oli koottu standardisoiduista osista ja pultattu kokoon. Pilarit oli kytketty yhteen standardisoiduin ristikoit. Pilarien ja ristikoiden muodostama ranka oli verhoiltu ja katettu puu-, rauta- ja lasilevyin.

Rakentamiseen käytetyt esivalmisteiset osat mahdollistivat nopean kokoamisen ja purkamisen, ja avoin rakennejärjestelmä rakennuksen kokoamisen uudelleen erilaisena. Silloisessa olosuhteissa suuren rakennushankkeen kokoonpanoon kehitettiin myös uusia liitostekniikoita ja asennuksen apuvälineitä. Kristallipalatsin rakentamisessa toteutettiin teollisen vallankumouksen rakentamiseen tuomia uudistuksia, joita olivat muun muassa rakennusosien standardisointi ja esivalmisteisten osien massatuottaminen. Samoihin ajatuksiin pohjautuivat myös 1900-luvulla kehitetyt teolliseen valmistustapaan perustuvat rakentamisprojektit. [10][3]



Kuva 3: Kristallipalatsi rakentui esivalmisteisista osista.



Kuva 4: Joseph Paxton, Kristallipalatsi.

2.1.1.3.1900-luvun tyyppitalokokeilut

Jo 1900-luvun alussa oli tehty teoreettisia tutkielmia asuinrakennusten kehittämiseksi. Ensimmäisen maailmansodan jälkeinen asuntopula Euroopassa toi keskustelun keskipisteeseen ajatuksen tehtaissa sarjatuotetuista asuinrakennuksista. Uusien rakennusteknologioiden kehittymisen ja yhteiskunnallisen keskustelun lomassa syntyi useita tyyppitalokokeiluja ja visioiden tasolle jääneitä projekteja. Aina 1920-luvulta 1950-luvun alkupuolelle tunnetut arkkitehdit tekivät yhteistyötä teollisten valmistajien kanssa. 1950-luvun lopulle tultaessa ajatus kustannustehokkaasta sarjatuotetusta asuinrakennuksesta ei niinkään enää kiinnostanut arkkitehteja yhteiskunnallisen ilmapiirin muuttuessa yksilöllisyyttä korostavaksi. Tämä näkyi myös 1970-luvulla, sillä esillä olivat ennen kaikkea asiantuntevat valmistajat, eivätkä nimekkäät arkkitehdit. Toisaalta 1970-luvun energiakriisi myös kyseenalaisti teknologiakeskeisen rakentamisen. 1900-luvun konseptikehittelyissä saivat alkunsa myös ensimmäiset varsinaiset tilaelementit.

Bauhaus ja sen pitkäaikainen johtaja Walter Gropius olivat pitkään modernin edellä käyvän arkkitehtuurin esikuvia. Kehitetyt koerakennukset olivat innovatiivisia rakenteiltaan ja materiaaleiltaan. Talojen toteuttamisessa käytettiin hyväksi teollisesti esivalmistettuja osia. Gropiuksen ensimmäiset tyyppitalokokeilut 1920-luvulta olivat solumaiseen rakenteeseen perustuvia rakennuksia. Rakennusmateriaalina käytetty betoni vei kuitenkin monimutkaisiin muottirakenteisiin, jotka olivat kalliita ja hankalia toteuttaa. Osat olivat myös raskaita siirtää.

Toisenlaista lähestymistapaa käyttivät Georg Muche ja Richard Paulick, jotka kehittivät vuonna 1926 teräsrakenteeseen perustuvaa rakentamisen konseptia. He halusivat kehittää yleispätevän rakennejärjestelmän, jolla voitaisiin toteuttaa asuinrakentamisen lisäksi myös muita solumaisia rakennustyyppisiä, kuten toimistoja ja kouluja. Koetalo rakennettiin markkinoilla valmiiksi olevia järjestelmiä käyttäen ja

rakennuksen mitoitus mukautettiin saatavilla olevien teräsrunkojen ja -paneelien mukaiseksi.

Ensimmäiset tyyppitalokokeilut 1920-luvulla eivät olleet rakenteellisesti ongelmattomia. Gropiuksen suosima betoni osoittautui vaikeaksi ja raskaaksi materiaaliksi solumaisessa rakennejärjestelmässä käytettynä. Toisaalta teräsrakenteen ongelmaksi muodostuivat riittämätön lämmöneristys ja kondensoituvan veden aiheuttama korrosio rakenteissa. Tyyppitalokokeilut jatkuivat kuitenkin aktiivisesti 1920-luvulta eteenpäin. Rannejärjestelmien kehittämisessä materiaaleiksi valikoituivat teräs ja puu sekä myöhemmin myös muovit ja komposiittirakenteet.

Teollisen rakentamisen etuina nähtiin riippumattomuus vuodenaajoista ja sääolosuhteista. Hyviä puolia olivat myös massatuottamisen myötä syntyvä kulujen pienentyminen sekä rakentamisen helppous ja nopeus. Yhteistyö arkkitehtien ja valmistajien välillä synnytti uudenlaisen rakentamisen tavan. Tämä yhteistyö heijastuu myös nykyaikaiseen rakentamiseen. Yhteistyö valmistajan ja arkkitehdin välillä on erityisen tärkeää tilaelementtirakentamisessa, jossa arkkitehtuurin ja teknisen toteutustavan välillä on kiinteä suhde.

Euroopasta uudet arkkitehtuurin ajatukset levisivät myös Yhdysvaltoihin, jossa niitä kehiteltiin edelleen. Toisaalta Yhdysvalloissa oli jo samanaikaisesti 1920- ja 1930-luvuilla kehitelty omia asuinrakentamisen projekteja. Niiden taustalla olivat kuitenkin erilaiset sosiaaliset ja poliittiset tavoitteet kuin Euroopassa. 1945 julkaistiin arts & architecture -lehdessä *Case-Study-House-Program* -ohjelma. Eurooppalaisten esimerkkien mukaisesti ohjelmassa kehitettyjä ratkaisuja esiteltiin asunonäyttelyssä. Yhteensä ohjelman aikana kehitettiin ja dokumentoitiin vuodesta 1945 aina 1960-luvulle asti 36 *Case-Study* -projektia.

Case-Study-House-Program oli moderni ja innovatiivinen vastavoima perinteistä tyyliä noudattavalle katalogi-arkkitehtuurille. Teknologian saavutukset haluttiin tuoda myös rakentamiseen. Uusia muoveja kehitettiin ja käyttöön otettiin uudenlaisia pinnoitteita. Myös teräsrakenteiden liitoksia kehitettiin. Teollisuustuotteiden normitus oli

voimakasta ja valmistusprosessiin sekä rakentamiseen kiinnitettiin erityistä huomiota. *Case-Study-House-Program* olikin vain osa kehitystä, jossa arkkitehdit tekivät rakenteellisia ja konseptuaalisia kokeiluja. Muiden muassa Buckminster Fuller kehitti ja tutki siirrettävää ja uudelleen pystytettävää innovatiivista arkkitehtuuria jo 1920-luvulta lähtien. Buckminster Fullerin kehittelemät useat siirrettävät rakennukset ovat hyvää esimerkkiä erityisesti tilaelementtitekniikan kehityksestä. Ne olivat kuitenkin tilallisesti rajoitettuja ja muistuttivat enemmän teollista tuotetta kuin arkkitehtuuria.

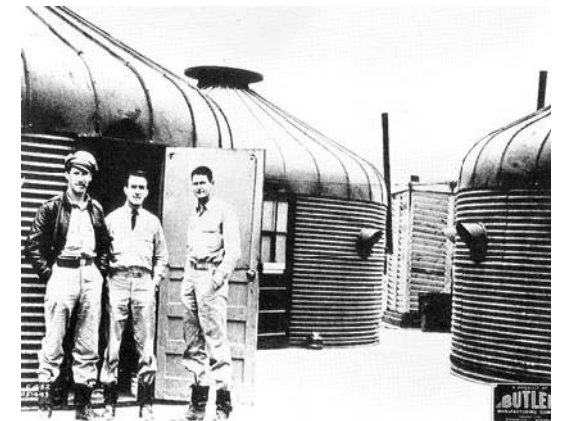
Buckminster Fullerin kehittelemät Dymaxion Deployment Unit DDU 1940-luvulta sekä DDU:sta varioitu Dymaxion House olivat siirrettäviä tehdasvalmisteisia rakennuksia. Fullerin kehitystyön taustalla olivat armeijan tarpeet ja toisaalta sodanjälkeinen asuntopula Yhdysvalloissa ja Euroopassa. Innoituksensa Fuller sai Butler Oy:n teräsrakenteisista viljasiiloista. DDU oli ennen kaikkea armeijan tarpeisiin suunniteltu parakki, joka oli kestävä ja materiaaleiltaan ja kuluiltaan taloudellinen. Se oli myös sarjavalmisteinen. DDU:n etu oli helppo koottavuus ja kuljetettavuus. Se voitiin siirtää myös lentokoneella. Fuller kehitti myös erilliset keittiö- ja kylpyhuoneyksiköt, jotka voitiin liittää DDU:hun. Fuller suunnitteli 1940-luvulla myös Wichita-talon, jonka taustalla oli ajatus asumiskoneesta. Wichita-talossa Fuller sovelsi samoja rakenteellisia ajatuksia kuin DDU:ssa. Wichita-talo voitiin kuitenkin pakata kuljetusta varten erityisesti suunniteltuun sylinteriin. Talo oli helposti siirrettävissä keveytensä ja kompaktiutensa ansiosta. DDU:sta poiketen Wichita-taloa ei valmistettu koskaan sarjatuotannossa. [10]

2.1.1.4. Muovit ja komposiittirakenteet

Perinteisten rakennusmateriaalien, puun, kiven ja teräksen rinnalle tuli kemianteollisuuden kehittymisen myötä myös muovit. Muoveja käytettiin pääasiassa pienemmissä rakennusosissa, kuten ikkunoissa, sähköasennuksissa ja saniteettitiloissa. Ensimmäinen muovirakenteinen rakennus esiteltiin Berliinissä vuonna 1946. Erilaisia kokeiluja tehtiin myös silloisessa Neuvostoliitossa. Muovit olivat kuitenkin verraten vähän käytetty materiaali. Tuotanto- ja prosessointitapojen kehittyttyä alettiin valmistaa



Kuva 5: Buckminster Fuller, Wichita House, edustalla kuljetussylinteri.



Kuva 6: Buckminster Fuller, Dymaxion Deployment Unit.

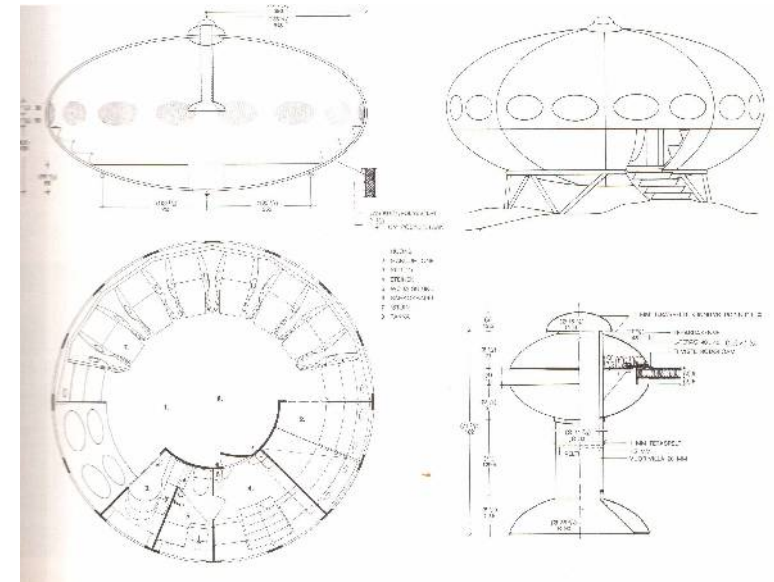
uudenlaisia muoveja ja muovi nähtiin uutena tulevaisuuden materiaalina. 1950- ja 60-luvuilla tehtiinkin useita kokeiluja perinteisten rakennusmateriaalien korvaamiseksi muovilla. Muovien etuna oli keveys, helppo siirrettävyys ja lähes vapaa muotoiltavuus.

Eri puolilla Eurooppaa, muun muassa Ranskassa, Belgiassa, Italiassa ja Hollannissa sekä Japanissa ja ennen kaikkea Yhdysvalloissa tehtiin rakennusprototyyppejä muovista. Rakennuksista tuli autojen ja huonekalujen tavoin futuristisia design-esineitä, joiden muodonanto sai vaikutteita lentokoneiden muotoilusta ja Science-fictionin värittämistä visioista. Syntyi useita tilaelementtirakenteisia muovitalokokeiluja. [10] Suomessa muovirakentamisen visiot näkyivät Matti Suurosen kehittämässä Futuro-talossa.

Suuronen sai tehtäväkseen suunnitella hiihtomajan vanhalle koulutoverilleen. Vaikeaan maastoon sijoitettavan rakennuksen tuli olla kevyt ja helposti koottava ja kuljetettava. Syntyi tilaelementtirakentamiseen perustuva Futuro. Polykem Oy:n valmistaman Futuron prototyyppi esiteltiin vuonna 1968. Futuro oli ellipsin muotoinen, polyesterimuovin ja lasikuidun muodostamasta lujitemuovista valmistettu kokonaisuus. Futurossa kiteytyivät 1960-luvun tulevaisuudenusko ja liikkuvan asumisen ideat. Futuro oli suunniteltu sarjavalmistetuksi, helikopterilla siirrettäväksi rakennukseksi, joka säädettävän jalustansa ansiosta soveltui erilaisiin maasto-olosuhteisiin. Valittu materiaali sietä erilaisia sääolosuhteita. Futuro-talon myötä syntyi Suurosen suunnittelema *Casa Finlandia* – muovitalosarja, johon kuuluivat asuintalo, kioski ja huoltoasema. Myös CF-talojen taustalla oli ajatus sarjavalmistetusta, kestävästä, helposti siirrettävästä ja pystytettävästä rakennuksesta. Futuro-talon valmistus loppui vuonna 1978. Syynä oli muun muassa 1970-luvun energiakriisi, joka kyseenalaisti teknologiakeskeisen muovirakentamisen. [24] [23]

2.1.1.5. Archigram ja Japanin metabolistit

Teknologiakeskeinen rakentaminen huipentui 1960-luvulla Iso-Britannialaisen Archigram-ryhmän ja Japanin metabolistien utopistisiin tulevaisuuden visioihin.



Kuva 7: Matti Suuronen, Futuro. Futurossa kiteytyivät liikkuvan asumisen ideat ja 1960-luvun tulevaisuudenusko.



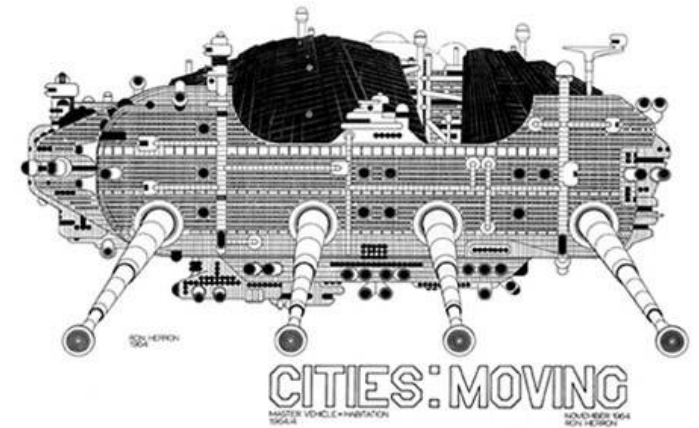
Kuva 8: Futuro oli siirrettävissä erilaisilla kuljetusvälineillä.



Kuva 9: Futuro voitiin helposti siirtää ja se soveltui hyvin erilaisiin maasto- ja ilmasto-olosuhteisiin.

Archigram loi 1960-luvun lopulta 1970-luvun alkuun mennessä useita kannettavien, siirrettävien, mukautuvien ja väliaikaisten rakennusten ja kokonaisten kaupunkien visioita. *Walking City*, *Plug-in City* ja *Instant City* olivat visioita, joissa korostuivat eri tavoin väliaikaisuuden ja siirtymisen teemat. Plug-In City oli kaupunki, jossa koko urbaani rakenne oli suunniteltu muuttuvaksi. Kaupunki perustui teräksiseen megarakenteeseen, joka sisälsi suurimman osan liikenneväylistä. Rakenteeseen voitiin liittää irrotettavia asumisyksiköitä. *Walking City* puolestaan oli ääriesimerkki siirrettävästä rakentamisesta. *Walking City* oli neljäkymmentäkerroksinen rakennus, joka kirjaimellisesti pystyy nousta jaloilleen ja siirtyä toiseen paikkaan. [10][3]

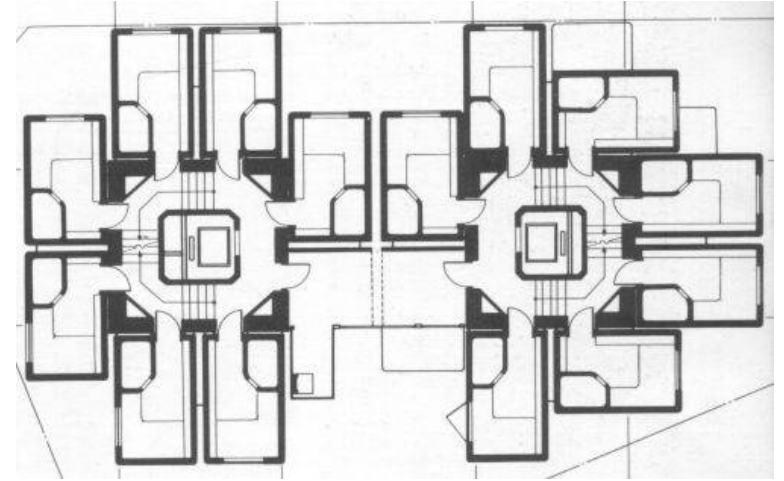
Japanilaisen Metabolismi-ryhmän ajatukset kiteytyivät komponenttien vaihdettavuuden ja muuttuvuuden filosofiaan, jossa rakennuksen osia voitiin vaihtaa, irrottaa ja siirtää häiritsemättä rakennuksen toimintaa. Tämä tarkoitti joustavia ja laajennettavia rakenteita, jotka mahdollistivat kaupungin ja rakennusten orgaanisen kasvun. Metabolistit kokivat perinteiset muodon ja funktion lait vanhentuneiksi ja uskoivat, että tulevaisuuden kulttuuri ja yhteiskunta rakentuisivat tilan ja muuttuvan funktion kautta. Japanilaisen metabolismin ajatukset näkyvät esimerkiksi Kisho Kurokawan plug-in -arkkitehtuuria toteuttavassa *Nakagin Capsule Tower*issa vuodelta 1972. Rakennus koostuu erillisistä, perusrunkoon liittyvistä tilaelementeistä. [3]



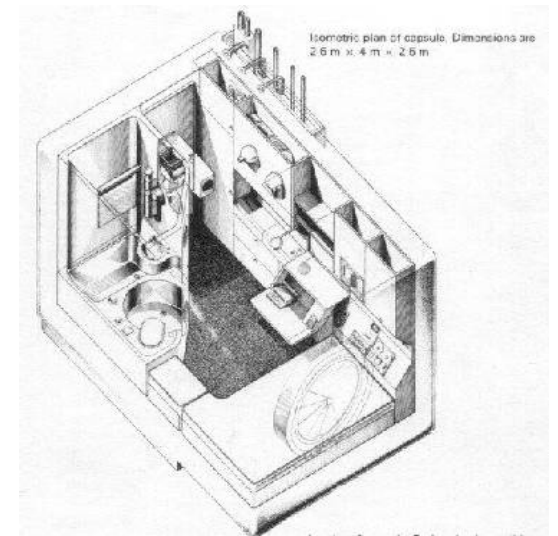
Kuva 10: Archigram, Walking City. Walking City on visio väliaikaisesta, siirrettävästä ja mukautuvasta arkkitehtuurista. Samoista teemoista voidaan lähestyä tilaelementtiarkkitehtuuria.



Kuva 11: Kisho Kurokawa, Nakagin Capsule Tower. Rakennus on erillisten tilamoduulien muodostama kokonaisuus.



Kuva 12: Nakagin Capsule Tower, yksittäiset tilamoduulit liittyvät perusrunkoon ja voidaan irrottaa häiritsemättä muuta rakennetta.



Kuva 13: Aksonometria yksittäisestä tilamoduulista.

Vaikka visiot olivat optimistisia ja esittivät tulevaisuuden kaupungit positiivisessa valossa, ajautui todellisen maailman teknologiakeskeinen arkkitehtuuri monimutkaiseen, hallitsemattomiin ja ihmisten tarpeista kauaksi etäännyneisiin ratkaisuihin. Rakenteet olivat anonyymejä ja epäinhimillisiä. Kapseliarkkitehtuuri ei todellisuudessa ollut orgaanista ja muuttuvaa, vaan asuinsolut muodostivat persoonattoman ja ennalta määrätyn asuin ympäristön. Myös rakenteelliset ongelmat tulivat vastaan. 1970-luvun energiakriisin jälkeen rakentamisessa alettiin jälleen suosia perinteisempiä rakennusmateriaaleja ja kapseliutopioista siirryttiin takaisin perinteisiin rakennustyyliin. [10]

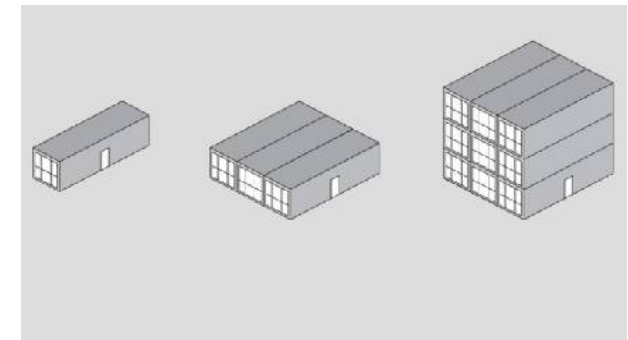
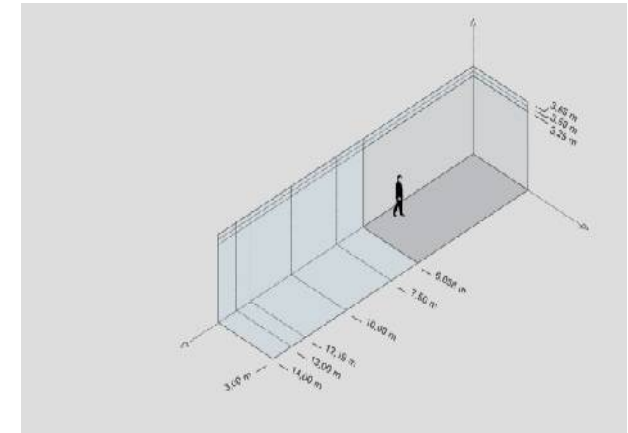
Puhtaimmillaan tilaelementin historia voidaan nähdä erilaisina visionäärinä kokeiluina siirrettävän ja muunneltavan arkkitehtuurin luomiseksi. Tilaelementin historia on kiinteästi yhteydessä myös teollisen rakentamisen historiaan. Utopististen visioiden ja toteutettujen mallirakennusten kautta tilaelementtitekniikasta on tullut pysyvä osa nykyaikaista rakentamista ja arkkitehtuuria.

2.1.2 Tilaelementin rakenne

Tilaelementtitekniikka on yksi rakentamisen tapa muodostaa ja rakentaa rakennuksia ja luoda arkkitehtuuria. Se eroaa kuitenkin perinteisemmästä elementtirakentamisesta ja paikalla rakentamisesta muun muassa suunnittelulähtökohdiltaan ja toteutustavaltaan. Ennen kaikkea jo elementit sinällään muodostavat tilan. Tilaelementtirakentamisessa käytetään pitkälle esivalmistettuja osakokonaisuuksia, ja siihen liittyy aina tietty kuljetettavuuden ajatus, joka asettaa vaatimukset rakenteen kestävyydelle, keveydelle ja dimensioille.

Kuten muussakin elementtirakentamisessa, osien modularisointi on yleistä tilaelementeistä rakennettaessa. Tämä tarkoittaa usein standardisoitujen rakennusosien tai mittojen käyttämistä toteuttamisessa ja suunnittelussa. Osien ja mittojen modularisointi luo edellytykset määrällisesti suurelle teolliselle tuotannolle ja taloudellisesti

Kuva 14: Esimerkki tilaelementtijärjestelmän mitoituksista. Osien modularisointi luo edellytykset sarjatuotannolle ja mahdollistaa tuoteperheen osien yhteensovittamisen.



Kuva 15: Tilaelementtirakentamisessa oleellista on myös rakenneverkon – moduulien yhdistettävyyden – suunnittelu.

kannattavalle toiminnalle. Modularisointi ei kuitenkaan ole tilaelementtirakentamisen edellytys, eikä yksittäisten standardisoitujen osien käyttö ole välttämätöntä. Tarpeiden ja toiveiden mukainen yksilöity valmistaminen on mahdollista muun muassa CAM-tekniikan (*Computer Aided Manufacturing, tietokoneohjattu valmistaminen*) ansiosta. Yhtenäisten tuoteperheiden luominen mahdollistaa osien keskinäisen yhteensopivuuden ja vaihdettavuuden, vaikka osat olisi valmistettu yksilöiden tiettyä rakennusta varten.

Tilaelementtirakenteet voidaan jakaa kahteen toteutustavaltaan erilaiseen ryhmään. Ensimmäiseen ryhmään kuuluvat yksittäiset, sinällään kokonaisuuden muodostavat elementit, kuten kapselimaiset tilaelementit tai kontit. Ryhmään kuuluvat myös rakennuspaikalla levitettävät, laajenevat rakenteet, joiden muoto on ennalta määrätty. Tällaisia rakenteita ovat muun muassa erilaiset kalvo- ja paineilmarakenteet. Toiseen ryhmään kuuluvat esivalmisteiset tilaelementit, jotka kootaan isommiksi kokonaisuuksiksi vasta rakennuspaikalla. [2]

Tilaelementin kantava rakenne voi muodostua pilari-palkki -rakenteesta, kehämäisistä rakenteista, laattamaisista suurelementeistä tai yhtenäisestä, solumaisesta rakenteesta. Yleensä tilaelementti on kantavan rakennusrungon ja rajaavien pintojen muodostama kokonaisuus, joka voi sisältää myös erilaista LVI-, sähkö- ja automaatiotekniikkaa. Pilari-palkki -järjestelmä on joustava, avoimen tilasommittelun mahdollistava järjestelmä. Laattamaisista elementeistä koottu rakenne on usein moduuliin sidottu ja jäykkä, muodostaen kaavamaisempia tiloja. Kapselimaiset rakenteet ovat luonteeltaan jäykimpiä ja rajallisimpia, sillä niiden yhdistettävyyden on hyvin ennalta määriteltävä. Erilaiset hybridirakenteet ovatkin yleensä joustavimpia ja mahdollistavat paremmin erilaiset muodot ja pohjaratkaisut. Kun tilaelementtejä käytetään siirrettäviksi suunniteltujen kokonaisuuksien muodostamiseen, tulee rakenteen olla riittävän yleispätevä ja karkea. Rakenteen on kestävä erilaiset ympäristöolosuhteet ja -kuormitukset sekä kuljetus rakennuspaikalle. Rakenteen tulee tällöin kestää myös mahdollinen myöhempi purkaminen ja uudelleen kokoaminen. [25]



Kuva 16: Esimerkki yksittäisestä tilaelementistä, johon kuuluu myös ulkotilaa.



Kuva 17: Tilaelementti voi perustua myös kalvo- tai paineilmarakenteeseen.



Kuva 18: Yksittäisistä tilaelementeistä voidaan koota isompia kokonaisuuksia.

Tilaelementtirakenteissa yleisimmät materiaalit ovat teräs ja puu, mutta myös erilaisia komposiittirakenteita käytetään. Suomessa ja muissa pohjoismaissa puuta käytetään paljon pientalorakentamisessa, sillä puu on pohjoismaissa perinteinen rakennusmateriaali. Vahva puurakentamisen perinne on synnyttänyt rakenteellisilta yksityiskohdiltaan kestäviä ratkaisuja, joita on kehitetty edelleen teolliseen tuotantoon soveltuviksi. Valmistuksessa voidaan käyttää hyväksi myös uusia tietokoneohjattuja valmistustapoja. [20] Teräsrakennetta käytetään yleisemmin varhain teollistuneissa maissa, kuten Iso-Britanniassa ja Keski-Euroopan maissa, joissa metalliteollisuus toi teräsrakenteet ja -tuotteet myös rakennusalalle. Betoni ja tiili eivät painonsa ja rakenteiden kuivumisaikojen vuoksi ole yleisesti käytetty materiaali tilaelementtirakentamisessa. Betonia käytetään kuitenkin esimerkiksi kylpyhuone-elementeissä.

Teräsrakenteet soveltuvat hyvin tilaelementtirakentamiseen, sillä teräsosat ovat keveitä, dimensioiltaan pieniä sekä mittatarkkoja. Teräs on myös sekä materiaalina että lujuusominaisuuksiltaan tasalaatuinen. Myös erilaiset rakennusaikaa lyhentävät asennusjärjestelmät ja niiden jatkuva kehittäminen ovat tyypillisiä teräsrakentamiselle. Rakennus- ja käyttövaiheessa rakennusosia voidaan helposti siirtää, vahvistaa, jatkaa, katkoa ja aukottaa. Myös esivalmistettujen tilaelementtien käyttö tyypillistä teräsrakentamiselle. Korjausrakentamisessa käytetään yleisesti kylpyhuone-, konehuone- ja porrashuone-elementtejä, LVIS- ja hissikuiluja sekä parveke-elementtejä. [15] Teräsrakenteiden käyttöä rajoittavia tekijöitä ovat korroosioalttius, kunnossapitokustannukset, palotekninen suojaus sekä teräsrakenteen taipumus värähtelyyn ja väsymismurtumaan. Teräsrakenteen käyttöä rajoittaa myös rakenteen ja sen osien taipumus menettää stabiiliutensa ja tästä syntyvä jäykisteiden tarve. [18]

Puurakenteiden hyviä ominaisuuksia ovat työstettävyys ja liitostapojen runsaus. Puulla on myös hyviä rakennusfysikaalisia ominaisuuksia, kuten hyvä lämmöneristävyys ja hyvät lujuusominaisuudet painoon verrattuna. Esimerkiksi liimapuu on lujempaa kuin teräs, alumiini tai muu tavanomainen rakennusmateriaali verrattaessa samanpainoisia



Kuva 19: Asennusvalmis kylpyhuone-elementti.



Kuva 20: Tilaelementtirakenteinen hissitorni.



Kuva 21: Tilaelementtirakenteinen porrashuone.

rakenteita toisiinsa. Puu on myös suhteellisen kevyt materiaali, ja sitä on saatavilla kaikkialla. Puurakenteiden suunnittelussa huomioon on kuitenkin otettava puun kosteuseläminen, palavuus, lahoamisalttius sekä lujuusominaisuuksien erilaisuus pituus- ja poikkisuunnissa. Puu ei myöskään ole tasalaatuinen materiaali. [17]

2.1.3 Tilaelementtiarkkitehtuuri

Tilaelementtiarkkitehtuuri on varsin vaihtelevaa ja monimuotoista. Monimuotoisuus syntyy teknisten ratkaisujen erilaisuuden myötä. Samoin arkkitehtuuriin vaikuttaa näkemys siitä, tuleeko rakennuksen ilmentää rakennustapaa. Tilaelementtiarkkitehtuuria ei sinänsä voidakaan lokeroida. Useimmiten tilaelementti on vain keino lopputuloksen synnyttämiseksi.

Tilaelementin muodostamaa tilaa voidaan tarkastella kahdesta näkökulmasta: Tilaelementti voi olla itsenäinen kokonaisuus, yksittäinen rakennus, joka sisältää käyttötarkoitukselleen olennaiset rajaavat pinnat, kuten seinät, lattian ja katon. Tilaelementti voi olla myös yksittäinen osa suurempaa kokonaisuutta, jolloin kaikkia rajaavia pintoja ei yksittäisessä elementissä tarvita. Itsenäisenä toimiva tilaelementti voi olla käyttötarkoituksessaan ”täydellinen tila”. Tällaisia tilaelementtejä ovat esimerkiksi kylpyhuonemuodulit. Toisaalta tilaelementeistä muodostuvan rakennuksen voidaan ajatella olevan enemmän kuin osiensa summa, kun useat tilaelementit muodostavat isomman kokonaisuuden.

Tilaelementtiarkkitehtuuri voidaan pysyvyydeltään karkeasti jakaa kahteen kategoriaan. Yhtäältä tilaelementtiarkkitehtuurille on tyypillistä väliaikaisuuden ja siirrettävyyden korostuminen, oli kyseessä pysyväksi suunniteltu rakennus tai ei. Tämä näkyy voimakkaimmin konttiarkkitehtuurissa ja toisaalta parakkimaisessa rakentamisessa. Tällaisessa rakentamisessa väliaikaisuus voi ilmentää myös arkkitehtuurin puutetta. Toisaalta pyrkimyksenä voi olla myös siirrettävyyden ja väliaikaisuuden häivyttäminen muodostamalla elementeistä saumattomia yhtenäisiltä



Kuva 22: Shigeru Ban, Container Museum. Museo on esimerkki, jossa kuljetukseen tarkoitettu kontti synnyttää siirrettävää arkkitehtuuria.



Kuva 23: Tilaelementtitekniikka ei välttämättä näy arkkitehtuurissa. Puurakenteisista tilaelementeistä koottu rakennus on rapattu yhtenäisen pinnan synnyttämiseksi.

vaikuttavia kokonaisuuksia. Tällöin tavoitteena voi olla pysyvyyden illuusion luominen ja rakennuksen sitouttaminen ja juurruttaminen paikkaansa, vaikka rakennus suunniteltaisiinkin tulevaisuudessa siirrettäväksi. Toisaalta tilaelementein toteutettu rakennus voi lähtökohtaisesti olla myös paikallaan pysyväksi suunniteltu. Tällöin tilaelementtien käyttäminen on vain tapa rakentaa.

Tekniikkansa ansiosta tilaelementtirakentaminen soveltuu hyvin solumaisia tiloja sisältävien rakennusten rakentamiseen. Rakennustyypeissä toistuvat tilayksiköt voidaan toteuttaa tilamoduuleista. Muiden muassa Saksassa, Tanskassa ja Ruotsissa on useita tilaelementtirakentamiseen erikoistuneita valmistajia, joiden valikoimasta löytyy erilaisia asuin-, toimisto- ja koulurakentamiseen liittyviä konsepteja. Olennaiset erot eri valmistajien välillä näkyvät paitsi erilaisissa teknisissä ratkaisuissa, myös arkkitehtuurin laadussa. Arkkitehdin ja valmistajan välinen yhteistyö onkin tärkeää. Myös Suomessa on muutamia tilaelementtirakentamiseen erikoistuneita valmistajia.

Yksittäisiä tilaelementtejä voidaan käyttää myös esimerkiksi katastrofitilanteissa hätämajoitukseen tai muuhun pienimuotoiseen asumiseen. Tilaelementtirakentaminen on myös omiaan vaativissa olosuhteissa rakentamiseen, kun pääosa rakentamisesta voidaan tehdä hallituissa olosuhteissa tehtaalla. Edellytyksenä on kuitenkin, että vaikeista olosuhteista huolimatta tilaelementit voidaan kuljettaa rakennuspaikalle.



Kuva 26: Tilaelementeistä koottu kelluva rakennus.



Kuva 27: Tilaelementit soveltuvat vaativissa olosuhteissa rakentamiseen.



Kuva 24: Tilaelementtiarkkitehtuuri ei välttämättä kerro toteutustavasta. Päivähoitokeskus, Kööpenhamina ONV Arkitekter.



Kuva 25: Tilaelementtirakentaminen soveltuu hyvin nopeaa toimitusta ja siirrettävyyttä vaativiin projekteihin. Tällaisia ovat esimerkiksi katastrofitilanteisiin suunnitellut sairaanhoito- ja majoitusyksiköt.

2.2 Muunneltavuus

Muunneltavuus on yksi tämän päivän rakentamisen ja suunnittelun tavoitteista. Rakennuksen helppo muunneltavuus ja joustavuus lisäävät rakennuksen käytettävyyttä, toimivuutta ja ekologisuutta. Puhutaan rakennuksen muuntojoustavuudesta, jolla tarkoitetaan rakennuksen tai rakenteen kykyä mukautua käyttöiän aikana tapahtuviin käyttötarkoituksen muutoksiin. Tarpeiden nopea muuttuminen asettaa vaatimuksia rakennuksien joustavuudelle. Toisaalta muunneltavuutta voidaan käsitellä erilaisten ajanjaksojen kautta päivittäisestä muunneltavuudesta vuosien kuluessa tapahtuviin muutoksiin. Joustavaa ja käyttötarkoitukseltaan muunneltavaa rakennusta suunniteltaessa huomioon on otettava muun muassa palo- ja äänitekniset vaatimukset, jotka ovat käyttötarkoituksesta riippuen hyvinkin erilaisia. Myös erilaiset LVI- ja sähköasennukset asettavat omat haasteensa muunneltavan rakennuksen suunnittelulle ja toteutukselle. Toisaalta rakennuksen muunneltavuuteen vaikuttaa suuresti myös päätöksentekijöiden kyky mukautua uudensuunniteltuihin vaatimuksiin hallinnollisella tasolla. Muunneltavuus voi olla myös lähtökohta tilaelementtiarkkitehtuurille.

2.2.1 Muunneltavuuden tasot

Rakennuksen muunneltavuutta voidaan käsitellä eri tasoilla suunnittelun, täydennysrakentamisen, käytön ja muutostyön laajuuden näkökulmista. Toisaalta rakennuksen muunneltavuutta arvioitaessa huomioon on otettava kustannuksiin, aikaan ja muutoksen vaatimaan työhön liittyvät tekijät. Eri rakennuksissa muunneltavuutta voidaan toteuttaa siis eri tavoin.

Muunneltavuuden näkökulmasta kestävä kehitys rakennuksen elinkaaren aikana tarkoittaa kehitystä, jossa rakennus täyttää nykyhetken vaatimukset ja pystyy mukautumaan myös tulevaisuuden tarpeisiin. Niin kauan kuin rakennus vastaa käyttäjiensä tarpeisiin, ei muutoksia tarvita. Tavoiteltavaa on tarpeiden muuttuessa

mukautua uusiin vaatimuksiin kuluttaen mahdollisimman vähän resursseja. Siksi jo suunnitteluvaiheessa tulisi tutkia erilaisia tilanteita, jotta voitaisiin ennalta arvioida tulevaisuuden tarpeita ja niiden seurauksia tilamuutoksiin ja rakentamiseen liittyen. Ongelmana kuitenkin on, että tulevaisuutta voidaan ennustaa, mutta sitä ei voida varmuudella tietää.

Täydennysrakentamisen tasolla muutoksen joustavuutta arvioidaan sijoitettavuuden ja lisäosan rakenteellisten ominaisuuksien kautta. Täydennysrakentamista suunniteltaessa tutkitaan mahdolliset sijoituspaikat sekä uuden osan suhde vanhaan rakennukseen. Oleellista infrastruktuurin kannalta on, onko tuleva lisäosa itsenäinen vai osa vanhaa rakennetta. Rakennuksen sisäisellä joustavuudella puolestaan tarkoitetaan rakennuksen kykyä mukautua siten, että muutokset tapahtuvat olemassa olevan rakenteen sisällä toivotussa ajassa. Sisäistä joustavuutta arvioitaessa on otettava huomioon muutoksen vaikutukset koko rakennukseen. Järjestelmällinen rakenne mahdollistaa epäsystemaattista rakennetta helpommin sisäiset muutokset.

Käytön joustavuudella tarkoitetaan rakennuksen kykyä mukautua käyttötarkoituksen muutoksiin. Muutokset voivat vaihdella yksittäisen huoneen tai yksikön muutoksesta koko rakennuksen käyttötarkoituksen muuttumiseen. Joustavalla suunnittelulla puolestaan tarkoitetaan niitä rakennukseen suunniteltuja ominaisuuksia, joilla voidaan ennakoita tulevaisuuden muutoksia. Muunneltavaksi suunnitellun rakennuksen rakenne, liitokset ja tilat sallivat ja mahdollistavat tulevaisuuden muutokset. [14]

2.2.2 Muunneltavuuden keinot

Rakennuksen muunneltavuus syntyy huolellisen suunnittelun, tarkoituksenmukaisen rakenteen sekä joustavien LVISA -järjestelmien kautta. Ennakoiva suunnittelu uutta rakennusta suunniteltaessa parantaa rakennuksen mahdollisuuksia mukautua tulevaisuuden tarpeisiin. Suunnittelu vaatii ammattitaitoa ja eri alojen yhteistyötä.

Järjestelmällinen rakenneverkko mahdollistaa tilan muutokset. Rakennetta suunniteltaessa tulisi varautua mahdollisiin tulevaisuuden lisäkuormiin. Julkisivuelementtien tulisi myös olla itsenäisiä ja vierekkäisistä elementeistä riippumattomia, jotta ne voidaan purkaa tai vaihtaa primäärirakennetta muuttamatta. Myös erilaisissa LVI-asennuksissa tulisi huomioida tulevaisuuden tarpeet tila- ja kapasiteettivaroitusten esimerkiksi putkistojen mitoituksessa. Korjaus- ja täydennysrakentamisessa on otettava huomioon mahdollisesti kasvaneet asennusten tilantarpeet, sillä uudet järjestelmät vaativat usein enemmän tilaa kuin vanhat. Tiettyjä laitteita tai liitäntöjä voidaan myös asentaa tulevaisuuden varalle ottamatta niitä kuitenkaan heti käyttöön. Myös erilaiset palomääräykset voidaan huomioida suunnitteluvaiheessa. Esimerkiksi poistumistiet ja portaat voidaan mitoittaa maksimaalisen käytön mukaan. Samoin poistumisteitä suunniteltaessa huomioon voidaan ottaa erilaiset käyttötarkoitukset. Myös osastoinnilla ja paloluokituksella voidaan ennakoita tulevaisuuden muutoksia. Tällöin rakenteiden mitoituksessa ennakoitaan muuttuvaan käyttöön liittyviä suurempia rakenteellisia kuormia ja palokuormia. [14]

Tavallisesti rakennusta ei suunnitella ajatellen tulevaisuuden muutoksia, vaan huomioon otetaan vain nykyiset vaatimukset, tarpeet ja rakentamista ohjaavat säännökset. Suuri joustavuus mahdollistaa muutosten tekemisen pienemmin kustannuksin, mutta sen alkukustannus on suurempi kuin rakennuksessa, jota ei ole varsinaisesti suunniteltu tulevaisuuden muutokset huomioiden joustavaksi. On kuitenkin tärkeää kyetä näkemään ja ennakoimaan rakennukseen sisältyvän muunneltavuuden mahdollisuudet jo suunnittelu- ja toteutusvaiheessa, jotta myöhempi päätöksenteko helpottuu. [8]

Ennakoivalla suunnittelulla parannetaan olennaisesti rakennuksen muunneltavuutta. Kuitenkin on määriteltävä taso, jolle muunneltavuuden on yllettävä. Toivotun muunneltavuustason ylittävä joustavuus on liiallista ja ylimääräistä varautumista ja saattaa siten olla turha investointi. Puutteellinen muunneltavuus sen sijaan ilmenee tiukkana rakenteena, joka ei pysty mukautumaan muutoksiin. Pitkällä



Kuva 28: Myös tilaelementtirakentamisessa voidaan huomioida erilaiset tekniset asennukset ja osien kytkeminen laajemmiksi kokonaisuuksiksi. Asennukset tehdään jo tehtaalla.

aikavälillä ylimääräinen muunneltavuus on hyödyllisempää kuin liian vähäinen muunneltavuus, mutta sen kustannukset ovat suuremmat. Kestävälle arkkitehtuurille onkin olennaista löytää sopiva ja riittävä muunneltavuuden taso. [14]

2.2.3 Muunneltavuuden arviointi

Olemassa olevien rakennusten muunneltavuutta arvioitaessa ja vertailtaessa käytetään määreinä kustannuksia, aikaa ja muutoksen vaatimaan työmäärää. Nämä määreet vaikuttavat kussakin rakennuksessa eriasteisesti ja eri tavoin. Koska kukin määre on muiden vaikuttavien tekijöiden summa, syntyy erilaisia skenaarioita useita.

Työmäärän arviointiin liittyviä tekijöitä ovat suhde saavutettavan ja olemassa olevan pinta-alan välillä sekä ala, joka voidaan saavuttaa tarvitsematta uutta infrastruktuuria. Yksi aikaan liittyvä arviointikriteeri on muutostyön kohteena olevan alan suhde aikaan, jolloin rakennusta ei voida käyttää. Toisaalta muutostyöhön kuluva aikaa voidaan arvioida laskemalla muutostyön nopeus muutoskohteen pinta-alaan suhteutettuna. Kustannuksia puolestaan voidaan arvioida vertaamalla muutostyötä normaalin uudisrakentamisen kustannuksiin. Kun määreitä arvioidaan suhteessa toisiinsa, saadaan selville rakennuksen muunneltavuustaso. Uuden rakennuksen muunneltavuustasoa määriteltäessä on tehtävä arvopainotus muutoksiin liittyvien määreiden välillä jo suunnitteluvaiheessa. [14]

2.2.4 Muunneltavuus aikajanalla

Yksittäisen rakennuksen muunneltavuutta voidaan tarkastella myös erilaisten ajanjaksojen kautta. Päivittäinen, viikoittainen, kuukausittainen tai vuosittainen muunneltavuus tapahtuu eri tavoin ja vaihtelee laajuudeltaan. Joustavuuden ja muunneltavuuden tarve on läsnä koko rakennuksen elinkaaren ajan, mutta sen laatu ja määrä vaihtelevat.

Päivittäinen tai viikoittainen muunneltavuus tiloissa tapahtuu esimerkiksi huonekalujärjestystä muuttamalla tai tilanjakajia siirtämällä. Esimerkiksi luokkatiloissa lyhyen aikavälin muunneltavuus voi tarkoittaa pulpettien ryhmittelyä eri tavoin tai kahden luokkatilan yhdistämistä siirtoseiniä avaamalla. Vuositasolla rakennuksen muunneltavuutta tarkastellaan pikemminkin toimintojen muuttumisen kautta, jolloin yksittäisten tilojen tai yksiköiden käyttötarkoitus saattaa muuttua tarpeiden eläessä rakennuksen sisällä. Toisaalta vuositason muunneltavuus voi tarkoittaa myös erilaisten pintamateriaalien, huonekalujen ja laitteiden päivittämistä ja vaihtamista käyttötarkoitusta paremmin palveleviksi.

Rakennuksen muunneltavuutta voidaan tarkastella myös pidemmällä 5-10 vuoden aikajänteellä. Pitkällä aikavälillä koko rakennuksen käyttötarkoitus saattaa muuttua tilantarpeiden supistuessa tai kasvaessa tai käyttäjän vaihtuessa. Esimerkiksi koulun oppilasmäärät voivat muuttua niin paljon, että vanha rakennus jää riittämättömäksi. Tällöin rakennuksen joustava käyttö voidaan saavuttaa lisärakentamisella. Toisaalta rakennus voi jäädä tarpeettomaksi liian vähäisen käyttötarpeen myötä. Tällöin muunneltavuudella voidaan tarkoittaa joko rakennuksen siirtämistä toiseen paikkaan tai koko rakennuksen käyttötarkoituksen muuttamista ja vanhan toiminnan sijoittamista toisaalle. Nopea lisärakentaminen tai rakennusten siirtäminen saavutetaan hyvin tilaelementtirakentamisella.

Rakennuksen muunneltavuutta aikajanalla voidaan tarkastella myös erilaisten rakentamiseen liittyvien vaiheiden kautta. Näitä vaiheita ovat rakennuksen suunnittelu, rakentaminen, käyttäminen ja käytöstä poistuminen. Eri vaiheissa muunneltavuuden keinot vaihtelevat. Suunnitteluvaiheessa arkkitehdin ja muiden suunnittelijoiden rooli on suuri, kun määritellään rakennejärjestelmä ja tilajärjestelyt. Usein suunnitteluvaiheessa voi vielä olla epäselvää, kuka lopullinen käyttäjä on. Tällöin on tärkeää ottaa suunnittelussa huomioon tilallinen joustavuus. Ennakoivalla suunnittelulla varmistetaan myös myöhempi muunneltavuus ja käyttötarkoituksen muutokset. Rakennusvaiheessa muutoksia tulee usein käyttäjien taholta. Rakennusvaiheessa korostuu suunnitteluvaiheen



Kuva 29: Päivittäinen tai viikoittainen muunneltavuus tarkoittaa esimerkiksi huonekalujärjestyksen muuttamista tai tilanjakajien siirtämistä.

tärkeys: hyvin ja ennakoiden suunniteltu rakennus mukautuu helpommin, pienemmin kustannuksin ja pienemmällä työmäärällä. Käytön aikaiset muutokset syntyvät yleensä tilantarpeiden tai käyttäjän muuttuessa. Kun rakennus ei enää vastaa käyttäjän tarpeisiin, tulee kyseeseen rakennuksen käyttötarkoituksen ja tilojen radikaali muuttaminen, rakennuksen siirtäminen tai purkaminen.

2.2.5 Päätöksenteko muunneltavuuden ehtona

Rakennuksen muunneltavuuteen vaikuttavat myös erilaiset päätöksentekoprosessit ja niissä toimivat päättäjät. Tavoiteltaessa muutosta syntyy tarve aktiivisille päätöksille muutosprosessin aloittamiseksi ja toteuttamiseksi. Ei riitä, että rakennus on joustava ja muuntautumiskykyinen, vaan on myös osattava tehdä päätöksiä potentiaalihin hyödyntämiseksi.

Päätösten takana on aina joko yksilö tai ryhmä, joka toimii omien näkökulmiensa kautta. Päätöksiin vaikuttavat henkilön tai ryhmän aiempi kokemus, tiedot sekä henkilökohtaiset tavoitteet ja intressit. Toisaalta päätöksentekoon liittyy tekijöitä, jotka joko välillisesti tai suoraan liittyvät rakennuksen fyysiseen muunneltavuuteen. Tällaisia tekijöitä ovat rahoitukseen liittyvät tekijät, ennakoiva suunnittelu, tietoisuus muutospotentiaalista sekä esimerkiksi valitut materiaalit, rakennusosien tuotanto ja tekniset asennukset. Varsinaiseen rakennukseen liittymättömät tekijät vaikuttavat suuresti päätöksiin ja päättäjien rooli aloitteentekijöinä on tärkeä.

Välillisesti rakennuksen muunneltavuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat ennakoiva suunnittelu, taloudelliset näkökulmat sekä tietoisuus muutospotentiaalista. Suunnittelulla määritellään ne tulevaisuuden toiminnot, joihin rakennus voidaan mukauttaa. Suunnittelua puolestaan ohjaavat erilaiset lait ja määräykset, jotka voivat ajan myötä muuttua vaikeuttaen suunniteltujen muutoksien toteuttamista tulevaisuudessa. Taloudellisiin näkökulmiin liittyy ennalta suunnitellun muuntojoustavuuden tuoma rahallinen etu, joka saavutetaan myöhemmissä muutostöissä näkyvinä pienempinä

kustannuksina. Toisaalta ennakoiden suunniteltu muunneltavuus tarkoittaa myös lisäystä alkukustannuksiin.

Päätösprosessiin osallistuvien tietoisuus rakennuksen muutospotentiaalista on suurin vaikuttava tekijä muutoksien ja niitä koskevien päätösten toteuttamiseksi. Tietoisuudella tarkoitetaan rakennukseen sisältyvien joustavuuteen ja muunneltavuuteen liittyvien mahdollisuuksien todellista ymmärtämistä. Mahdollisuudet on myös otettava huomioon päätöksenteossa. Välillisesti rakennukseen liittyvien tekijöiden vaikutus muunneltavuuteen on suurempi kuin konkreettisesti rakennukseen liittyvien tekijöiden. Välillisesti rakennukseen liittyviä tekijöitä on kuitenkin vaikea ennustaa ja nähdä muunneltavuuteen vaikuttavina tekijöinä.

Rakennuksen muunneltavuuteen liittyvien tekijöiden ohella päätöksentekoon vaikuttavat erilaiset päätöksentekijät. Eri tavoin päättämiseen voivat rakennusprosessin eri vaiheissa vaikuttaa rakennuksen omistajat, arkkitehdit, rakennusurakoitsijat, viranomaiset, projektinvetäjät, käyttäjät ja asiakkaat. Rakennuksen omistajat ovat hallitsevassa asemassa vaikuttamassa rakennuksen muunneltavuuteen, sillä he saavat suurimman hyödyn joustavasta ja muunneltavasta rakennuksesta. He myös arvioivat muutostarpeen. Arvio tehdään kysynnän, muutospotentiaalin, taloudellisten näkökulmien ja mahdollisen tehokkuuden lisäämisen kautta. Myös arkkitehdillä on mahdollisuus vaikuttaa rakennuksen joustavuuteen osoittamalla rakennuksen käyttömahdollisuudet muunneltavuutta tukevalla tilasuunnittelulla. Arkkitehdin tehtävä on myös varmistaa, että rakennusta ja sen toimintoja voidaan tulevaisuudessa tarpeen tullen muuttaa.

Asiakkaan vaikutusmahdollisuudet päätöksenteossa ovat suuret, sillä yleensä asiakas tekee aloitteen rakennuksen rakentamiseksi tai muutostöiden aloittamiseksi. Asiakkaita voivat olla rakennuksen omistajat, rakennusliikkeet tai muut tahot, joilla on taloudellisia intressejä tai muita kytköksiä rakennukseen. Käyttäjät puolestaan vaikuttavat omistajatahoon ja siten osaltaan päätöksentekoon. Kun käyttäjän toiminnot ja tilantarpeet muuttuvat, täytyy rakennusten kehittyä ja muuttua tarpeiden mukaisesti.

Myös rakennusurakoitsija sekä projektinvetäjät vaikuttavat asenteillaan ja valinnoillaan rakennuksen muunneltavuuteen.

Viranomaiset vaikuttavat lopulta rakennukseen erilaisten strategisten päätösten sekä määräysten ja lakien kautta. Viranomaiskäsitelyssä suunnitelmia tarkastellaan eri tavoin turvallisuuden ja saavutettavuuden takaamiseksi, mikä voi vaikuttaa rakennuksen muunneltavuuteen. Esimerkiksi esteettömyysvaatimukset saattavat rajoittaa rakennuksen joustavaa käyttöä tulevaisuudessa. Lupaprosessiin liittyy myös valitusoikeus, joka voi vaikuttaa päätöksentekoon. Urakoitsijan, projektinvetäjän ja viranomaisten vaikutusmahdollisuudet ovat kuitenkin suhteessa pienemmät kuin muilla toimijoilla. Projektikohtaisesti vaihtelevat päätöksentekijöiden väliset suhteet ja erilaiset roolit vaikuttavat kunkin rakennuksen muuntautumiskykyyn.

Päätöksenteon tavoitteena on saavuttaa riittävä ja tarkoituksenmukainen muunneltavuuden taso. Taso on riippuvainen niistä erilaisista toiminnoista, joita rakennuksessa tulee olemaan sen elinkaaren aikana. Päätöksenteon ongelmana on epävarmuus tulevaisuudesta. Päätösprosessi on perusteltava niillä tiedoilla ja ymmärryksellä, jotka liittyvät rakennuksen muutospotentiaalin. Näitä ovat tieto siitä, kuka päätöksiä tekee, millaisia päätöksiä tehdään ja mihin tekijöihin ne perustuvat. [8]

2.2.6 Muunneltavuus tilaelementtirakentamisessa

Tilaelementtirakentaminen voi lähtökohtaisesti pitää sisällään ajatuksen muunneltavasta ja joustavasta tavasta rakentaa ja toteuttaa tilakokonaisuuksia. Tämä liittyy ajatukseen vaiheittaisesta rakentamisesta ja purkamisesta sekä mahdollisesta rakennuksen myöhemmästä siirtämisestä muualle. Tilaelementtirakentamisessa muunneltavuutta voidaan tarkastella yksittäisten elementtien ja elementeistä koottujen kokonaisuuksien näkökulmista. Yksittäisen tilaelementin siirrettävyys ja tilakokonaisuuksissa erilaisiin käyttötarkoituksen muutoksiin varautuminen on yleensä lähtökohtana suunnittelulle. Tilaelementtitekniikalla toteutetun rakennuksen joustavuus voi näkyä monella tasolla.

Yksittäisen tilaelementin sisällä muunneltavuudella tarkoitetaan joustavaa rakennetta, joka mahdollistaa erilaiset käyttötavat ja esimerkiksi huonekalujärjestyksen muuttamisen. Elementin mitoitus on erityisen tärkeää, kun tilaelementti on yksittäinen kokonaisuus. Myös kestävien ja käyttötarkoitukseen soveltuvien materiaalien valinnoilla edistetään tilan käyttöikä. Materiaalivalinnat liittyvät myös esimerkiksi paloturvallisuuteen ja siten erilaisten käyttötarkoitusten ennakointiin.

Tilaelementti voi kuitenkin olla myös muunneltavuudeltaan rajallinen. Kun tilaelementti on kappale, joka sisältää kaikki rajaavat pinnat, on elementtien yhdisteltävyys rajallista. Tällöin myös elementin sisäisen tilan muunneltavuus on pitkälle ennalta määriteltä. Esimerkiksi kylpyhuonemuodulit ovat yleensä mitoitukseltaan, teknisiltä asennuksiltaan ja materiaaleiltaan soveltuvia vain suunniteltuun käyttötarkoitukseen. Laajentamalla tilaelementin käsitettä saavutetaan parempi muunneltavuus. Esimerkiksi erottamalla kantava rakenne julkisivurakenteista voidaan elementtejä yhdistää paremmin toisiinsa. Samalla vältetään turhilta ulkoseinärakenteilta tilaelementtien välillä. Tämä on erityisen tärkeää, kun uudet energiamääräykset kasvattavat seinärakenteita. Toisaalta rakenteiden eriyttäminen vapauttaa myös julkisivun käsittelyn erilaisissa sijoituspaikoissa.

Rakennuskokonaisuuden tasolla muunneltavuudella tarkoitetaan muun muassa eri tilojen ja toimintojen yhdistettävyyttä. Tekniikan edut ovat nopeassa toimituksessa ja käyttöönotossa, jolloin investoinnista syntyvä hyöty saadaan käyttöön heti. Tekniikka myös mahdollistaa rakennuskokonaisuuden laajentamisen ja supistamisen vaiheittain tarpeiden muuttuessa. Suurissa kokonaisuuksissa muunneltavuus tarkoittaa elementtien liitettävyyttä toisiinsa sekä kokonaisuuksien vaiheittaista rakentamista ja purkamista. Tilaelementti soveltuu hyvin korjaus- ja lisärakentamiseen, jossa nopea toteutus ja vaiheistuksen mahdollisuus ovat tärkeitä.

2.3 Ekologia rakentamisessa

Ekologisuus rakentamisessa tarkoittaa rakennuksen suhdetta ja vaikutuksia ympäristöön. Rakennuksen ekologisuutta tarkasteltaessa kiinnitetään huomiota muun muassa rakennuksen energiatalouteen, rakennusmateriaaleihin ja rakennuksen käytön ympäristövaikutuksiin.

2.3.1 Elinkaariarvio

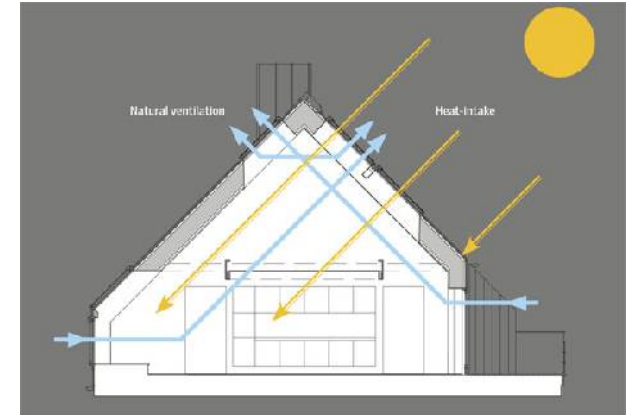
Rakennuksen ympäristövaikutuksien arvioimisessa käytetään elinkaariarviota, jolla tarkoitetaan tuotteen tai toiminnon mahdollisten ympäristövaikutusten selvittämistä ottaen huomioon tuotteen koko elinkaaren aikana syntyvät ympäristökuormat. Tämä tarkoittaa sitä, että huomioon otetaan kaikki ne kuormat, jotka syntyvät raaka-aineiden hankinnasta tuotteen loppusijoitukseen asti. Arvioinnin kriteereinä ovat paitsi energian ja luonnonvarojen käyttö, myös maahan, ilmaan ja vesistöihin aiheutuvat päästöt ja jätteet sekä vaikutukset ekosysteemiin. Sovellettaessa elinkaariarviointia rakennuksen ympäristövaikutuksien arvioimiseen, on rakennusta ajateltava yhtenä toiminnallisena yksikkönä.

Rakennushankkeen eri vaiheissa voidaan tehdä valintoja, jotka vaikuttavat tulevaisuudessa rakennuksiin sitoutuneiden resurssien uudelleenkäyttöön ja rakennuksen elinkaaren pituuteen. Elinkaariajattelun toteuttamisessa ratkaisevassa asemassa ovat rakennuttajat ja muut rakennusalan asiakkaat vaatimusten asettajina. Vaatimusten motiiveina voivat olla paitsi loppukäyttäjän omalle toiminnalleen asettamat ympäristötavoitteet myös taloudellinen ajattelu, jos oletetaan tarkoituksenmukaisen elinkaarisuunnittelun vähentävän rakennuksen käyttö- ja ylläpitokustannuksia. Kussakin hankkeessa vaatimukset kohdistetaan rakennukselle asetettuihin haluttuihin ominaisuuksiin. Suunnittelijan tehtävä on löytää ratkaisut ja toteutustavat haluttujen ominaisuuksien saavuttamiseksi ja vaatimusten täyttämiseksi. Hankkeen alussa

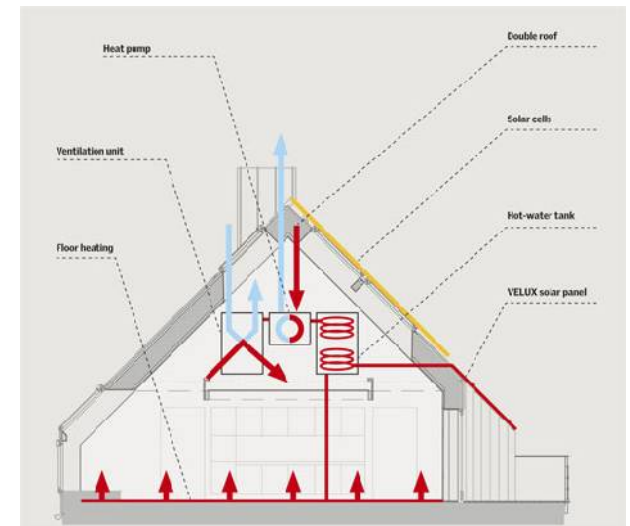
määriteltyjä vaatimuksia voivat olla esimerkiksi rakennuksen energiakulutuksen enimmäismäärä vuodessa tai käyttöikä ja joustavuuteen liittyvät tekijät. Kun ekologinen suunnittelu halutaan ulottaa koskemaan myös tuotevalintaa ja rakennuksen kestävyyttä ja joustavuutta, voidaan hyödyksi käyttää rakennustuotteiden ympäristöselosteita ja -merkintöjä. Toteutuneen rakennuksen tai suunnitteluratkaisun arvioimiseen käytetään todentamismenetelmiä, jotka ovat arviointimenetelmiä tai laskennallisia menetelmiä. Todentamismenetelmät voivat olla myös tarkastus- ja mittausmenetelmiä. Referenssiarvojen puute kuitenkin haittaa hankkeiden arvioimista ja ekologisten vaatimusten asettamista. [5][6]

2.3.2 Rakennuksen energiatalous

Rakennuksen systemaattinen energiataloudellinen suunnittelu on yksi tärkeimmistä rakennuksen ympäristövaikutuksia pienentävistä tekijöistä, sillä rakennuksen käytönaikainen energiankulutus on suurin ympäristökuorma rakennuksen elinkaaren aikana. Rakennuksen energiataloudellisessa suunnittelussa huomioon otetaan paitsi energiankulutus, myös eri energialähteiden ympäristövaikutukset. Rakennuksen energiakiertoon kuuluvat muun muassa lämmitykseen ja jäähdytykseen kuluva energia, ulkovaipan ja ilmanvaihdon lämpöhäviöt sekä erilaisten laitteiden tuottama lämpökuorma. Rakennuksen energiankulutusta voidaan pienentää parantamalla lämmön talteenottoa, pienentämällä lämpöhäviöitä ja hyödyntämällä tehokkaasti rakennuksessa syntyviä lämpökuormia. Tämä edellyttää paitsi rakennuksen tarkoituksenmukaista suunnittelua vastaamaan sen elinkaaren aikaisia toiminnallisia vaatimuksia, myös huolellista rakentamista. Tämä tarkoittaa erityisesti rakennuksen tiiveyden varmistamista. Rakennuksen ympäristötaloutta arvioitaessa kiinnitetään energiankulutuksen lisäksi huomiota myös lämmön- ja sähköntuotantojärjestelmiin ja niihin liittyvien polttoaineiden, sähkön ja kaukolämmön energiasisältöön ja päästöihin. [5][6]



Kuva 30: Ekologisessa rakentamisessa voidaan hyödyntää aurinkoenergiaa ja luonnollista ilmanvaihtoa. Velux Soltag.



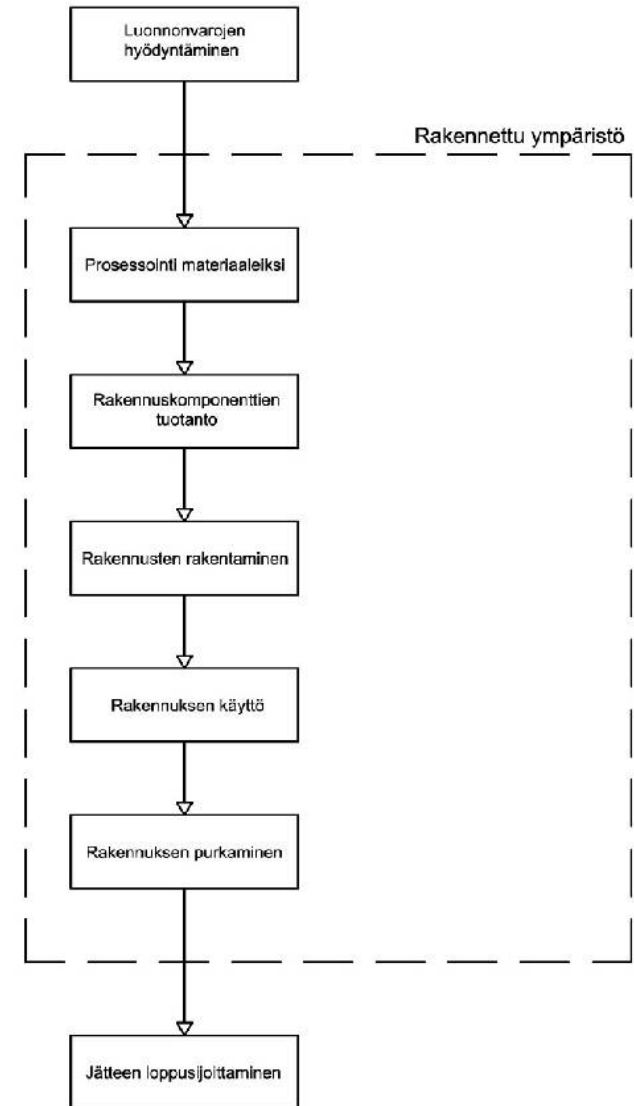
Kuva 31: Lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmiin tulee kiinnittää huomiota. Myös lämmön talteenotto on osa tehokasta energiataloutta. Velux Soltag.

2.3.3 Rakennetun ympäristön resurssien hyödyntäminen

Rakentaminen on prosessi, jossa huolella suunnitellut komponentit ja materiaalit kootaan yhteen kokonaisuuksiksi. Rakennusprosessi vaatii työvoiman, materiaalien, ajan ja paikan hallintaa, jotta haluttu lopputulos, suunnitelmien mukainen valmis rakennus, voidaan saavuttaa aikataulussa. Elinkaarensa päähän tulleen rakennuksen hajottaminen osiin ei kuitenkaan yleensä ole yhtä vaativa prosessi. Purkamiseen tarvitaan vain muutama puskutraktori tai huolellisesti sijoitetut räjähteet. Usein rakennettuun ympäristöön sijoitetut resurssit jäävät hyödyntämättä rakennuksen tultua elinkaarensa päähän. Rakennetun ympäristön resurssien hyödyntämisen strategioita on kuitenkin useita.[3]

Crowther kuvaa tavanomaista rakennuksen elinkaarta lineaarisena ketjuna, joka alkaa luonnonvarojen hyödyntämisestä ja niiden prosessoinnista käyttökelpoisiksi materiaaleiksi. Edelleen materiaalit työstetään valmiiksi rakennuskomponenteiksi, jotka kootaan valmiiksi rakennukseksi. Rakennuksen suunnitellun käyttöiän kuluessa loppuun seuraa rakennuksen purkaminen ja lopulta purkujätteen loppusijoitus. Crowther esittää myös vaihtoehdoisen elinkaarimallin, jossa rakennuksen lineaarinen elinkaari muuttuu osittain sykliseksi. Materiaaleja, rakennuskomponentteja sekä kokonaisia rakennuksia voidaan käyttää uudelleen, jolloin niiden elinkaari pitenee ja rakennuksiin sitoutuneet resurssit voidaan hyödyntää. [4]

Crowther esittää neljä tapaa käyttää rakennetun ympäristön resursseja. Kokonaiset rakennukset voidaan sijoittaa uudelleen ja niiden käyttötarkoitusta voidaan muuttaa. Tällöin rakennus palaa uudelleen elinkaarensa käyttövaiheeseen. Rakennus voidaan myöhemmin sijoittaa jälleen uuteen paikkaan tai sen käyttötarkoitusta voidaan edelleen muuttaa vastaamaan uusia tarpeita. Rakennuksen tai sen osan siirtäminen edellyttää kuitenkin siirrettävyyden ottamista huomioon jo suunnitteluvaiheessa. Käyttötarkoituksen muuttaminen puolestaan vaatii joustavaa ja avointa rakenne- ja tilasuunnittelua, sekä eri käyttötarkoituksille sovellettavien rakennusmääräysten



Kuva 32: Rakennuksen elinkaari yleensä Crowtherin mukailen. [4]

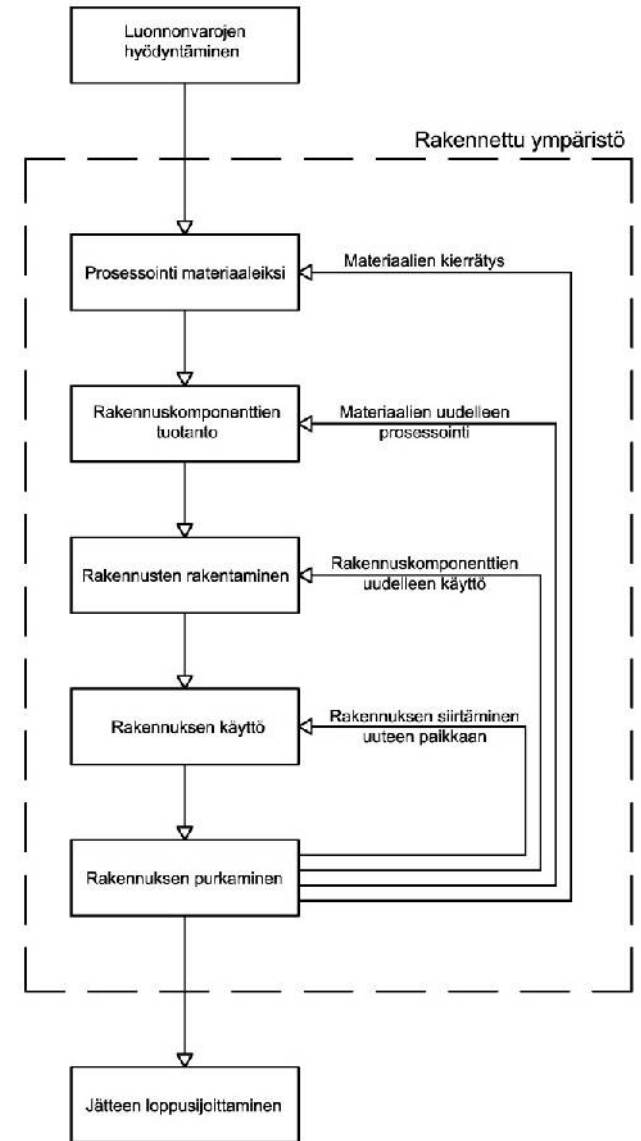
huomioimista. Toisaalta myös rakennusosia voidaan hyödyntää uusissa rakennuksissa tai ne voidaan työstää uusiksi komponenteiksi. Viimeisenä resurssien hyödyntämisen strategiana on rakennusmateriaalien kierrätys. Puretta ja lajiteltu aines voidaan käyttää teollisuudessa hyödyksi raakamateriaalin rinnalla. [4]

2.3.4 Purkamisen suunnittelu

Kun ajatellaan rakennuksien, rakennusosien ja -materiaalien kierrättämistä, on jo suunnitteluvaiheessa otettava huomioon purkuprosessin ja rakennuksen mahdollisen uudelleensijoittamisen vaatimukset. Rakennejärjestelmä, erilaisten rakennuskomponenttien määrä ja materiaalivalinnat määrittävät rakennuksen ja sen osien uudelleen hyödyntämisen mahdollisuudet. Rakennuksen purkuprosessi tulisi suunnitella ja toteuttaa yhtä huolellisesti kuin rakennusprosessi, jotta kuvailtu resurssien uudelleenkäyttö olisi mahdollista ja varteenotettava vaihtoehto purkamiselle. Suunnittelemalla rakennuksen purkuprosessi, voidaan suunnitella rakennuksia, jotka käyttävät hyödykseen kierrättämisen tuomat taloudelliset ja ekologiset hyödyt. [4]

Rakennusmateriaalien käyttö aiheuttaa merkittävimmän osan rakentamisen aiheuttamasta luonnonvarojen kulumisesta ja maankäytöstä. Rakennusmateriaalit aiheuttavat myös suurimman osan rakennuksen elinkaaren aikaisista päästöistä. Rakennusosiin sitoutuneita ympäristökuormia voidaan arvioida rakennusosaan sitoutuneen energiasisällön, raaka-ainesisällön ja päästöjen avulla. Materiaalien ekologisuutta arvioitaessa huomioon otetaan muun muassa valmistuksessa ja kuljetuksessa syntyvät ympäristövaikutukset ja energiankulutus. Tehtäessä materiaalivalintoja ekologisista lähtökohdista, olisi suosittava paikallisia materiaaleja tai käytettävä kierrätettyjä rakennusmateriaaleja. [3]

Rakennuskomponenttien käyttäminen uudelleen toisessa rakennuskohteessa on varteenotettava vaihtoehto, kun komponentit voidaan helposti irrottaa ja siirtää pois vanhasta rakennuksesta. Komponenttien mekaaniset kiinnitystavat ovat purkua ajatellen



Kuva 33: Rakennuksen pidennetty elinkaari Crowtheria mukailen. [4] Rakennetun ympäristön resurssien hyödyntäminen.

parempia kuin kemialliset liitokset. Jos kemiallisia liitoksia käytetään, tulisi ne suunnitella siten, että sidokset ovat rakennusosia heikompia. Tällöin rakennusosat säilyvät ehjinä ja liitos antaa periksi. Samankaltaisten liitostapojen käyttäminen helpottaa purkamista, kun tarvittavan osaamisen ja osien purkuun liittyvien työvaiheiden määrä vähenee. Valinta voi johtaa joidenkin liitosten ja rakenteiden ylimitoitukseen, mutta se säästää sekä rakentamisessa että purkamisessa käytettyä aikaa. Kun kantavat rakenteet erotetaan runkoa suojaavista sekä sisäisistä jakavista rakenteista ja LVI -tekniikasta, voidaan rakennusosia purkaa vaikuttamatta koko rakennuksen toimintaan. On myös tärkeää, että erilaiset rakennuskomponentit voidaan tunnistaa ja erotella jo purkuvaiheessa kierrätystä tai uudelleen kokoamista ajatellen.

Käytettäessä rakennusmateriaaleja, jotka eivät ole vaarallisia tai vahingollisia ympäristölle tai ihmisille, materiaalien purkaminen ja erottelu on helpompaa ja turvallisempaa. Toisaalta erilaisten materiaalien määrä tulisi minimoida lajittelemisen helpottamiseksi. Kuten erilaisten rakennuskomponenttien tunnistaminen, on tärkeää, että erilaiset rakennusmateriaalit voidaan tunnistaa. Esimerkiksi monet muovit ovat vaikeasti tunnistettavia, ellei niissä ole tunnistamista helpottavia merkintöjä. Tunnistettavuus helpottaa materiaalien lajittelua, ja niiden käyttöä raaka-aineena. [4]

2.3.5 Ekologia tilaelementtirakentamisessa

Tilaelementtirakentaminen mahdollistaa ekologisen rakentamisen, sillä sen suunnittelu- ja rakentamisvaiheet toteuttavat ja tukevat ekologisen rakentamisen ajatuksia. Näin ei aina kuitenkaan ole. Tilaelementtitekniikalla toteutettuihin rakennuksiin sitoutuneet resurssit voidaan kuitenkin yleensä hyödyntää paremmin kuin perinteisillä rakentamisen tavoilla toteutetuissa rakennuksissa. Tämä on seurausta suunnittelun- ja toteuttamisen tavoista. Lähtökohtaisesti tilaelementtirakennukset suunnitellaan toteutettavaksi esivalmistetuista osakokonaisuuksista, tilaelementeistä. Kokoamisen suunnittelu tarkoittaa järjestelmällistä toteutuksen vaiheistusta sekä osien yhteensopivuuden

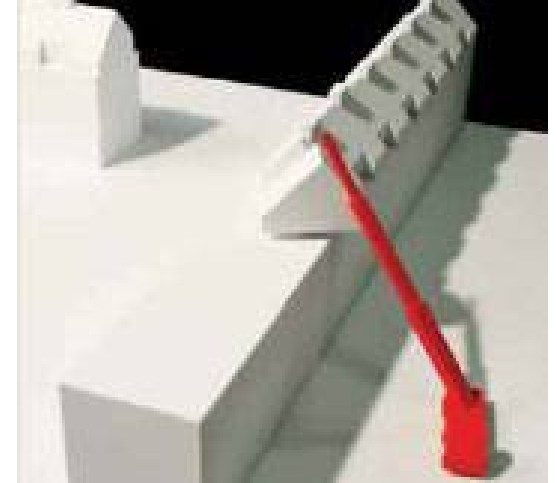


Kuva 34: Tilaelementtiarkkitehtuurin lähtökohtana voi olla myös rakennuksen energiatalous. Rakennuksessa on muun muassa omavarainen aurinkoenergiaan perustuva lämmitysjärjestelmä. Velux Soltag.

vaatimuksen täyttymistä. Jos tavoitteena on siirrettävä ja vaiheittain laajentuva tai muuttuva rakennus, on kokoamisen suunnittelussa ajateltava myös purkamista. Kokoamiseen ja purkamiseen liittyen on mietittävä tarkasti elementtien ja rakennusosien liitostekniikkaa ja kiinnitystapoja. Toisaalta voidaan miettiä rakennejärjestelmän modularisointia ja harkita standardisoitujen rakennuskomponenttien käyttämistä osana kokonaisuutta. Tilaelementtirakentamisessa voidaankin toteuttaa helposti rakennusosien ja materiaalien kierrätyksen ajatuksia. Samalla rakennuksen ja rakennusosien elinkaari pitenee, ja elinkaariarvioiden mukaiset ympäristövaikutukset pienentyvät. Tosin osien kierrätettävyyteen vaikuttaa suuresti valittu rakennemateriaali ja muut toteutukseen liittyvät ratkaisut. Esimerkiksi erilaisista komposiittirakenteista tai betonista toteutettujen tilaelementtien materiaalit ja osat voivat olla hankalasti uudelleen hyödynnettävissä.

Hallituissa tehdasolosuhteissa rakentamisella on useita etuja työn laatuun, materiaalivirtoihin ja rakentamisaikaan liittyen. Työn jäljen kontrollointi on helpompaa, jolloin rakennusvirheiden määrä vähenee. Myös detaljointiin on helpompi kiinnittää huomiota, kun rakennettavat yksiköt ovat pienempiä. Rakentamisen välittömät vaikutukset ympäristöön ovat rajalliset, sillä työ varsinaisella rakennuksen sijoituspaikalla on koko prosessiin suhteutettuna vähäistä. Rakentamisesta aiheutuva melu, rakennustarvikkeiden varastoinnin aiheuttama kuormitus ja rakennusjätteiden syntyminen tontilla voidaan minimoida. Esivalmistamisen etuihin kuuluvat myös pienet materiaalihäviöt ja syntyvän rakennusjätteen helpompi kierrätettävyys. Rakentamisen ajallinen optimointi tuo myös taloudellisia etuja. Toisaalta, tilaelementtiin liittyvä kuljetus tehtaalta tontille synnyttää päästöjä.

Tilaelementtitekniikalla toteutetun rakennuksen elinkaari on pitkä, jos toteutustavan tuomat edut käytetään hyödyksi ja rakennus nähdään muuttuvana kokonaisuutena. Tilaelementtirakentamisessa on kuitenkin myös ongelmakohtia. Käytön eläminen, uuteen paikkaan siirtäminen ja materiaalien uudelleen hyödyntäminen ovat oletuksia, jotka eivät välttämättä toteudu käytännössä. Ongelmallisia energiatalouden kannalta ovat myös tilaelementtien väliset liitokset, joissa virheiden mahdollisuus kasvaa.



Kuva 35: Olemassa olevien rakennusten energiatehokkuutta voidaan parantaa kattorakentamisella. Velux Soltag.

Energiataloudellisesta näkökulmasta oleellista on riittävän ilmatiiveyden saavuttaminen. Tällöin liitoskohtien suunnittelu ja tarkka toteutus on erityisen tärkeää. Siten tontilla tehtävän työn laadulla on suuri merkitys. Myös uusien energiamääräysten myötä kasvavat eristepaksuudet tulee huomioida tilaelementtejä suunniteltaessa. Tällöin on pohdittava tilaelementtien välisten lämmöneristettyjen seinärakenteiden tarpeellisuutta muun muassa materiaalikulutuksen ja taloudellisuuden näkökulmista. Tällöin myös tilaelementin määritelmä suljettuna kappaleena voidaan kyseenalaistaa.

2.4 Siirrettävyys

Vaikka nyky-yhteiskunta muuttuu nopeasti, suurin osa nykyisistä rakennuksista suunnitellaan yhä paikallaan pysyviksi. Rakennettu ympäristö koetaan staattisena, ja muutokset siinä tapahtuvat hitaasti vuosien ja vuosikymmenten aikana. Yhteiskunnan ja rakennetun ympäristön muutosnopeudet eivät kohtaa. Tarvitaan arkkitehtuuria, joka vastaa yhteiskunnan sosiaalisten, kulttuuristen ja taloudellisten muutosten asettamiin vaatimuksiin. Rakennusten ja rakennelmien siirrettävyyttä voidaan käsitellä kolmella rakenteen dimensioista johdettavalla tasolla. Keveimmät rakenteet ovat ihmisen kannettavissa olevia rakenteita, kuten teltoja. Seuraavalla tasolla ovat auton, helikopterin tai muiden kuljetusvälineiden avulla siirrettävät rakennukset ja kolmannella tasolla osissa siirrettävät isommat osiin purettavat rakennuskokonaisuudet. Siirrettävyyden tason voidaan ajatella olevan verrannollinen rakennuksen pysyvyyteen. Kevyet, ihmisvoimin siirrettävät rakenteet, ovat luonteeltaan erittäin väliaikaisia. Osissa siirrettävät isot rakennuskokonaisuudet ovat puolestaan lähes pysyviä. [12] Siirrettävyyden tasosta huolimatta siirrettävää rakennusta suunniteltaessa on otettava huomioon ympäristön asettamat vaatimukset siirrettävän kohteen fyysisille ominaisuuksille, kuten massalle ja dimensioille.

2.4.1 Siirrettävä rakennus

Ensimmäiset ihmisen tekemät suojarakennelmat olivat kannettavia, telttamaisia rakenteita, jotka pystyttiin tarpeen mukaan siirtämään toiseen paikkaan elinolosuhteiden muuttuessa. Nykykäsitystä siirrettävästä rakennuksesta leimaa huonolaatuisuus, halpuus ja kertakäyttöisyys. Käsitys siirrettävästä rakennuksesta tai rakennuksen osasta kiteytyy usein työmaaparakeihin. On tehtävä ero siirrettävän rakennuksen ja siirrettävän arkkitehtuurin välillä.



Kuva 36: Kokonaisen rakennuksen siirtäminen. Siirtämisessä on otettava huomioon ympäristön rajoitukset ja erilaiset turvamääräykset.

Kärjistäen voidaan sanoa, että siirrettävä rakennus on rakennus, joka liikkuu ja jota voidaan kuljettaa paikasta toiseen. Siirrettävän rakennuksen massa ja dimensiot siis mahdollistavat kuljetuksen. Siirrettävä arkkitehtuuri puolestaan synnyttää pysyvän arkkitehtuurin tavoin merkityksiä ja tunnistettavia ja identiteetiltään vahvoja ympäristöjä – vaikka vain vuoden, päivän tai tunnin ajan. Siirrettävä arkkitehtuuri voikin täyttää pysyvän rakennuksen roolin sisältäen kuitenkin sellaisia arvoja, joita paikallaan pysyvä rakennus ei voi saavuttaa. Tällaisia arvoja ovat esimerkiksi käyttöönoton nopeus, vaikeasti rakennettaville rakennuspaikoille pääseminen sekä uudelleensijoittaminen toiseen paikkaan. Siirrettävä arkkitehtuuri perustuu muodon, materiaalin ja käytön joustavuuteen, johon liittyy innovatiivisuus ja detaljien tarkkuus. [9]

Suunniteltaessa siirtokelpoista rakennusta, on ajateltava rakennuksen elinkaarta pitkälle. Suunnittelussa on otettava huomioon rakennuksen purkaminen ja toiseen paikkaan sijoitetun rakennuksen uudelleen kokoaminen: millä ehdoilla ja miten rakennus voidaan siirtää. Yhtä tärkeää kuin uuden rakennuksen suunnitteleminen onkin rakennuksen purkamisen suunnitteleminen ja ohjeistus. Olennaista on osien siirrettävyys ja käsiteltävyys. On kiinnitettävä huomiota siirrettävien rakennusosien tai tilaelementtien fyysisiin ominaisuuksiin, jotta osien käsittely ja siirtäminen on mahdollista. Esimerkiksi standardisoitu avoin rakennejärjestelmä sallii uudelleen kokoamisen vaihtoehtoisilla tavoilla, sillä usein käyttötarpeen muuttuessa on tärkeää pystyä siirtämään vain osia rakennuksesta kokonaisuuden kärsimättä. Toisaalta käytettäessä standardisoitua rakennejärjestelmää myös rakennuksen purkaminen voidaan toteuttaa helpommin vaiheittain. Purkamista ajatellen oleellista onkin rakenteen hierarkia. Hierarkkinen rakenne mahdollistaa rakennusosien järjestelmällisen purkamisen. Myös mekaaniset liitokset kemiallisten liitosten sijaan helpottavat purkamista ja uudelleenkokoamista. [4]



Kuva 37: Siirrettävä rakennus.



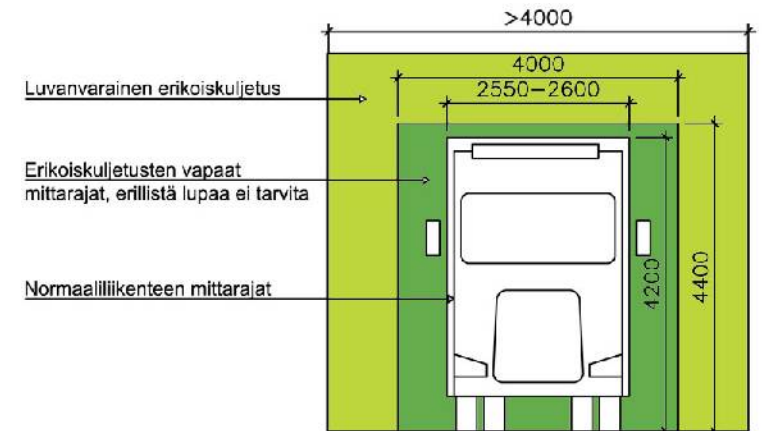
Kuva 38: Siirrettävää arkkitehtuuria.

2.4.2 Ympäristön asettamat rajoitukset

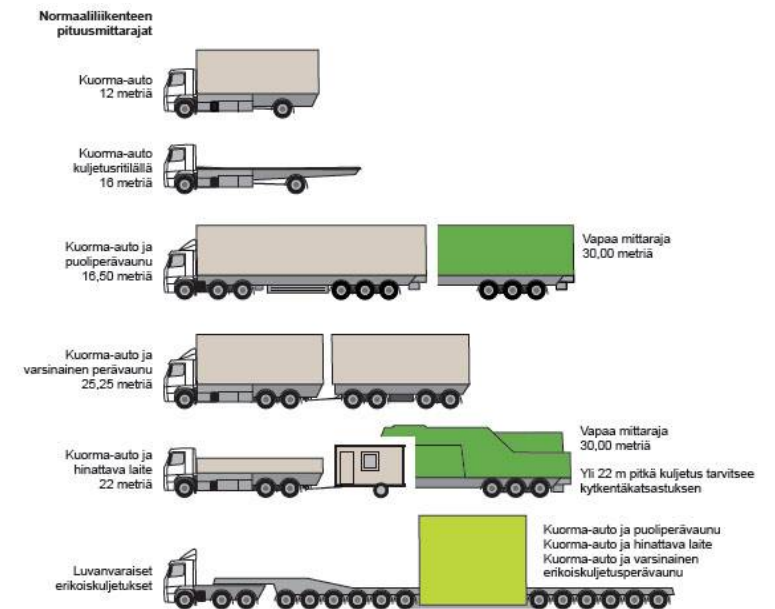
Esivalmisteisen siirrettävän rakennuksen pystyttämiseen voi kulua aikaa tunteja, päiviä tai vain minuutteja. Liikutettavuus tekee rakennuksesta uudelleenkäytettävän ja kierrätettävän. [9] Ympäristö asettaa kuitenkin siirrettävän rakennusosan fyysisille ominaisuuksille ja siirrettävyydelle rajoituksia. Siirrettävän rakennusosan fyysisiä ominaisuuksia koskevat rajoitukset ovat pääosin lähtöisin kuljetusvälineiden ja liikenneverkkojen mitta- ja painorajoituksista. Rajoitukset on määritelty säännöksissä.

Kuljetuksille on määritelty suurimmat sallitut mitat normaaliliikenteessä yleisillä teillä Suomessa. Erikoiskuljetukseksi määritellään kuljetus, jossa ylitetään ainakin yksi tiellä yleisesti sallittu mitta tai massa. Sallittujen mittojen ylittyessä kuljetukselle on haettava lupa. Kuitenkin kuljetuksen korkeus, leveys tai pituus saa ylittää sallitut mitat vain kuljetettaessa jakamatonta esinettä, jolla tarkoitetaan kuormaa, jota ei voida tiekuljetuksessa kohtuullisin kustannuksin tai vahingonvaaraa aiheuttamatta jakaa kahteen tai useampaan kuormaan. [22]

Erikoiskuljetuksen vapaaksi enimmäiskorkeudeksi on määritelty 4,4 metriä, leveydeksi 4 metriä ja pituudeksi ajoneuvosta riippuen 12-30 metriä. Korkeus-, leveys- ja pituusmittojen lisäksi kuljetuksille on määritelty suurimmat sallitut massat, joiden ylittäminen vaatii erillisen luvan. Kuljetuksen sallitut kokonaismassat vaihtelevat ajoneuvotyyppien mukaan 18 – 60 tonniin. Vapaat mittarajat ovat suurimmat kuljetuksen mitat, joille ei liikenneministeriön päätöksen mukaan tarvita erillistä lupaa. Mitat ylittäville kuljetuksille voidaan kuitenkin myöntää kuljetuslupa. Lupa voidaan myöntää valmiiksi määritellyille reitistöille tai yksittäisille reiteille. Rakentamiseen liittyviä erikoiskuormia ovat erilaiset suurelementtien, tilaelementtien ja kokonaisten rakennusten kuljetukset, joissa osat kuljetetaan tehtaalta rakennuspaikalle. Kun kyseessä on siirrettävä rakennus, voidaan se myös siirtää yhdestä rakennuspaikasta toiseen. Tilaelementtirakentamiseen liittyvän kuljetuksen rajoitukset voidaan ja tulee ottaa huomioon jo elementin ja moduulijärjestelmän mitoitus suunniteltaessa. On kuitenkin



Kuva 39: Maantiekuljetuksessa määritellyt erikoiskuljetuksen mittarajat.

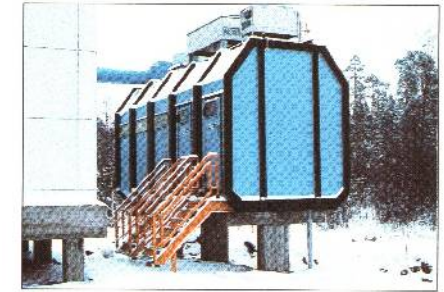


Kuva 40: Erilaisille kuljetusajoneuvoille on määritelty omat mittarajansa.

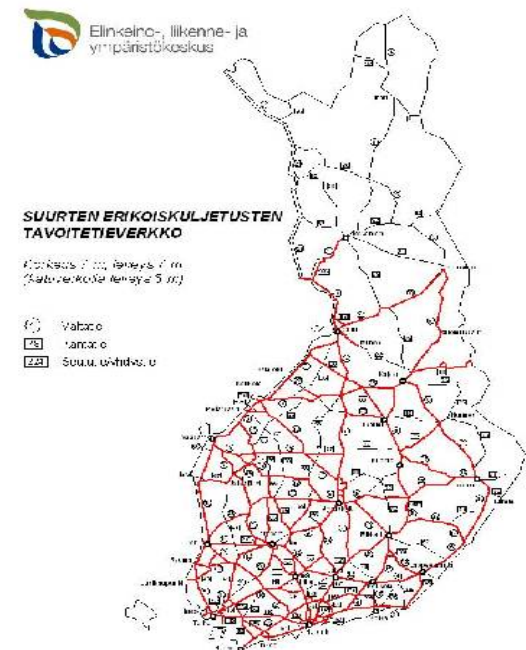
muistettava, että tilaelementtejä ei aina voida kuljettaa toivotulle rakennuspaikalle. Siten siirrettävyyks tekee tilaelementistä myös rajallisen tavan rakentaa.

Erikoiskuljetukset otetaan huomioon jo väylästön suunnittelussa ja kaavoituksessa. Huomio kiinnitetään teiden poikkileikkausmuotojen ja risteyksien ja liittymien muotojen lisäksi myös yksityiskohtiin, kuten reunakiveyksiin ja portaalien mitoittamiseen sekä valaisimien ja liikennemerkkien sijoitukseen. Suurten erikoiskuljetusten tavoitetieverkko (SEKV) on Tiehallinnon hyväksymä osa maatieverkostoa, jolla tavoitteena on mahdollistaa leveydeltään ja korkeudeltaan 7 metrin ja pituudeltaan 40 metrin kokoiset kuljetukset. SEKV-reiteillä on reitistön mitoittamiseen kiinnitetty erityistä huomiota, jotta saavutetaan ulottuma- ja muut tavoitteet. Kuljetusreiteillä olevien siltojen ja tasoristeyksien ylitys on myös otettava kuljetuksessa huomioon erillisten ohjeiden mukaisesti. Ongelmatilanteita ylisuuria kuljetuksia tehtäessä voi syntyä myös muun muassa keskikaiteiden, kasvillisuuden, alikulkujen ja saarekkeiden vuoksi. Siksi kuljetusreitit huolellinen suunnittelu on erityisen tärkeää. [21] [22]

Tilaelementtejä voidaan kuljettaa myös muilla välineillä ja reiteillä. Muita mahdollisia kuljetustapoja ovat rautatiet, meriliikenne ja ilmaitse kuljettaminen. Kullakin kuljetustavalla on omat etunsa ja toisaalta omat rajoitteensa, jotka vaikuttavat siirrettävissä olevan tilaelementin mitoittamiseen.



Kuva 41: Vientiin tarkoitettua konekeskuksessa on suomalais-venäläisen rautatieprofiilin mukainen poikkileikkaus.



Kuva 42: Punaisella merkityt SEKV reitit Suomessa. Reitti mahdollistaa 7x7x40 metrin kokoiset kuljetukset.

3. SUUNNITELMAN LÄHTÖKOHDAT

Suunnitelman lähtökohtina ovat olleet INNO-koulu -kehittämishankkeessa määritellyt tavoitteet koulukonseptin kehittämiseksi sekä konseptin mukaisen rakenteen kehittäminen. Koulukonseptiin liittyviä tavoitteita olivat:

- tilojen muunneltavuus ja yhdistettävyyys
- mahdollisuus erilaisten opetustapojen ja -menetelmien käyttöön
- ryhmätilojen käyttö osana opetusta
- koulun toiminta lähiyhteisön toimintakeskuksena
- koulutilojen käyttö muissa käyttötarkoituksissa, esimerkiksi päiväkotina tai majoituskäytössä.

Teknisen ratkaisun lisäksi projektissa haettiin innovatiivisia koulusuunnittelun ratkaisuja, joissa uudenlaiset opetusmenetelmät ja erilaiset oppimisen tavat olisivat mahdollisia. Koulusuunnitteluun liittyikin kiinteästi oppimisympäristön käsite, sillä koulurakentaminen on osaltaan oppimisympäristön rakentamista. Siksi työn lähtökohtana oli myös tutkia ja toteuttaa hyvään oppimisympäristöön liittyviä ominaisuuksia ja pohtia tulevaisuuden koulun tarpeita ja olemusta. Pohjan suunnittelulle antoivat tutustuminen pilottikohteeksi valittuun Torkinmäen koulun olemassa oleviin tiloihin sekä tutustuminen tilaelementeistä toteutettuihin koulujen laajennusosiin Tampereella INNO-

kouluhankkeen aikana. Varsinainen sovellus Torkinmäen koulun laajentamiseksi puolestaan perustuu kehitettyyn tilaelementtiin.

3.1 INNO-hanke

Kokkolan kaupungin, Teknologiaakeskus KETEK:in ja Kokkolan Seudun Kehitys Oy KOSEK:in yhdessä Oulun Yliopiston arkkitehtuurin osaston Puustudion ja Moderni puukaupunki -hanketoiminnan kanssa järjestämän INNO-koulu -kehittämishankkeen taustalla ovat sykäyksittäin kasvavien kasvukeskusten äkillinen tarve uusille koulutiloille, joiden akuutti käyttötarve yhdessä paikassa saattaa olla 5-10 vuotta. Ideakilpailussa kehitettävän koulukonseptin tuli olla helppo ja nopea pystyttää sekä käytön jälkeen purkaa, siirtää ja koota uudelleen uuteen käyttökohteeseen. Ratkaisun tuli olla helposti muunneltavissa tilankäytöltään sekä sisä- että ulkoseinärakenteiden osalta. Ideointivaiheessa tarkoituksena oli myös tutkia ratkaisun soveltuvuutta esimerkiksi päiväkotitai majoituskäyttöön. Hankkeen tavoitteena oli kartoittaa ja visualisoida teknisiä ja tilallisia ratkaisuja, sekä esittää luonnokset kehittämishankkeen pilottikohteena toteutettavan Kokkolan kaupungin Torkinmäen koulun laajennusosista.

3.1.1 Torkinmäen koulu

Osmo Siparin 1960-luvun loppupuolella suunnittelema Chydeniuksen kansakoulu (Torkinmäen koulu) on yksikerroksinen, massoitteeltaan pienemmiksi kokonaisuuksiksi jaettu koulu. Kolmessa massanosassa ovat keskikäytävän varrelle sijoitetut luokkatilat. Koulun käytävätilat on suunniteltu tavanomaista leveimmiksi hallimaisiksi tiloiksi. Toiminnallisesti koulun on ratkaistu siten, että koulun yhteiset tilat, opettajienhuone ja erikoisluokat on sijoitettu rakennuksen keskeiseen osaan, johon luokkatilojen paviljongit liittyvät. Kukin massanosa muodostaa oman toiminnallisen yksikkönsä omine sisäänkäynteineen, wc-tiloineen, opetusvälinevarastoineen ja pihaosuuksineen. Myös



Kuva 43: Torkinmäen koulun sisäpiha on jäänyt passiiviseksi tilaksi.

liikuntasaliosa on oma kokonaisuutensa, ja sen ulkopuolinen käyttö on mahdollista koulua häiritsemättä. Liikuntasalin ja ruokalan muodostama kokonaisuus on muita massanosia korkeampana hallitsevassa roolissa.. Massanosat on sijoitettu tontille siten, että ne rajaavat piha-alueita ja muodostavat sisäpihan. Koulun rakennejärjestelmä on betoninen pilari-palkki -järjestelmä ja koulun hallitsevina materiaaleina ovat käsittelemätön betoni ja punatiili. [19]

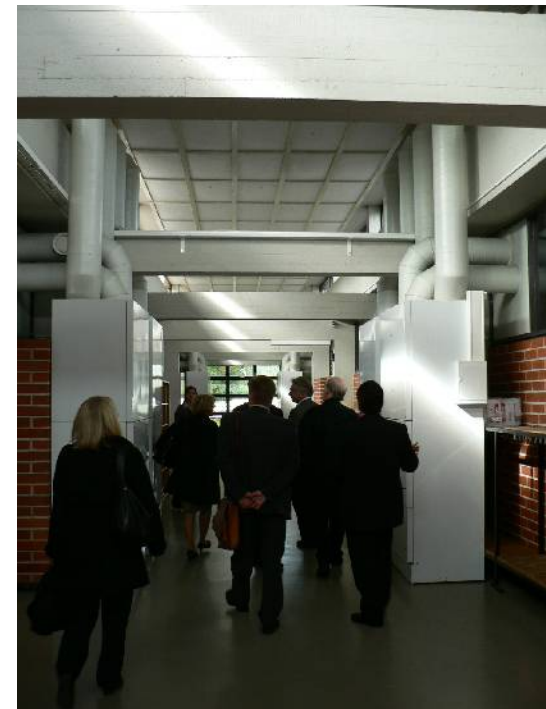
Nykyisellään erillisiksi massanosiksi jaettu koulu ei enää ole toimiva. Yhteydet koulun osista toiseen eivät ole sisäkautta mahdollisia, mikä tekee liikkumisesta hankalaa. Myöskään yhteisiä kokoontumisen tiloja ei liikuntasalin ja pienen ruokalan lisäksi ole. Ilmaviksi suunnitellut käytävätilat ovat kaventuneet luokkakohtaisen ilmanvaihtotekniikan myötä. Osa luokkatiloista on myös liian pieniä, eikä varsinaisia ryhmätyötiloja ole. Myös massanosien rajaama vihreä sisäpiha on jäänyt passiiviseksi tilaksi, jonne oppilaat eivät pääse. Sinällään koulun betoni- ja tiiliarkkitehtuuri on kuitenkin edelleen voimakasta ja identiteetiltään vahvaa.

INNO-kouluhankkeen pilottikohteeksi valitussa Torkinmäen koulussa tavoitteena on oppimis- ja opetusharjoitteluympäristön uudistaminen koulun peruskorjauksen yhteydessä. Torkinmäen koulussa suunnitelmissa on toteuttaa laajennus 1 – 6 vuosiluokat sisältävästä koulusta koko peruskoulun vuosiluokat käsittäväksi kouluyksiköksi. Oleellisena osana koulun kehitystä onkin myös opetuksen kehittäminen, ja opetusympäristön laatuun kiinnitetään erityistä huomiota. Torkinmäen koulussa fyysisten tilojen tarpeellisuutta tarkastellaan ennen kaikkea pedagogisesta näkökulmasta, mutta koulurakennuksen tulee tarjota myös hyvä työympäristö opettajille ja henkilökunnalle sekä toimia lähiyhteisön toimintakeskuksena. [7]

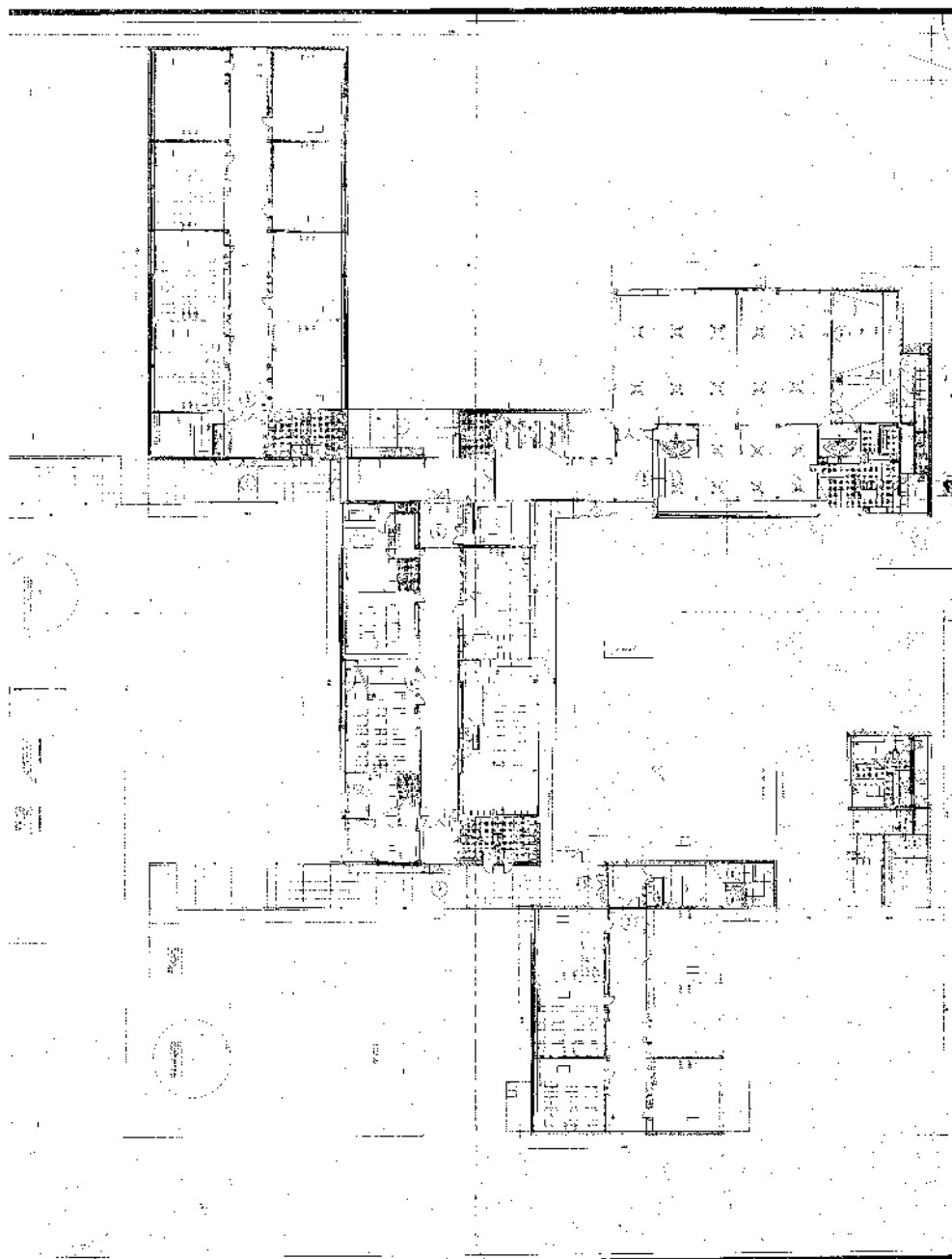
Laajennusosien suunnittelulle haasteen asettavat pedagogisten tavoitteiden lisäksi tontille sijoittaminen, olemassa olevien yhteyksien parantaminen ja laajennusosien yhteensovittaminen vanhan rakenteen kanssa. Olennaista on löytää ratkaisu, joka palvelee nykypäivän tarpeita ja ottaa huomioon myös tulevaisuuden tarpeet.



Kuva 44: Koulun piha-alueet kaipaavat jäsentelyä.



Kuva 45: Koulun hallimaisia käytäviä hallitsee ilmanvaihtotekniikka.



Kuva 46: Torkinmäen koulu, nykyinen tilanne.

3.1.2 Tilaelementtikouluja Tampereella

Tampereella sijaitsee useita tilaelementtitekniikalla toteutettuja siirrettävissä olevia kouluja ja koulujen väliaikaisia laajennusosia. Parhaimmillaan siirrettävät koulurakennukset ovat kokonaisuuksiksi suunniteltuja, kuten Kaarilan lukio ja Vehmaisten koulu. Kohteissa rakennuksen väliaikaisuus ja siirrettävyys käyvät ilmi lähinnä rakennuksen suhteesta olemassa olevaan rakennuskantaan, sillä laajennusten sijoitus on ulkorakennusmainen. Väliaikaisuus on onnistuttu häivyttämään arkkitehtuurin keinoin ja rakennukset pyrkivät sopeutumaan ympäristöönsä. Vasta lähempi tarkastelu paljastaa elementtijärjestelmän.

Toista ääripäätä edustavat Takahuhdin ja Nekalan koulujen laajennusosat. Laajennukset ovat parakkikouluja sanan varsinaisessa merkityksessä – ne ovat laatikkomaisista parakeista koottuja, ympäristössään irrallisia kokonaisuuksia. Kohteista huokuu väliaikaisuus ja anonymiteetti. Ne eivät pyri vahvistamaan olemassa olevan koulun identiteettiä. Takahuhdin koulun laajennusosan tilaratkaisut ovat rajoitettuja ja kompakteja, eikä niitä ole mahdollista muunnella. Nekalan koulun väliaikaisessa laajennusosassa väliaikaisuuden vaikutelmaa on yritetty lieventää kevyillä julkisivuelementeillä ja sisäänkäyntien korostamisella. Lisäosat tuntuvat kuitenkin irrallisilta ja päälle liimatuilta, vaikka ne tekevätkin eron koulun ja viereisten työmaaparakkien välillä.

Kohteisiin tutustuminen osoittaa tarpeen siirrettävien koulujen korkealaatuiselle suunnittelulle. Tarvitaan teknisiä ja tilallisia ratkaisuja, jotka ovat samanaikaisesti yleispäteviä, mutta myös helposti muunneltavia ja yhdisteltävissä olevia sekä kulloiseenkin sijoituspaikkaan helposti sopeutettavia. Pahimmillaan niin sanottuja parakkikouluja leimaa väliaikaisuus ja ympäristöön sopeutumattomuus sekä ratkaisun halpuus ja huonolaatuisuus. Parhaimmillaan siirrettävä koulu kuitenkin synnyttää merkityksellistä ympäristöä ja sopeutuu osaksi olemassa olevaa kokonaisuutta –



Kuva 47: Kaarilan lukio.



Kuva 48: Vehmaisten koulu.



Kuva 49: Takahuhdin koulu.

parhaimmillaan koulun arkkitehtuuri on identiteetiltään vahvaa ja olemassa olevan rakennetun ympäristön identiteettiä vahvistavaa.

Kuva 50: Nekalan koulu.



3.2 Koulu ja oppimisympäristö

Koulu on fyysinen rakennus, joka sisältää monia sosiaalisia ja pedagogisia arvoja ja painotuksia. Opetukselliset tavoitteet ja opetusmenetelmät sekä käsitys tulevaisuuden koulusta ovat muuttuneet vuosikymmenten aikana, ja nyt edessä ovat 2000-luvun haasteet. Hyvän oppimisympäristön määritelmä muuttuukin jatkuvasti uudenlaisten pedagogisten, sosiaalisten ja koulurakennuksille asetettujen fyysisten vaatimusten kautta.

3.2.1 Hyvä oppimisympäristö

Hyvä oppimisympäristö on monen tekijän summa. Oppimisympäristö koostuu fyysisestä ympäristöstä, mutta siihen vaikuttavat myös sosiaaliset, psykologiset ja pedagogiset näkökulmat. Uudet oppimiskäsitykset ja opetusmenetelmät asettavat odotuksia ja vaatimuksia oppimisympäristölle, ja samanaikaisesti kouluista on tullut koko yhteisöä palvelevia toimintakeskuksia. Eri ikäryhmät käyttävät samoja tiloja, sillä moniin kouluihin liittyy päiväkotij- ja esikoulutoimintaa sekä nuorisotiloja. Yhä suuremmat kouluyhteisöt tuovat hyvin eri-ikäiset lapset ja nuoret saman katon alle. Monimutkaistuva yhteiskunta, teknologinen kehitys ja tiedon määrän lisääntyminen luovat haasteita ja vaikuttavat tulevaisuudessa yhä enemmän koulutukseen ja siten myös oppimisympäristöihin. Siirtyminen tietoyhteiskuntaan on saanut aikaan muutoksia koulun toiminnassa, mutta perusrakenteet ja toimintatavat muuttuvat hitaasti. Tulevaisuuden koulurakennuksissa muutos voi tarkoittaa siirtymistä staattisista luokkahuoneista muihin malleihin.

Oppimisen kontekstina on kulttuurinen rakennettu ympäristö ja luonnonympäristö, jossa oppiminen on aktiivinen, toiminnallinen, kokeileva ja tutkiva prosessi. Oppimisympäristö puolestaan muodostuu fyysisistä, psyykkisistä, sosiaalisista ja pedagogisista rakenteista, jotka ovat vuorovaikutussuhteessa keskenään. Siten

oppimisympäristö käsittää koko yhteiskunnan ja laajenee tietoyhteysien kautta globaalille tasolle.

Hyvä oppimisympäristö ottaa erilaiset oppijat ja oppimistavat huomioon ja on oppimiseen innostava ja kannustava sekä turvallinen. Fyysinen koulurakennus ja sen lähiympäristö ovat puite oppimiselle. Tavoiteltavaa on ympäristö, joka luo mahdollisuuksia, kimmokkeita ja herätteitä erilaiseen oppimiseen. Koulun tulisi tukea jokaisen oppilaan yksilöllisyyttä, jossa valinnan vapaus ja joustavuus ovat tärkeitä. Toisaalta yhteisöllisyys on olennainen osa yhteiskunnassa toimimista. Koulun tehtävänä onkin antaa mahdollisuus yksilöllisten ratkaisujen ja kokemusten saavuttamiseen yhdessä muiden kanssa. Tämä tarkoittaa koulun sisäisen toimintakulttuurin muokkaamista, opetusmenetelmien kehittämistä ja vaatii ennen kaikkea monipuolisia tiloja opetuksen sekä ryhmä- ja yksilötyön toteuttamiseen. [11][13]

Fyysistä oppimisympäristöä arvioitaessa lähtökohtana ovat oppimisen tavoitteet ja käytetyt opetusmenetelmät. Suunniteltaessa uutta koulua, on mahdollista kehittää ja suunnitella myös opetustoimintaa ja käyttää hyödyksi rakennuksen potentiaali oppimista tukevana ja edistävänä tekijänä. Aikansa oppimiskäsitysten ja -metodien mukaan suunnitelluilla tiloilla täytyy kuitenkin olla myös yleispäteviä ominaisuuksia, jotta rakennukset voivat muuntautua muuttuvien tarpeiden ja tulevaisuuden vaatimusten mukaan. [16][11]

Laadukkaan koulun ominaisuuksiin kuuluvat joustava ja monipuolinen erilaisia työskentelytapoja mahdollistava rakenne. Hyvä koulurakennus on myös tarkoituksenmukaisesti mitoitettu ja fyysistä terveyttä ja turvallisuutta lisäävä. Koulun tulisi olla myös innostava konkreettisen oppimisen väline. Oppimisympäristön fyysisillä ominaisuuksilla onkin vaikutusta myös koulun sosiaalisiin ja psykologisiin rakenteisiin. Koulu tulisi nähdä kokonaisuutena, jossa oppiminen tapahtuu kaikissa tiloissa. Rakennus itsessään kehystää, ilmaisee, organisoii, luo merkityksiä, erottaa, yhdistää, sallii ja estää rakennuksessa tapahtuvaa toimintaa. Hyvä oppimisympäristö tukee tilana, varusteineen ja ilmapiiriltään oppimismotivaatiota, luovuutta ja yhteistyötaitoja. [7][16]

Monipuolinen opetus, oppiaineiden välinen yhteistyö ja ainekokonaisuuksien käsittely onnistuvat parhaiten joustavassa ja avoimessa ympäristössä. Erilaiset opetus- ja oppimistavat tarvitsevat erilaisia oppimisen tiloja, mikä asettaa vaatimuksia tilan koolle ja varustukselle. Tarkoituksenmukaisesti mitoitettu koulu vastaa koulun toiminnan tarpeita. Koulurakennuksen mitoitukseen vaikuttavat kouluaste ja oppilasmäärä sekä koulun toiminta ja työtavat. Mitoitukseen vaikuttavat myös mahdolliset kunnan muun toiminnan tilantarpeet. Tilamitoituksen lähtökohtia ovat tilaan aiotut toiminnat, toimintaan osallistuvien määrä sekä kalusteiden ja varusteiden määrä ja sijoituksen vaatima tila. [16]

Joustavuutta tiloihin voidaan saada yhdistelemällä tiloja ovien tai siirtoseinien avulla. Lasiseinät puolestaan lisäävät avoimuuden tunnetta ja mahdollistavat valvotun työskentelyn myös erillisessä tilassa. Myös kalusteiden monikäyttöisyys ja siirrettävyys lisäävät opetustilan joustavuutta ja muunneltavuutta. Opetustilaa voidaan ajatella myös työpajana, jolloin yksittäisiä koti- ja aineluokkia voidaan korvata monitoimialueilla. Eri kokoisia tiloja tulisi sijoittaa lomittain siten, että siirtyminen tilanteesta tai tehtävästä toiseen on mahdollista helposti. Opetustiloissa tulisi myös olla mahdollista toteuttaa useita eri työskentelytapoja samanaikaisesti. [11]

3.2.2 Tulevaisuuden koulu

Tulevaisuuden koulu ei enää ole pelkkä fyysinen rakennus, vaan oppiminen tapahtuu fyysisestä tilasta vapaana järjestelmänä, jossa opettajat ja oppilaat toimivat ja osallistuvat yhteiskunnan toimintoihin koulun ulkopuolella. Opiskelu suljetussa luokkatilassa ei enää vastaa uudenlaisten opetusmenetelmien tarpeita. Toisaalta uudenlaiset tilakäsitykset koulun sisällä luovat haasteita opetukselle ja vaativat opetusmenetelmien kehittämistä. [13]

Uusissa pedagogisissa malleissa ei enää odoteta oppilaiden istuvan luokkahuoneessa ja kuuntelevan yhtä opettajaa, vaan oppilaiden rooli on muuttunut



Kuva 51: Tulevaisuuden koulussa erilaisella teknologialla on yhä suurempi rooli. Opetus ei enää välttämättä sitoudu luokkahuoneeseen.

aktiiviseksi uusien yksilöllisten ja ongelma- ja projektisuuntautuneiden opetusmenetelmien myötä. Ryhmät ovat muuttuneet tai muuttumassa joustaviksi ja usein ikäryhmistä riippumattomiksi. Perinteinen koulu käytävän varrelle järjestelmällisesti sijoitettuine luokkahuoneineen on jäämässä riittämättömäksi oppimisympäristöksi. [1]

Tulevaisuuden koulussa oppiminen tapahtuu yhä enemmän ainekokonaisuuksien kautta, ja koulusuunnittelun avulla tätä kehitystä voidaan tukea. Kehittämällä uudenlaisia, erikokoisia ja erilaisiin tarpeisiin vastaavia oppimisen tiloja luodaan monipuolista oppimisympäristöä. Tulevaisuuden koulu onkin jo nykypäivää. Uudenlaisen koulun tilat muodostavat soljuvan kokonaisuuden, jossa aine- ja ikäsidonaisuudesta on irrottauduttu ja perinteisten opettaja-oppilas-vuorovaikutussuhteiden rinnalle on tullut virtuaalinen oppimisympäristö, joka on kaikkialla läsnä oleva oppimisen tila. Tulevaisuuden koulun haasteena on opettaa 2000-luvun nuoria tiloissa, jotka on pääosin toteutettu 1900-luvun ihanteiden, tarpeiden ja tavoitteiden mukaisesti.

3.3 Kehitetty tilaelementtiratkaisu ja sen sovellukset

Tilaelementtitekniikalla toteutetut rakennukset voidaan tuottaa yksittäisinä toteutuksina, erityisesti kutakin yksittäistä rakennusta varten suunnitelluista ja räätälöidyistä osista. Kuitenkin, oleellista on myös mahdollisuus voida tuottaa samankaltaisina toistuvia osia sarjatuotannossa. Se on edellytys taloudellisesti kannattavalle teolliselle valmistamiselle. Siten myös sarjavalmistaiseksi suunnitellut tilaelementit vaativat huolellista tuotesuunnittelua. Työssä esitetyn tilaelementtiratkaisun kehittämisessä on kiinnitetty huomiota muunneltavuuteen, siirrettävyyteen ja ekologiaan liittyviin tilaelementin ominaisuuksiin. Toisaalta työssä on tarkasteltu tilaelementin ja elementeistä muodostettujen kokonaisuuksien rakenteellisia ominaisuuksia ja liitoksia.

3.3.1 Kehitetyn tilaelementtiratkaisun rakenne

Tässä työssä kehitetty tilaelementti perustuu jäykkään rakennekehään, joka yleensä sisältää ala- ja yläpohjan. Kehän muodostamaan perusosaan liitetään tarvittava määrä rajaavia pintoja. Siten tilaelementti voi olla täysin suljettu ja perinteisen tilaelementin määritelmään sopiva. Toisaalta rakennuskokonaisuudessa sijaitseva tilaelementti voi sisältää vain osan rajaavista pinnoista. Samoin jo pelkkä rakennekehä muodostaa tilaa.

Kantava rakenne muodostuu neljästä liimapuukehärakenteesta, jotka liitetään toisiinsa mekaanisin pulttiliitoksia. Ala- ja yläpohjan lämmöneristeet sijoitetaan kehän sisälle. Monikerroksisissa ratkaisuissa myös välipohjan rakenteet tehdään tehtaalla valmiiksi. Lämmöneristetyt ulkoseinäelementit liitetään kantavaan rakennusrunkoon ruuvikiinnityksin. Tällöin vältetään ylimääräisiltä ulkoseinärakenteilta tilaelementtien välillä. Tarvittavat väliseinät rakennetaan tehtaalla valmiiksi. Vesikattorakenteet liitetään erillisinä elementteinä tai paikalla rakennettuina osina tilaelementtien muodostamaan kokonaisuuteen. Tällöin kattomuoto vapautuu ja se voidaan suunnitella kuhunkin sijoituspaikkaan sopivaksi. Eriytyvät ulkoseinä- ja vesikattorakenteet mahdollistavat

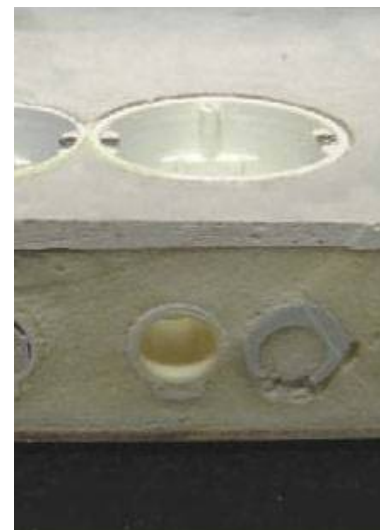


Kuva 52: Tilaelementtien rakentuminen vaiheittain. Elementit kootaan rakennuskokonaisuuksiksi tontilla.

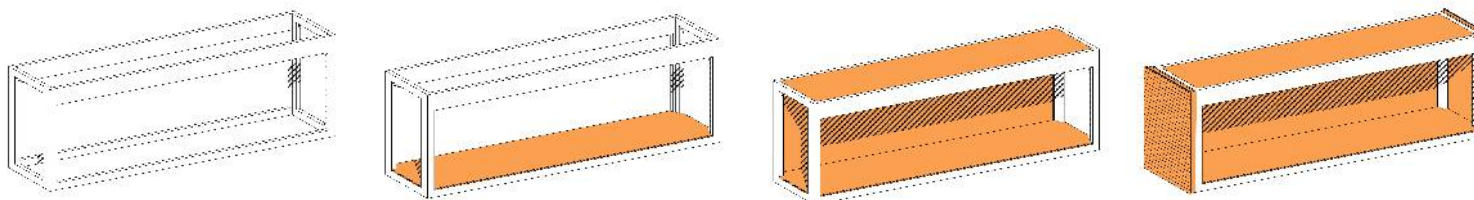
joustavan rakennussuunnittelun sekä osien muunneltavuuden ja yhdisteltävyyden. Vesikaton ei tarvitse noudatella tilaelementtien moduulijakoa. Siksi vesikattorakenteen eriyttäminen myös vähentää vesikattoon syntyviä saumoja. Tämä tekee rakenteesta turvallisemman. Erilaiset tekniset asennukset voidaan tehdä kytkentävalmiiksi jo tehtaalla. Myös ulkoseinien sähköputkitukset ja sähkörasioinnit tehdään valmiiksi.

Kehitetyssä tilaelementtijärjestelmässä märkätilaelementit tehdään omina elementteinään erilaisten rakenteellisten vaatimustensa vuoksi. Märkätiloja sisältävä tilaelementti rakennetaan kuitenkin samoja periaatteita noudattaen. Märkätilojen sijoittaminen omiin elementteihinsä helpottaa muun muassa rakennuksen vaiheittaista purkamista ja käyttötarkoituksen muutoksia.

Työssä esitetyn tilaelementtiratkaisun rakennemateriaaliksi valikoitui perinteikkyyden, saatavuuden, työstettävyyden ja ekologisten ominaisuuksien vuoksi puu. Ekologisesti tarkasteltuna kehitetty tilaelementti täyttääkin monia ekologiseen rakentamiseen liittyviä kriteerejä. Mekaanisin liitoksin rakennettu kokonaisuus voidaan helpommin purkaa osiin, siirtää ja kierrättää. Lopulta materiaalit on mahdollista hyödyntää uudelleen. Myös ulkoseinä- ja vesikattorakenteiden vaihdettavuus ja muokattavuus lisäävät rakennuksen elinkaaren pituutta. Toisaalta pitkälle viety esiasteisuus vähentää rakennusaikaa tontilla, jolloin myös ympäristöön kohdistuvat kuormitukset voidaan minimoida.



Kuva 53: Sähköputkitukset ja -rasiat ovat valmiiksi polyuretaanielementtiin asennettuna



Kuva 54: Tilaelementin variaatiot. Kehärakennetta rajaavien pintojen määrä voi vaihdella.

US1

Jäykkä perusrunkolementti:

32 mm	Ulkoverhouslauta
22 mm	Koulaus 22x100mm, tuuletusrako
13 mm	Kipsilevy/ tuulensuoja ja jäykistys
150 mm	Lämmöneriste ja runko

Paruselämäntti n liitettävä, erillinen jäykkä polyuretaani-elementti:

3 mm	Öljykarkaistu puukuitulevy
71 mm	Polyuretaani, höyrynsulku
13 mm	Kipsilevy

Rakenteen kokonaispaksuus 304 mm

U-arvo 0.16 W/m²K

VS1, väliseinä yleensä

Ääneneristysvaatimus luokkahuoneiden välillä R'_w ≥ 44 dB

26 mm	Kipsilevy 2x13 mm
70 mm	Runko (puu) ja mineraalivilla
26 mm	Kipsilevy 2x13 mm

R'_w = 48 dB

YP1

Tilaelementtiin liitettävä vesikattorakenne:

22 mm	Kaksinkertainen bitumimikate
	Raakaporttilaudoitus
	Tuuletusväli laudalla min. 100 mm
	Kattokannattajat
50 mm	Tuulensuojavilla

Tilaelementtiin sisään jäävät yläpohjan rakenteet:

300mm	Lämmöneriste, kattokannattajat
3 mm	Öljykarkaistu puukuitulevy
71 mm	Polyuretaani, höyrynsulku
13 mm	Kipsilevy

U-arvo 0.08 W/m²K

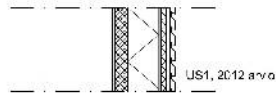
VP1

Kelluva lattia

30 mm	Lattiapäällyste, esim. muovimatto
30 mm	Kipsilevy 2x15mm
22 mm	Harvalausta, <300
30 mm	Mineraalivilla, askeläääneneristys

300 mm	Välipohjan kannattajat, uumapalkki k600, ääneneriste, mineraalivilla 100 mm
--------	---

13 mm	Akustinen juurisranne k400
	Kipsilevy tai akustinen levy



US1, 20.12 arvo

US1, 20.12 arvo

32 mm	Ulkoverhouslauta
22 mm	Koulaus 22x100mm, tuuletusrako
25 mm	Tuulensuojalevy/ jäykistys
175 mm	Lämmöneriste ja runko

3 mm	Öljykarkaistu puukuitulevy
71 mm	Polyuretaani, höyrynsulku
13 mm	Kipsilevy

Rakenteen kokonaispaksuus 341 mm

U-arvo 0.13 W/m²K

VS2, kaksiosarun rakenne, vaativissa ääniolosuhteissa

26 mm	Kipsilevy 2x13 mm
70 mm	Runko (puu) ja mineraalivilla

5-10 mm	Elementtien sauma, limalla
---------	----------------------------

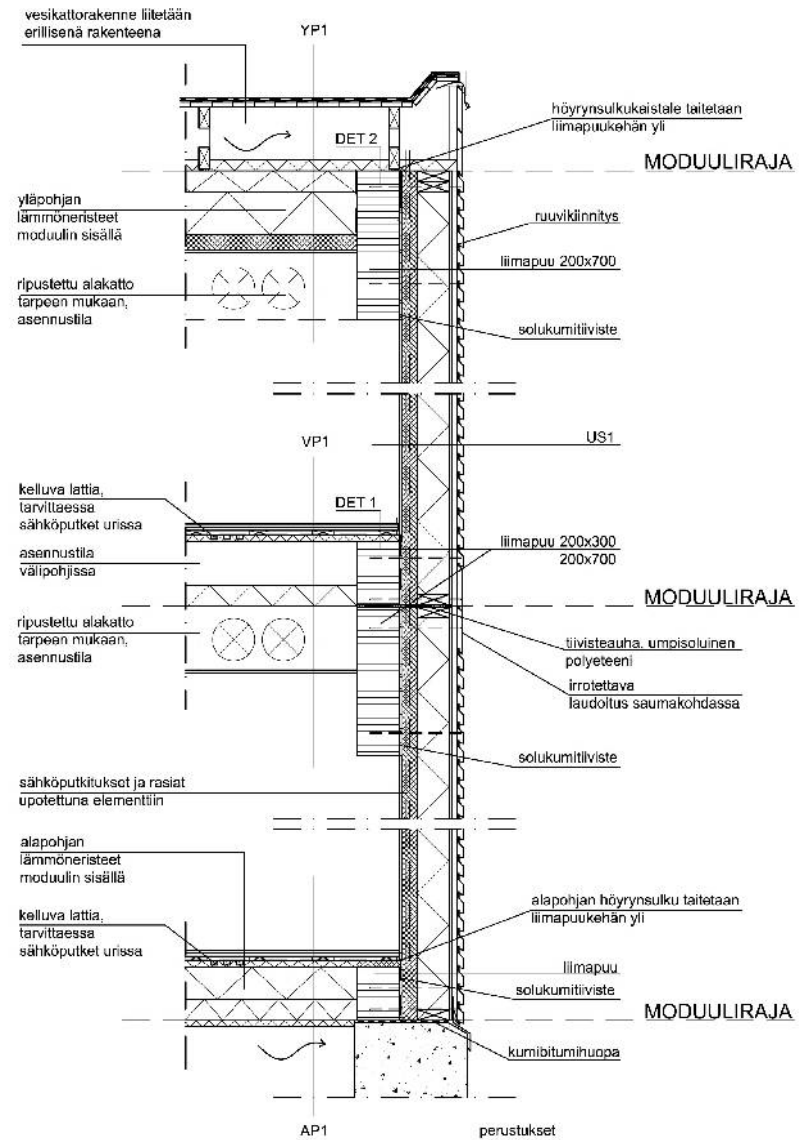
70 mm	Runko (puu) ja mineraalivilla
26 mm	Kipsilevy 2x13 mm

R'_w = 66 dB, yksinkertaisilla levy-yksillä R'_w = 56 dB

AP1

30 mm	Lattiapäällyste, esim. muovimatto
30 mm	Kipsilevy 2x15 mm
22 mm	Harvalausta, <300
	Höyrynsulkumuovi
30 mm	Mineraalivilla, liimapuupalkkien kohdalla 30 mm polyuretaani
250 mm	Mineraalivilla ja lattiakannattajat, uumapalkki k600
30 mm	Tuulensuojavilla, kannatinlaudat alapohjan lattiakannattajien kohdalla
	Tuuletettu ryömintätila min. 800

U-arvo 0.2 W/m²K



Kuva 55: Rakennetyypit.

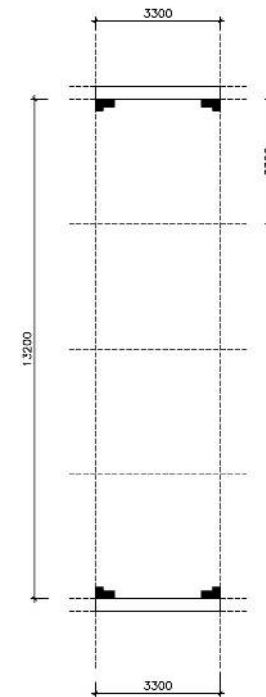
Kuva 56: Rakenneleikkaus.

3.3.2 Kehitetyn tilamoduulin soveltuminen erilaisiin käyttötarkoituksiin

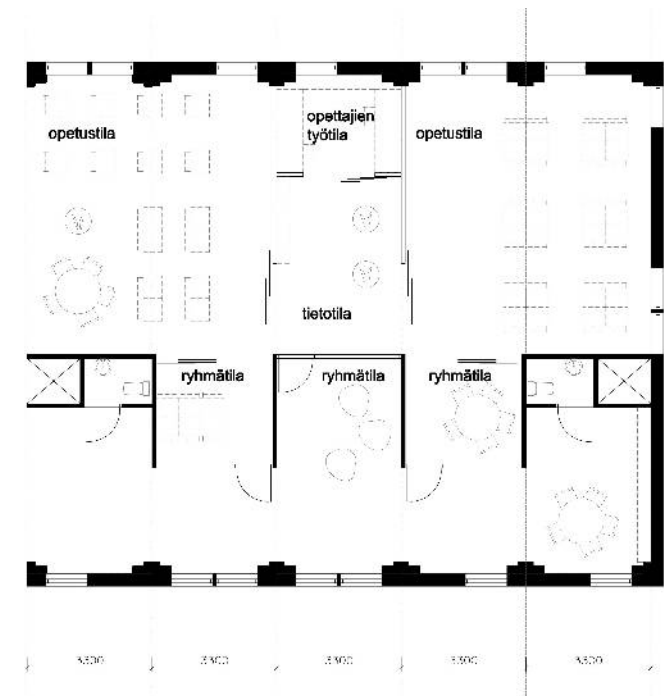
Tilaelementtitekniikalle luonteenomainen siirrettävyyden ja muunneltavuuden ajatus tukevat ekologisen rakentamisen periaatteita rakennuksen ja yksittäisten tilaelementtien elinkaaren pidentyessä. Olennainen osa rakennuksen elinkaaren pidentymistä on rakennuksen kyky mukautua käyttötarkoituksen muutoksiin. Siten tärkeää yksittäisen tilaelementin suunnittelussa on säilyttää tietynlainen yleispätevyys esimerkiksi rakenteiden paloluokituksessa. Tärkeää on myös huomioida erilaisten teknisten asennusten vaatima tila ja kapasiteetti. Tällöin käyttötarkoituksen muutos on joustavaa ja helpompaa.

Toisaalta erilaisissa käyttötarkoituksissa tilaelementiltä voidaan vaatia erilaisia asioita. Tällaisia vaatimuksia on esimerkiksi märkätiloilla, portailla ja hissillä. Ei olekaan tarpeen soveltaa samaa tilaelementtiä kaikkeen. Voidaan luoda tuoteperhe, joka vastaa erilaisiin vaatimuksiin. Tuoteperhe voi koostua esimerkiksi peruselementistä, märkätilaelementistä ja porras- ja hissielementistä. Lisäksi tilaelementtiin voidaan liittää muita erillisiä osia, kuten erkkereitä, tuulikaappeja, terassirakenteita ja katoksia. Tilaelementin yleispätevyydestä voidaan luopua, jolloin rakenteeseen liittyvien kompromissien määrä vähenee ja kokonaisratkaisusta tulee parempi.

Työssä suunnittelun lähtökohtana on ollut koulurakentaminen ja hyvän oppimisympäristön ominaisuuksien tavoittelemisen, joten perusmoduulin mitoitus perustuu paitsi siirrettävyyteen, myös tilaa muodostavilta ominaisuuksiltaan koulurakentamiseen soveltuviin mittoihin. Yksi luokkakokonaisuus muodostuu kahdesta perusmoduulista. Moduulien muodostama kokonaisuus sisältää paitsi luokkatilan, myös käytävä- ja wc-tilan sekä tilavarauksen teknisille asennuksille. Hyvän oppimisympäristön, tulevaisuuden koulun ja opetuksen tavoitteisiin kuuluvat mahdollisuus erilaiseen työskentelyyn luokkatilan sisällä, opettajien yhteistyö, erilaiset työpajat, ikäryhmistä riippumaton opetus, ainekokonaisuuksien käsittely ja kokonaisvaltainen koulun tilojen käyttäminen oppimisen välineenä. Suunnitelmassa on



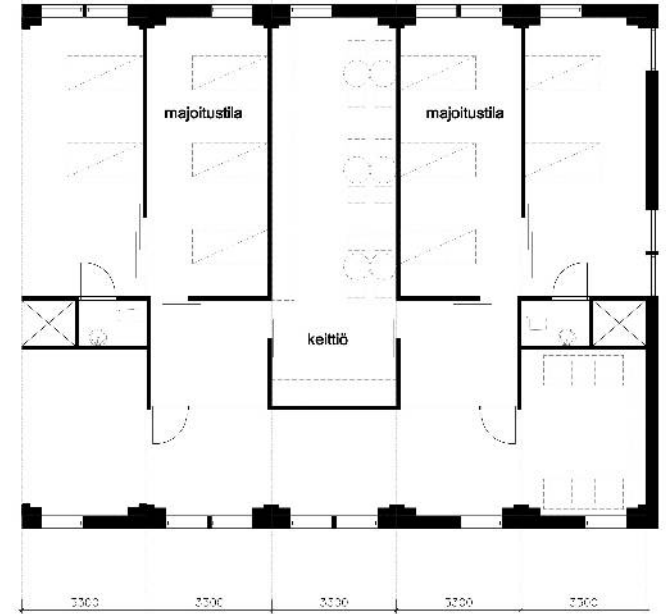
Kuva 57: Kehitetyn tilaelementin moduulijärjestelmä.



Kuva 58: Elementtiratkaisun käyttö opetustilana.

esitetty kahden luokkakokonaisuuden ja niiden väliin sijoitetun perusmoduulin muodostama kokonaisuus, jossa tilojen monikäyttöisyys, opettajien yhteistyö ja erilaisten opetustilanteiden ja -ryhmien muodostaminen on mahdollista.

INNO-kouluhankkeen taustalla oleva sykäyksittäin kasvavien kasvukeskusten äkillinen tarve uusille koulutiloille ja tilojen akuutin käyttötarpeen suhteellisen lyhyt aikaväli johdattaa miettimään myös koulun tilojen hyödyntämistä muissa käyttötarkoituksissa. Tällaisia käyttötarkoituksien muutoksia ovat esimerkiksi koulun yhteyteen sijoitettava päiväkotitai lukukausien ulkopuolella tapahtuva majoituskäyttö. Työssä on esitetty koulun luokkatilakokonaisuuden soveltuvuus päiväkotitai majoituskäyttöön. Luokkatilojen muodostama kokonaisuus voidaan pienin muutoksilla ottaa päiväkotikäyttöön. Luokkatiloista voidaan esimerkiksi muodostaa koti- ja lepoalueita ja isompia yhteisiä leikkitiloja. Ryhmätilat soveltuvat vaate- ja hoitotiloiksi. Edelleen tilat voidaan muokata majoituskäyttöön soveltuviksi siten, että luokkatilat toimivat isompina majoitushuoneina, joiden välillä on yhteinen keittiö- ja ruokailutila. Tarkoituksenmukaisen mitoituksen ja teknisten tilavarausten ansiosta esitetty ratkaisu soveltuu hyvin erilaisiin käyttötarkoituksiin. Rakennuksen tullessa täysin tarpeettomaksi se voidaan siirtää uuteen paikkaan tai ottaa käyttöön toisenlaisessa käytössä. Tilaelementtien sisäisiä kevyitä rakenteita voidaan tarpeen mukaan muokata uuteen käyttötarkoitukseen soveltuviksi. Tarkoituksenmukaisella suunnittelutyöllä tilaelementtejä voidaan soveltaa moninaisiin käyttötarkoituksiin.



Kuva 1: Moduuliyhdistelmän soveltaminen majoituskäyttöön.



Kuva 2: Moduuliyhdistelmän soveltaminen päiväkotikäyttöön.

4. SOVELLUS: TORKINMÄEN KOULU, KOKKOLA

4.1 Tavoitteet

Sovellettaessa tilaelementtitekniikkaa koulurakentamiseen työn tavoitteena on synnyttää virikkeellistä, sosiaalisia yhteyksiä edistävää tilaa ja ympäristöä, joka on avointa ja toisaalta valvottavissa. Työn tavoitteena on luoda identiteetiltään selkeitä tiloja ja osakokonaisuuksia, jotka yhdessä muodostavat suuremman kokonaisuuden. Tavoitteena työssä on myös soveltaa muunneltavuuden eri tasoja opetustilojen käytössä, tilamoduulien välillä sekä ympäristössä. Tavoitteenani on myös aktivoida ulkotila ja juurruttaa siirrettäväksi ja väliaikaiseksikin suunniteltu rakennus ympäristöönsä. Toisaalta tärkeää on myös kyetä sovittamaan ja yhdistämään uudet laajennusosat osaksi vanhaa koulua. Lähtökohtana ovat olleet kilpailuvaiheen kuluessa esitetyt tavoitteet ja toiveet Torkinmäen koulun laajentamiseksi. Tärkeimpinä näistä olivat:

- esitetty tilaohjelma
- välituntipihan säilyttäminen vapaana tontin länsipuolella, rakennusten sijoitus muualle
- vanhojen rakennusten päälle ei rakenneta
- tilojen yhdistäminen siten, että eri osiin voidaan kulkea sisätilojen kautta.

4.2 Tilaohjelma

Torkinmäen koulun hankevaiheen suunnitteluryhmän tekemässä huonetilaohjelmassa on esitetty peruskorjauksen ja laajennuksen tilat ja pinta-alat. Suurin osa laajennuksen tiloista ovat aineopetuksen tiloja. Aineopetustilojen tarve syntyy, kun koulu muuttuu peruskoulun alaluokista käsittävästä koulusta koko peruskoulun luokka-asteet sisältäväksi kokonaisuudeksi. Aineopetustilojen lisäksi tilaohjelmaan on ohjelmoitu tiloja esiopetuksen, luokanopetuksen, hallinnon, oppilashuollon, ruokailun, liikunnan, henkilökunnan, varastotilojen ja teknisten tilojen tarpeisiin. Tilojen mitoitusperusteena on käytetty opetushallituksen ohjeellisia oppilasmääriin perustuvia pinta-aloja. Yhteensä ohjelma-ala on 4984 m², josta laajennusosiin tulevien uusien tilojen osuus on 2835 m². Ohjelma-alan lisäksi huomioon on otettava muun muassa ilmanvaihtotekniikan ja liikennetilojen osuus, jolloin uudisrakentamisen määrä nousee yli viiteen tuhanteen neliöön. Nykyisten tilojen osuus kokonaisuudesta on vain 2149 m², eli alle puolet ohjelma-alasta. Haasteellista onkin tilojen sijoittaminen suhteellisen pienelle tontille, josta suuren osan vie pallokenttä ja välituntipiha.

Huonetilaohjelma

Torkinmäen koulu, Kokkola

Tila	Nykyinen tila m ²	Ohjelma-ala m ²	Uusi huoneala m ²
Esiopetus	90	90	0
Esiopetus 1	45	45	0
Esiopetus 2	45	45	0
Luokanopetus, kotiluokat	644	1034	390
1a	45	60	15
1b	45	60	15
2a	45	60	15
2b	45	60	15
3a	58	58	0
3b	58	58	0
3c	58	58	0
4a	58	58	0
4b	58	58	0
4c	58	58	0
5a	58	58	0
5b	58	58	0
5c	0	60	60
6a	0	60	60
6b	0	60	60
6c	0	60	60
Ryhmätila 1	0	15	15
Ryhmätila 2	0	15	15
Ryhmätila 3	0	15	15
Ryhmätila 4	0	15	15
Ryhmätila 5	0	15	15
Ryhmätila 6	0	15	15

Aineopetus	725	2417	1732
Matematiikka 1	0	40	40
Matematiikka 2	0	40	40
Fysiikka-kemia 1	0	60	60
Fysiikka-kemia 2	0	60	60
Maantieto /biologia	0	60	60
Tietotekniikka 1	0	60	60
Tietotekniikka 2	0	60	60
Tietotekniikka 3	0	60	60
Kieliluokka 1	60	60	0
Kieliluokka 2	0	60	60
Kielistudio	0	60	60
Uskonto /historia 1	0	60	60
Uskonto /historia 2	0	60	60
Äidinkieli	0	60	60
Kuvataide 1	0	100	100
Kuvataide 2	0	120	120
Tekstiilityö 1	73	70	-3
Tekstiilityö 2	0	70	70
Märkätila /painanta	0	10	10
Tekninen työ 1	102	100	-2
Tekninen työ 2	0	100	100
Metallipaja	0	40	40
Maalaushuone	0	20	20
Kotitalous 1	0	40	40
Kotitalous 2	0	40	40
Musiikki 1	73	100	27
Musiikkistudio	50	60	10
Musiikki /ilmaisutaito	109	109	0

Liikunta 1	258	258	0
Liikunta 2	0	360	360
Erityisopetus 1	0	20	20
Erityisopetus 2	0	20	20
Erityisopetus 3	0	20	20
Hallinto	87	217	130
Rehtorin huone	10	18	8
Apulaisrehtorit	0	15	15
Kanslia	8	15	7
Vahtimestari	0	10	10
Opettajainhuone ja työskentelytilat	65	132	67
Tv - ja keskusradiotila	0	8	8
Arkisto- ja varastotilaa	4	4	0
Monistamo ja materiaalihuone	0	15	15
Kirjasto ja opetusharjoittelun ohjaus	0	182	182
Kirjasto ja opetusharjoittelijoiden tilat	0	110	110
Opetusharjoittelun ryhmätilat	0	72	72
Varastotilat	183	275	92
Näyttämö ja varasto	80	80	0
Tuolivarasto	0	35	35
Sisäliikuntavälinetila	20	40	20
Ulkourheiluvälinetila	0	20	20
Opetusvälinevarasto 1	22	20	-2
Opetusvälinevarasto 2	23	20	-3
Opetusvälinevarasto 3	23	20	-3
Opetusvälinevarasto 4	15	20	5
Opetusvälinevarasto 5	0	20	20

Ruokailu	184	315	131
Ruokasali	109	250	141
Suurkeittiö aputiloineen	75	65	-10
Oppilashuolto ja oppilaiden tilat	135	287	152
Oppilashuollon tilat	0	40	40
Oppilaanohjaus	0	12	12
Terveydenhoitotilat	0	40	40
Oppilaskunnan huone	0	20	20
Oppilaiden wc-tilat	45	55	10
Oppilaiden henkilökohtaiset säilytystilat	0	30	30
Oppilaiden pukeutumis- ja peseytymistilat	90	90	0
Henkilökunnan sosiaalitytlat	54	52	-2
Liikunnanopettajien sosiaalitytlat	12	12	0
Opettajien wc- ja sosiaalitytlat	12	20	8
Keittiö- ja siivoushenkilökunnan tilat	30	20	-10
Tekniset tilat	47	75	28
Siivoustila 1	6	10	4
Siivoustila 2	6	10	4
Siivoustila 3	0	15	15
Kiinteistönhuoltotila 1	35	20	-15
Kiinteistönhuoltotila 2	0	20	20
Yhteensä	2149	4944	2835

4.3 Suunnitelma

Suunnitelmassa on pyritty toteuttamaan kilpailuvaiheessa esiin tulleita Torkinmäen koulun laajenemiseen liittyviä toiveita ja tavoitteita. Suunnitelmassa on esitetty luonnokset laajennusosien toteuttamiseksi ja koulun tilojen ratkaisemiseksi. Suunnitelmaosassa on myös esitetty kritiikki Torkinmäen koulun soveltuvuudesta siirrettävän ja muunneltavan koulukonseptin pilottikohteeksi.

4.3.1 Sijoittuminen tontille

Torkinmäen koulu sijaitsee kahden erilaisen alueen rajakohdassa. Tontin itäpuolella on isompia rakennuskokonaisuuksia, muun muassa teknologiakeskus ja yliopistokeskus. Koulun lähellä on myös ammattiopisto. Kolmelta muulta sivultaan tontti rajautuu pientaloalueisiin. Pääosa laajennuksen tiloista on sijoitettu itäreunalle kolmikerroksiseen massaan. Vanha talonmiehenasunto on purettu rakennuksen tieltä. Itäreunalle sijoitettu korkein rakennusmassa käy vuoropuhelua muiden isompien rakennusten kanssa. Korkean rakennusmassan sijoittaminen itäreunalle on perusteltua myös siksi, että siellä korkea massa ei varjosta piha-alueita tai sisäpihaa iltapäivän aurinkoisina tunteina. On myös luontevaa, että välituntialuetta reunustavat rakennusmassat ovat matalampia ja jatkavat vanhojen rakennusten linjaa. Ne myös heijastelevat ympäröivää matalampaa pientalorakentamista. Kilpailuvaiheessa esitetty toive välituntipiha säilyttämisestä on huomioitu laajennusosien sijoittamisessa.

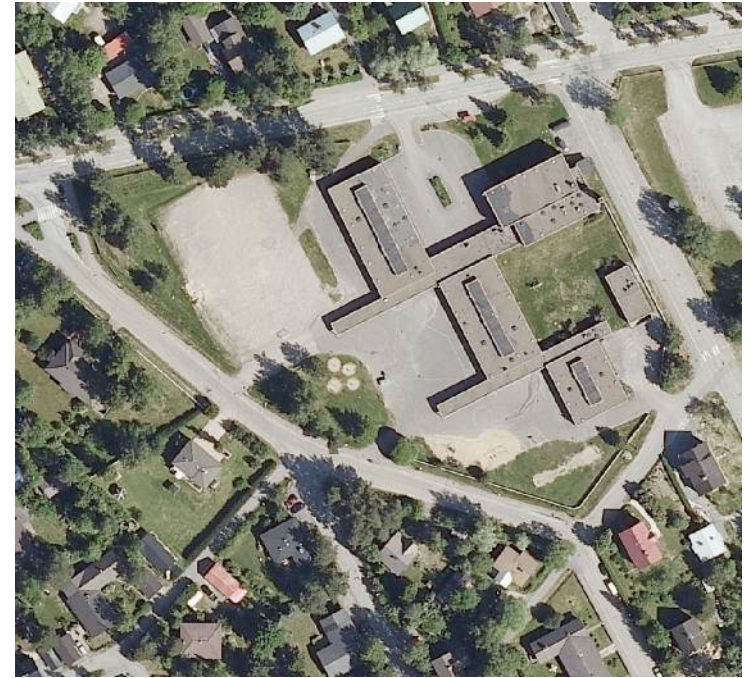
Oppilaiden sisäänkäynnit kouluyksiköihin ovat välituntipihaalta uudisosaan tehtyjen aulatilojen kautta. Vierailijoiden sisäänkäynti on koulun vanhasta pääovesta tontin pohjoisreunalla. Välituntipihaa on jäsennellyt aitauksin ja materiaalein. Pihalla ollut pallokenttä on säilytetty. Autopaikat on sijoitettu tontin pohjoisosaan pääsisäänkäynnin läheisyyteen. Oppilaiden polkupyörät sijoitetaan tontin länsireunalle välituntipihaan yhteyteen. Ratkaisussa on huomioitu rakennukseen pääsy myös tontin itäreunalta.



Kuva 59: Torkinmäen koulu sijoittuu kahden alueen rajakohtaan. Ympärillä on pientaloja ja muun muassa teknologiakeskus, yliopistokeskus sekä ammattiopisto.



Kuva 60: Asemapiirros. Uudet massanosat sijoittuvat tontin itäreunalle. Uudet tilat liittävätk vanhan koulun osaksi kokonaisuutta, jossa eri osiin kulkeminen onnistuu sisäkautta. Vanha talonmiehenasunto on purettu.



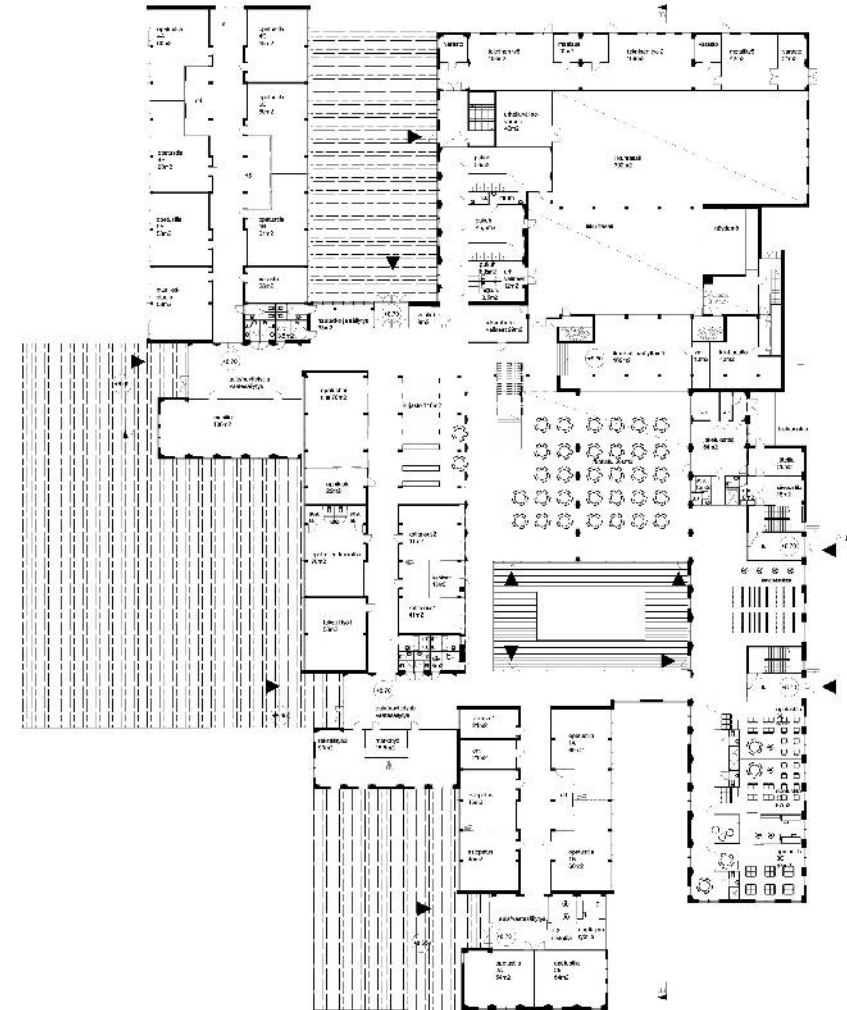
Kuva 61: Torkinmäen koulun nykyiset rakennusmassat sijoittuvat tontin itäpuolelle. Koulun välituntiapiha on tontin länsireunalla. Polveilevat rakennusmassat jakavat tontin osiin. Yhteys eri osiin tapahtuu ulkokautta. Tontti rajautuu pientaloalueisiin.

4.3.2 Tilat ja yhteydet

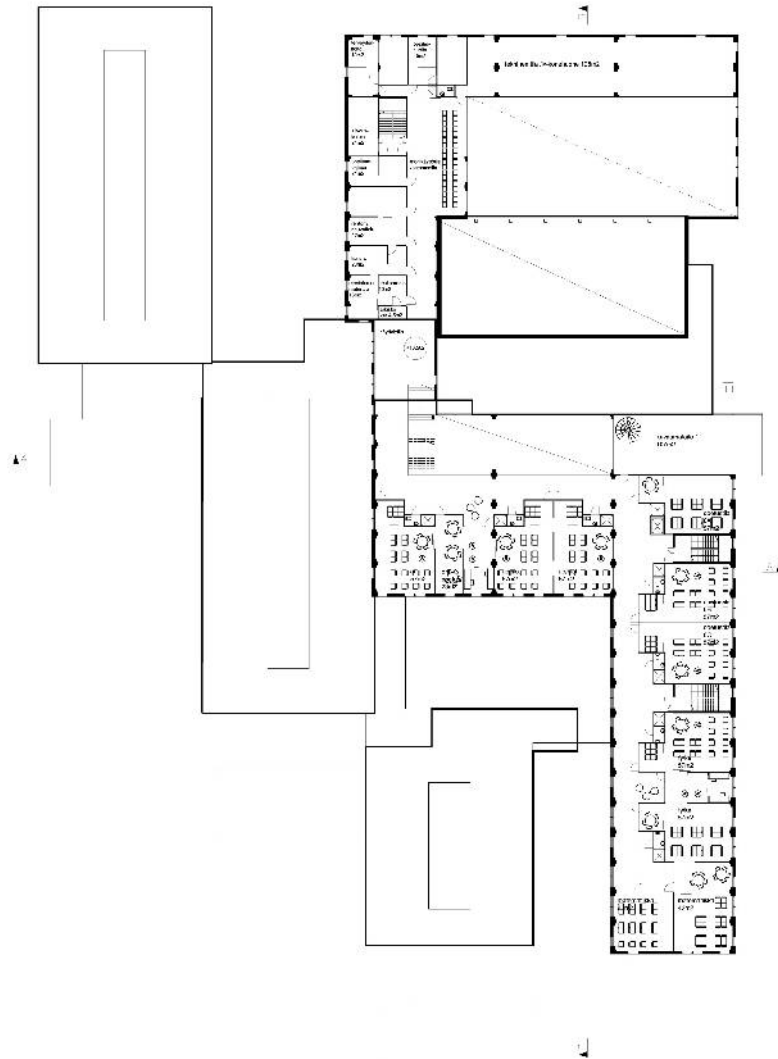
Luonnossuunnitelmassa on esitetty olemassa olevaan koulurakennukseen tehtävät muutokset sekä uudisosiin sijoitettavat tilat. Suunnitelmassa on pyritty liittämään vanha koulu luontevasti yhteen uusien tilojen kanssa. Samalla yhteyksiä koulun eri osiin on pyritty parantamaan. Yhteyksiä suunniteltaessa on pyritty ottamaan huomioon eri ryhmien liikkuminen koulussa. Kokonaisuus muodostuu vanhasta koulurakennuksesta ja eri tavoin vanhaan osaan liittyvistä uudisrakennusosista.

Suunnitelman yksi keskeinen osa on rakennusten väliin jätetty sisäpiha, jonne on suunniteltu puukansi. Sisäpiha on luonteeltaan yksityisempi ja rauhallisempi kuin tontin länsipuolella olevat piha-alueet. Pohjaratkaisu kiertyy sisäpihan ympärille. Myös yhteiset kokoontumistilat, ruokasali ja kirjasto, avautuvat pihaan. Pihaa kehystävät käytävät, ja sisäpiha toimii orientoivana keskipisteenä koulussa liikuttaessa. Pihan kautta näkymät siirtyvät myös sisätilasta toiseen. Opetus voi laajentua suojaisalle sisäpihalle lämpiminä kevät- ja syyspäivinä. Piha ja kokoontumistilat muodostavat koulun sydämen.

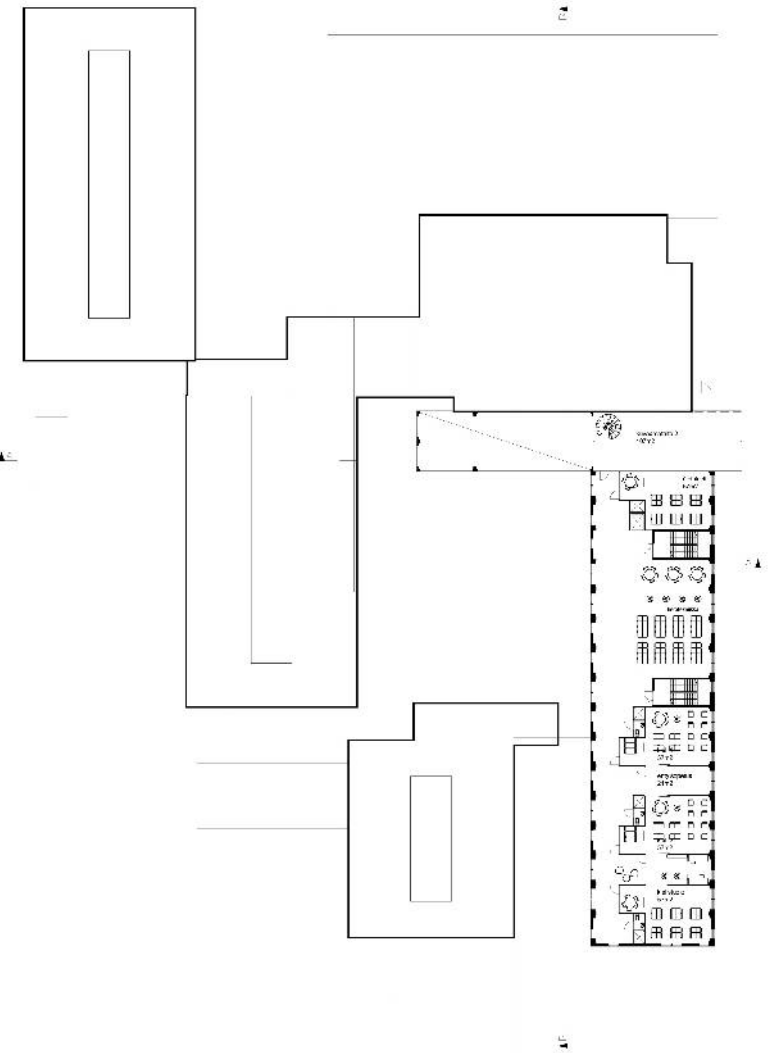
Opetustiloista ensimmäisessä kerroksessa sijaitsevat suurin osa alakoulun kotiluokista sekä sellaisista aineopetuksen tiloista, joilla on yhteiskäyttöä ylä- ja alakoulun oppilailla. Tällaisia tiloja ovat esimerkiksi musiikki- ja kädentaitoluokat. Lisäksi aineopetustilat palvelevat iltakäyttäjiä. Ratkaisussa vanhan koulun tiloja on uudelleenjärjestetty luokkakokonaisuuksien muodostamiseksi. Ruokasali, ilmaisutila ja liikuntasali muodostavat esiintymis- ja juhlatilanteissa toimivan kokonaisuuden, kun ilmaisutila voidaan avata sekä ruokasaliin että liikuntasalin puolelle. Uusi liikuntatila voidaan myös liittää vanhaan liikuntasaliin. Pääosa koulun uusista tiloista on sijoitettu kolmeen kerrokseen tontin itäreunalle. Hallinnon ja oppilashuollon tilat ovat toisessa kerroksessa. Tekniset tilat ja ilmanvaihtokonehuone on sijoitettu toiseen kerrokseen uuden liikuntasalin ja teknisen työn tilojen yhteyteen. Lisäksi tilavarauksia tekniikalle on uudisosassa kunkin luokkakokonaisuuden yhteydessä. Väestönsuoja ajatellaan sijoitettavan kellaritiloihin uudisrakentamisen yhteydessä.



Kuva 62: Ensimmäinen kerros. Yhteistilat ja sisäpiha muodostavat koulun sydämen.



Kuva 63: Toiseen kerrokseen on sijoitettu aineopetuksen tiloja sekä hallinnon ja oppilashuollon tiloja.



Kuva 64: Kolmannessa kerroksessa on aineopetuksen tiloja.

Yhteyksiä on pyritty parantamaan sijoittamalla uusia aula- ja käytävätiloja kunkin rakennuskokonaisuuden yhteyteen. Oppilaiden pääasialliset sisäänkäynnit sijaitsevat välituntipihan puolella. Vierailijat käyttävät pääasiassa koulun vanhaa pääsisäänkäyntiä pohjoisesta. Vierailijat saapuvat suoraan koulun yhteisiin tiloihin. Myös vahtimestarin toimisto on sijoitettu sisäänkäynnin yhteyteen. Jokaisesta massanosasta on myös yhteys kokoontumistiloihin.

Koulun uudet osat voidaan jakaa kolmeen ryhmään pysyvyyden ja siirrettävyyden näkökulmista. Pysyviin tiloihin kuuluu liikuntasali, jonka toteuttaminen tilaelementeistä ei ole todennäköistä tilan vaatiman korkeuden vuoksi. Liikuntasali ja uusi ruokasali ovat vanhojen rakennusten kanssa koulun perusosa. Myös tontin itäreunan kolmikerroksinen massa on luonteeltaan pysyvä tai melko pysyvä. Sen voidaan kuitenkin ajatella rakentuvan vaiheittain. Toisaalta mahdollista on myös massan osittainen tai vaiheittainen purkaminen myöhemmin. Siirrettävimpiä osia ovat vanhojen rakennusmassojen päätyihin sijoitetut yksikerroksiset massat. Koulussa näkyikin tilaelementtirakentamisen monipuolisuus: tilaelementein voidaan toteuttaa pysyviä ja siirrettäviä kokonaisuuksia samaa ratkaisumallia käyttäen. Toisaalta koulussa näkyy myös tilaelementtirakentamisen rajoitteet, sillä esimerkiksi korkeita liikuntatiloja ei pystytä toteuttamaan tilaelementeistä. Samoin, INNO-koulu -hankkeessa esitetty siirrettävän koulun idea ei toteudu täysin Torkinmäen koulussa. Monikerroksisten rakennusten siirtäminen ja osiin purkaminen vaatii huolellista suunnittelua ja tarkkuutta. Siten teoriassa mahdollinen koulun myöhempi siirtäminen ei todellisuudessa ole kovinkaan todennäköistä.

4.3.3 Pinta ja materiaalit

Valitut julkisivumateriaalit on ajateltu osaksi vanhan kokonaisuuden materiaalimaailmaa. Rakennuksissa on voimakas materiaalituntu: tiili ja käsittelemätön betoni hallitsevat. Laajennusosien pääasiallinen julkisivumateriaali on lämpökäsitelty kuusi. Profiloitujen julkisivulaudat käsitellään UV-suojan sisältävällä pigmentoidulla kuultokäsittelyllä.

Lämpöpuu edustaa puun pehmeyttä, lämpöä ja luonnollisuutta. Tavoitteena on luoda paikkaan puun tuntu. Erilaiset profiloinnit ja väripinnat elävöittävät julkisivupintaa. Toisaalta ne osoittavat myös tilaelementtien moduulijaon. Aurinkosuojat rytmittävät julkisivua. Vanhojen rakennusten horisontaalisuus jatkuu teemana myös uusien rakennusten julkisivuissa.

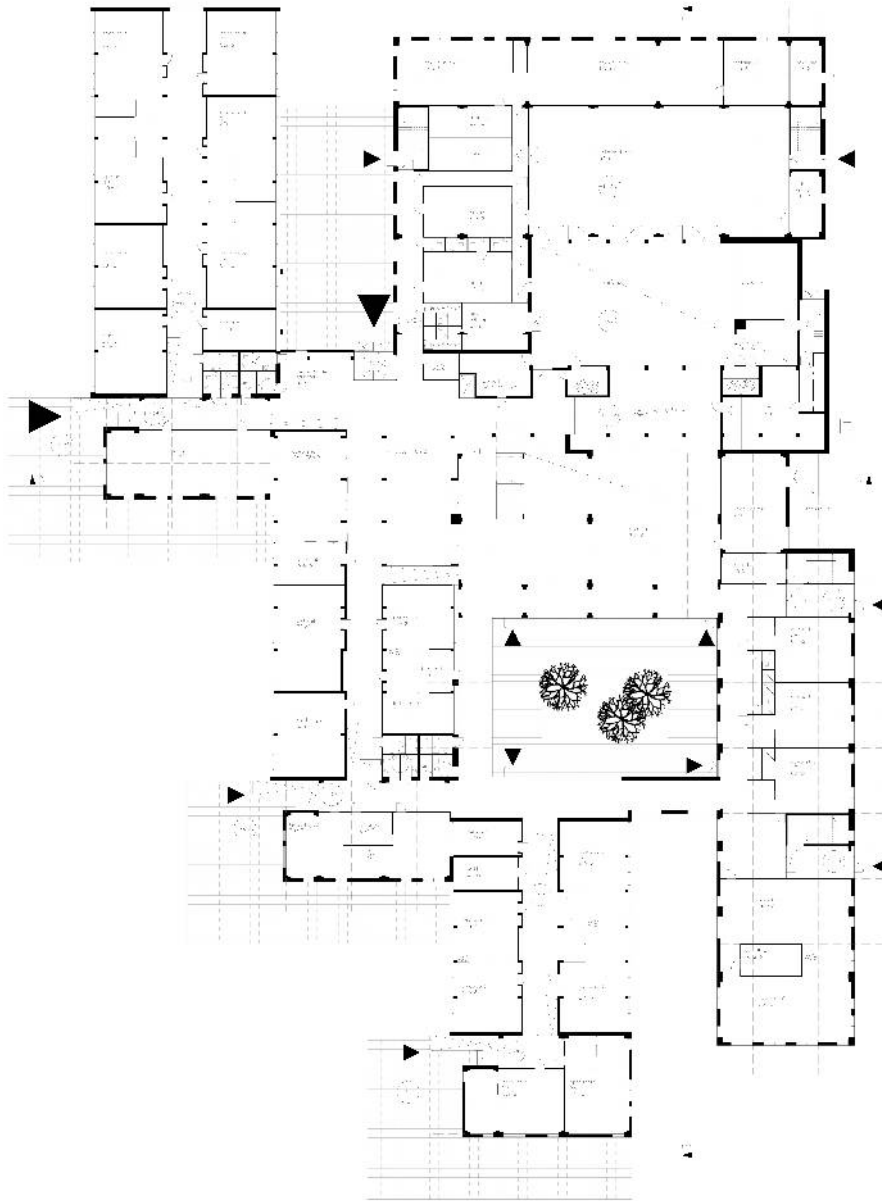


Kuva 65: Julkisivu lounaaseen.

4.3.4 Kritiikki

Ideakilpailussa haettiin sekä rakenteellisesti, toiminnallisesti että tilallisesti helposti eri tavoilla ja eri tasoilla muunneltavia ja siirrettäviä koulukonsepteja. Kehitetyn konseptin soveltuvuus koulurakentamiseen tuli osoittaa Torkinmäen koulun luonnossuunnitelmassa, jonka työstämistä kilpailun voittaja jatkaisi toteutukseen asti. Tilaelementtirakentamisen ja siirrettävän arkkitehtuurin näkökulmasta pilottihankkeeksi valittu koulu ei mielestäni ollut paras mahdollinen. Koulun tilojen moninkertaistuminen, olemassa olevien rakennusten hajanainen sijoittuminen tontille sekä sisäisten yhteyksien puute asetti oman haasteensa uusien osien sijoittamiselle. Alunperin lisärakentamista oli ajateltu sijoitettavaksi myös nykyisten rakennusmassojen päälle, sillä vanhat kattorakenteet tulisi joka tapauksessa uusida. Kilpailun edetessä vanhojen osien päälle rakentamista ei pidetty hyvänä ratkaisuna. Samoin kilpailun edetessä esitettiin toive

välituntipihan säilyttämisestä ennallaan. Myös liikuntasalin rakentamisesta matalampana voimistelusalina luovuttiin. Siten vaihtoehdot suuren neliömäärän sijoittamiseksi jäivät hyvin rajallisiksi. Mahdollisia sijoituspaikkoja olivat tontin itä- ja pohjoisosat. Toiminnallisesti hyvän koulun suunnittelu meni teknisen ratkaisun soveltamisen edelle ja ajatukset siirrettävyydestä jäivät teoreettisiksi. Parhaimmillaan ratkaisun soveltaminen olisikin ollut uudiskohteessa, jossa koulukonseptin kehittämiselle ja tilaelementtirakentamisen mahdollisuuksien tutkimiselle olisi jäänyt enemmän liikkumatilaa.



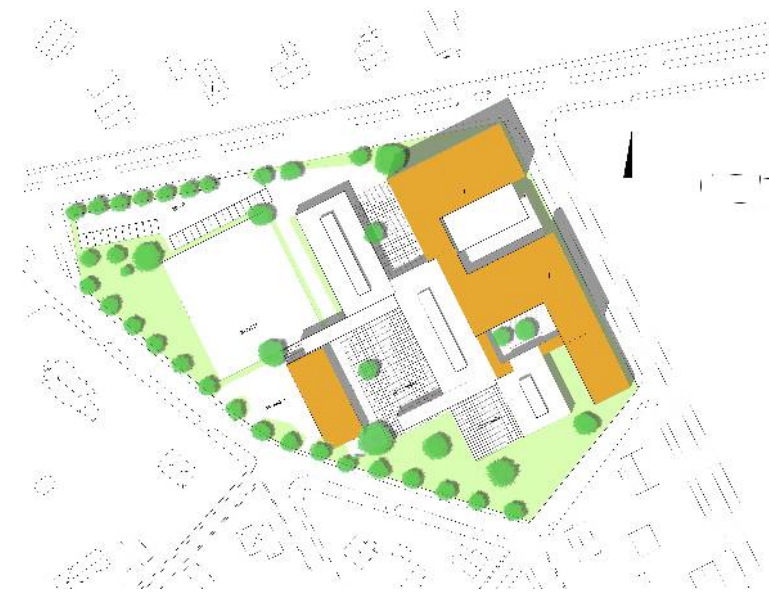
Kuva 66: Kilpailuvaiheen pohja, ensimmäinen kerros. Kilpailuvaiheen luonnoksessa liikuntasali oli matalampi voimistelusal, jonka päälle voitiin sijoittaa luokkatiloja. Loppuseminaarissa kuitenkin ilmeni, että matalaa voimistelusalua ei pidetty hyvänä ratkaisuna. Kilpailuvaiheessa vanhojen rakennusten päihin sijoitetut lisäosat ovat tiiviimmin kiinni vanhassa rakennuksessa ja liitokohta on käytävämäinen. Diplomityössä liikuntasali on muutettu korkeaksi, ja kilpailuvaiheessa salin yläpuolella olleet tilat on siirretty kolmanteen kerrokseen. Myös muita pieniä tilamuutoksia on tehty. Yhteyksiä on pyritty parantamaan lisäämällä liikenneväyliin selvempiä aulamaisia solmukohtia.

4.4 Vaiheistus, toinen laajentumisen malli

Laajaa tilaohjelmaa supistamalla voidaan löytää ratkaisuja, jotka tukevat paremmin siirrettävyyden ja muunneltavuuden ajatuksia. Vaihtoehtoisissa laajentumisissa on esitetty tilanne, jossa koulun huoneistoalasta on karsittu pois keskimäärin 1100 m². Tämä tarkoittaa noin 730 m² karsimista tilaohjelmasta. Tilaohjelmaa voidaan karsia aineopetustilojen käyttöastetta parantamalla ja supistamalla yhteistiloja. Tämä tarkoittaa esimerkiksi yhden kieliluokan, tietotekniikkaluokan, luonnontieteiden luokan, historianluokan, musiikkiluokan, teknisen työn luokan, käsityöluokan ja kuvaamataituluokan karsimista tilaohjelmasta. Lisäksi osa erityisopetuksen tiloista voidaan poistaa, jos erityisopetus sulautetaan osaksi normaalia opetusta. Tämä tarkoittaa yhteensä 580m² supistamista aineopetustiloista. 150 m² voidaan karsia esimerkiksi oppilashuollon, kirjaston ja opetusharjoittelun tiloista sekä ruokasalista.

Liikuntasali ja ruokala muodostavat pysyvän perusosan ja vastaavat koulun tarpeiden lisäksi myös lähiympäristön tarpeisiin. Osat muodostavat yhteisön toimintakeskuksen sydämen. Perusosaan voidaan liittää puolipysyviä tiloja kahteen kerrokseen. Itäreunalle voidaan sijoittaa myös yksikerroksinen osa, joka on luonteeltaan siirrettävä. Tällä osalla voidaan säädellä tilantarpeiden muutoksia. Muutoksiin vastataan osia lisäämällä tai poistamalla. Parhaiten siirrettävyyden ajatukset toteutuvatkin yksikerroksisissa rakennuksissa. Kerrosmäärän lisääntyessä purkaminen ja osien siirtäminen monimutkaistuvat.

Siirrettäviä ovat myös koulun länsipuolelle sijoitettavat rakennusmassat. Rakennukset toimivat itsenäisinä ”minikouluina” muun koulun yhteydessä. Tilantarpeiden vähentyessä erillisten rakennusten käyttötarkoitusta voidaan helposti muuttaa. ”Minikoulu” voidaan muuttaa päiväkodiksi tai päivävastoin. Toisaalta rakennus voidaan siirtää muualle ja ottaa esimerkiksi majoituskäyttöön. Koulun piha-alueelle sijoitetut rakennukset helpottavat myös peruskorjauksen tekemistä, kun opetus voidaan remontin edetessä siirtää väliaikaisesti piharakennuksiin. Tilaohjelmaa supistamalla



Kuva 67: Vaihtoehtoinen laajentuminen. Koulun laajentuminen voidaan ajatella tapahtuvan myös vaiheittain – liikuntasali ja ruokala muodostavat perusosan, johon voidaan liittää tarvittava määrä muita tiloja. Erillinen rakennus tontin länsipuolella on siirrettävä, oman kokonaisuuden muodostava ”minikoulu”.

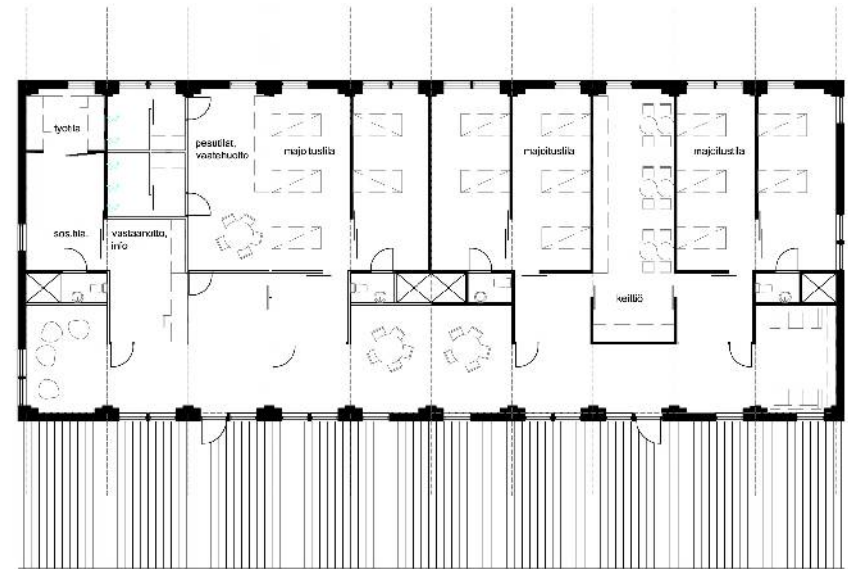


Kuva 68: Siirrettävät rakennukset jäsenöivät pihaa ja liittyvät siten osaksi kokonaisuutta.

saadaan myös lisää aikaa todellisten tilantarpeiden toteutiseksi, sillä koulun laajentamiseen liittyvä oppilasmäärien kasvu on arvio, joka voi muuttua.



Kuva 69: Erillisessä rakennuksessa koulun pihamaalla voi toimia myös esimerkiksi päiväkotia.



Kuva 70: Käyttötarpeiden muuttuessa sama rakennus voidaan muuttaa esimerkiksi majoituskäyttöön soveltuvaksi.

5. YHTEENVETO

Diplomityön tavoitteena oli tutkia, millaista tilaelementtiarkkitehtuuri on, millaisia rajoituksia sillä on ja millaisia mahdollisuuksia se tarjoaa. Tavoitteena oli myös soveltaa tilaelementtirakentamista koulusuunnittelussa. Työ pohjautui INNO-koulu-kehittämishankkeeseen, jossa määriteltiin tavoitteet siirrettävän ja muunneltavan koulun kehittämiseksi. Diplomityössä lähestyttiin tilaelementtiä teollisen rakentamisen historian, rakenteen ja tilaelementtien muodostaman arkkitehtuurin kautta. Muita tilaelementtiarkkitehtuuriin liittyviä näkökulmia olivat muunneltavuuden, ekologisen rakentamisen ja siirrettävyyden näkökulmat. Työssä on esitelty myös kehitetty ratkaisumalli puurakenteisen tilaelementin toteuttamiseksi ja luonnos hankkeen pilottikohteena olevan koulun laajennusosien toteuttamiseksi.

Tilaelementin lähtökohdat ovat teollistuneessa rakentamisessa. Sen taustalla vaikuttavat samat motiivit kuin muussakin teollisessa valmistamisessa ja rakentamisessa. Tilaelementin kehittymiseen ovat vaikuttaneet muun muassa sosiaalisiin ja yhteiskunnallisiin muutoksiin liittyvät tekijät. Taloudellisten näkökulmien rinnalla tilaelementtirakentamisen eduiksi ovat tulleet rakentamisen nopeus ja tarkkuus. Nämä ominaisuudet vastaavat muuttuvien tarpeiden ja tiukkojen aikataulujen synnyttämään kysyntään. Tilaelementtejä käytetään usein korjaus- ja lisärakentamisessa, mutta sen edut näkyvät yhtä lailla uudisrakentamisessa. Tilaelementtirakentamiseen liittykin ajatus käden käänteessä valmistuvista rakennuksista, joiden käyttöönotto tapahtuu nopeasti. Työ rakennuspaikalta on siirretty suljettujen ovien taakse tehtäisiin. Valmiin rakennuksen

taustalla on kuitenkin monimuotoinen prosessi. Usein prosessista nähdään vain viimeinen vaihe, kun valmiit osat tuodaan tontille ja liitetään kokonaisuudeksi.

Tilaelementtiarkkitehtuurin muotoja on monia. Kyse voi olla yksittäisestä toteutuksesta tai konseptista, joka toistuu. Yleensä kehitetyt tilaelementit eivät ole yleispäteviä, vaan keskittyvät tai erikoistuvat tiettyyn tilatyyppiin. Tilaelementti on ratkaisu kulloiseenkin ongelmanasetteluun. Kylpyhuonemuodulista ei saada asuntoa sen paremmin kuin porrashuonemuodulistakaan. Tilaelementtiarkkitehtuuri saattaa perustua myös esimerkiksi kattorakentamiseen tai ekologisiin ja energiataloudellisiin näkökulmiin. Mitoituksen, rakennejärjestelmän ja teknisten asennusten keinoin voidaan kuitenkin lisätä yksittäisen tilaelementin ja tilaelementeistä muodostettujen kokonaisuuksien kykyä mukautua käyttötarkoituksen muutoksiin. Olennaisessa roolissa tilaelementin muunneltavuutta määriteltäessä ovat suunnittelija ja valmistaja.

Tilaelementtiin liittyy aina ajatus kuljetettavuudesta ja siirrettävyydestä. Tämä ominaisuus sanelee tilaelementille suurimmat rajoitukset. Kuljetettavuuteen vaikuttavat väylästöjen ja kuljetusvälineiden asettamat rajoitukset kuljetettavan kappaleen dimensioille ja massalle. Kuljetus kaikkialle ei ole mahdollista. Toisaalta kuljetettavuus ja siirrettävyys voi olla myös etu. Hallituissa tehdasolosuhteissa rakentaminen voi olla varteenotettava vaihtoehto, kun rakennuspaikan olosuhteet ovat hankalat. Ratkaisu tilaelementtitekniikan käyttämiseksi voi esimerkiksi perustua tontin ahtauteen. Perinteisesti tilaelementti ajatellaan kuljetettavan tiestöä pitkin. Kun ajattelua laajennetaan käsittämään muutkin kuljetusvälineet ja väylät, saavutetaan huomattavasti laajempi alue. Toisaalta, eri kuljetusvälineet asettavat omanlaisensa rajoitteet kuljetettavan kappaleen mitoille. Vaikeisiin rakennuspaikkoihin pääseminen voi kuitenkin olla yksi tilaelementin ominaisuuksista ja tavoitteista, kuten Matti Suurosen Futuro osoittaa.

Tilaelementin valmistustapaan liittyy myös monia ekologisia etuja. Tehdasolosuhteissa työn laatuun ja materiaalivirtoihin voidaan kiinnittää paremmin huomiota. Myös työn jäljen kontrollointi on helpompaa, jolloin rakennusvirheiden määrä

vähenee. Lisäksi detaljointiin on helpompi kiinnittää huomiota, kun rakennettavat yksiköt ovat pienempiä. Rakentamisen välittömät vaikutukset ympäristöön ovat pienet, sillä työ tontilla on koko prosessiin suhteutettuna vähäistä. Rakentamisesta aiheutuva melu, rakennustarvikkeiden varastoinnin aiheuttama kuormitus sekä rakennusjätteiden syntyminen tontilla voidaan minimoida. Esivalmistamisen etuihin kuuluvat myös pienet materiaalihäviöt ja syntyvän rakennusjätteen helpompi kierrätettävyys. Tilaelementistä riippuen tilaelementtiarkkitehtuurin ekologisuutta voidaan tarkastella myös siirrettävyyden, uudelleen käytettävyyden, osiin purkamisen ja lopulta materiaalien kierrätettävyyden kautta. Toisaalta ekologisuudessa piilevät myös tilaelementin ongelmakohdat. Rakennuksen energiatalouden kannalta olennaista on saumojen tiiveys, ja yleensä saumojen määrä pyritään minimoimaan. Tilaelementeistä kootussa rakennuksessa elementtien välisiä saumoja voi kuitenkin pahimmillaan olla useita kymmeniä.

Teoreettisen tarkastelun lisäksi diplomityössä on tutkittu tilaelementin muodostamaa tilaa ja arkkitehtuuria soveltaen kehitettyä tilaelementtiä koulurakentamiseen. Kehitetyssä tilaelementissä on pyritty ottamaan huomioon siirrettävyyden, muunneltavuuden ja ekologisen rakentamisen vaatimuksia. Siirrettävyyden asettamat rajoitukset on otettu huomioon tilaelementin mitoituksessa. Muunneltavuus ja joustavuus näkyvät teknisten asennusten huomioimisessa ja elementtien välisessä yhdistettävyydessä. Toisaalta myös kehitetyn rakenteen kerroksellisuus lisää muunneltavuutta. Tilaelementissä näkyvät myös ekologisen rakentamisen periaatteet. Elementtien välisiin liitoksiin ja niiden tiiveyteen, osien purettavuuteen ja elementin elinkaareen on kiinnitetty erityistä huomiota.

Koulun luonnossuunnitelmassa on pyritty ratkaisemaan annettu tehtävä kilpailussa määriteltyjen lähtökohtien ja vaatimusten pohjalta. Pilottihankkeena valittu koulu ei ollut paras mahdollinen. Toisaalta hankkeessa tulivat hyvin esiin tilaelementin käytön mahdollisuudet ja rajoitukset. Esimerkiksi kaikkia siirrettävyyteen liittyviä toiveita ei todellisuudessa pystytty saavuttamaan pilottihankkeessa, ellei joistakin

hankkeessa esitetyistä vaatimuksista luovuta. Samoin erityisesti korkeiden tilojen toteuttaminen tilaelementeistä ei ole todennäköistä. Toisaalta samankaltaisina toistuvien luokkatilojen muodostamiseen tilaelementit soveltuvat hyvin. Hyvään oppimisympäristöön liittyviä tekijöitä on pohdittu luokkakokonaisuuksia muodostettaessa, vaikka se ei sinänsä liity valittuun tekniikkaan. Ratkaisu kuitenkin osoittaa, että tilaelementeistä rakentaminen ei ole este tilaominaisuuksien tavoittelemiselle ja toteuttamiselle.

LÄHTEET

1: Bjurström, Patric: Pedagogik och arkitektur för en orolig tid, Arkitektur 8/ 2003 pp.

22-27

2: Brooks, Alan J.: Standardisation in Portable Architecture [Transportable Environments: Theory, Context, Design and Technology, Kronenburg, Robert edit. 1997, 215 p.]

3: Crowther, Philip: Design for Disassembly, 1999 [WWW] [Viitattu 14.10.2009]

Saatavilla: <http://eprints.qut.edu.au/2882/1/Crowther-RAIA-1999.PDF>

4: Crowther, Philip: Historic Trends in Building Disassembly, 1999 [WWW] [Viitattu:

14.10.2009] Saatavilla: <http://eprints.qut.edu.au/2837/1/Crowther-ACSA1999.PDF>

5: Häkkinen, Tarja VTT: Ympäristöpolitiikka ja sen merkitys suomalaiselle rakentamiselle, [WWW] [Viitattu 26.10.2009] Saatavilla:

http://cic.vtt.fi/eco/ymp_pol.pdf

6: Häkkinen, Tarja; Huovila, Pekka; Leppänen, Pekka VTT: Ympäristöä säästävä rakentaminen Suomessa: käytäntö, osaaminen ja apuvälineet, [WWW] [Viitattu

26.10.2009] Saatavilla: http://cic.vtt.fi/eco/ysr_31.pdf

7: Inno- koulu, Muunneltava koulurakennus - pilottihankkeen arkkitehtikilpailun lähtökohtia, 2008 [Kilpailuaineisto]

8: Israelsson, Niklas; Hansson, Bengt: Factors Influencing Flexibility in Buildings, Structural Survey 27/2 2009 pp.138-147 [WWW] [Viitattu 8.1.2010] Saatavilla:

[http://www.emeraldinsight.com/Insight/ViewContentServlet?](http://www.emeraldinsight.com/Insight/ViewContentServlet?contentType=Article&Filename=/published/emeraldfulltextarticle/pdf/1100270204.pdf)

[contentType=Article&Filename=/published/emeraldfulltextarticle/pdf/1100270204.pdf](http://www.emeraldinsight.com/Insight/ViewContentServlet?contentType=Article&Filename=/published/emeraldfulltextarticle/pdf/1100270204.pdf)

- 9: Kronenburg, Robert: Introduction [Transportable Environments: Theory, Context, Design and Technology, Kronenburg, Robert edit. 1998, 215 p.]
- 10: Ludwig, Matthias, Mobile Architekture: Geschichte und Entwicklung transportabler und modularer Bauten, 1998, 148 p.
- 11: Nuikkinen, Kaisa, Terveellinen ja turvallinen koulurakennus, 2005, 176 p.
- 12: Oostra, Mieke: Implementing Portable Architecture [Transportable Environments: Theory, Context, Design and Technology, Kronenburg, Robert edit. 1998, 215 p.]
- 13: Piispanen, Maarika: Muuttuva oppimisympäristö, [Kilpailiaineisto]
- 14: Plagaro Cowee, Natalie; Schwehr, Peter: Are Our Buildings "Fit" to Resist Incommensurable Evolution?, [WWW] [Viitattu 08.01.2010] Saatavilla: <http://www.changingroles09.nl/uploads/File/Final.PlagaroCowee-Schwehr.pdf>
- 15: Rakennustieto Oy, RT 82-10765: Asuin ja toimistorakennusten teräsrakenteet, 2001, p. 21
- 16: Rakennustieto Oy, RT 96-10938: Koulurakennus, yleissuunnittelu, 2008, p.12
- 17: Siikanen, Unto, Puurakennusten suunnittelu, 1998, p.258
- 18: Siikanen, Unto, Rakennusaineoppi, 2001, p.328
- 19: Sipari Osmo: Chydeniuksen kansakoulu, Arkkitehti-lehti 12/ 1967 pp.26-29
- 20: Smith, Ryan E.: History of Prefabrication: A Cultural Survey, 2009[WWW] [Viitattu 14.10.2009] Saatavilla: https://www-docs.tu-cottbus.de/bautechnikgeschichte/public/openaccess/smith_oa.pdf
- 21: Tiehallinto, Erikoiskuljetusten huomioiminen liikenteen, väylien ja maankäytön suunnittelussa [WWW] [Viitattu 5.1.2010] Saatavilla: <http://www.tiehallinto.fi/pls/wwwedit/docs/25006.PDF>

22: Tiehallinto, Erikoiskuljetukset: Erikoiskuljetusluvan tarve, hakeminen ja käytännön toimenpiteet [WWW] [Viitattu 5.1.2010] Saatavilla:

<http://www.tiehallinto.fi/pls/wwwedit/docs/25005.PDF>

23: Home, Marko ja Taanila, Mika, Metsämaisemasta minareettien äärelle, Futuron tie suomalaisesta hiihtomajasta kansainväliseksi taideobjektiksi [WWW][Viitattu 13.3.2010]

Saatavilla: http://www.desura.fi/futu_tie.html

24: Futuro – Tulevaisuuden olotila [WWW][Viitattu 13.3.2010] Saatavilla:

<http://www.kiasma.fi/site/pop/pop.php?tid=61&lang=fi&mo=>

25: Whitehouse, Nicholas: The Principle and the Commercial Reality of Portable Architecture: A Manufacturer's View [Transportable Environments: Theory, Context, Design and Technology, Kronenburg, Robert edit. 1998, 215 p.]

Muut lähteet:

Keskustelut , Vanhempi tutkija Tuomo Poutanen, TTY Rakennustekniikka

KUVALÄHTEET

Kuva 1: <http://www.trendir.com/house-design/movable-home-by-french-architecture-firm.html> [13.3.2010]

Kuva 2:

http://www.housing.com/sites/default/files/imagecache/mini_slideshow/manning_portable_cottage_003.jpg [15.03.2010]

Kuva 3, 4: http://en.wikipedia.org/wiki/The_Crystal_Palace [13.11.2009]

Kuva 5: <http://www.bfi.org/images/content/geodesics/dymaxHouse.png> [24.3.2010]

Kuva 6: http://designmuseum.org/media/item/4853/-1/105_7.jpg [24.3.2010]

Kuva 7: Quarmby, Arthur, The Plastics Architect 1974

Kuva 8: <http://crucesydesplazamientos.files.wordpress.com/2008/04/photo-2.jpg> [13.3.2010]

Kuva 9: <http://amyantonio.com/uploads/Image/futuro-mobile.jpg> [13.3.2010]

Kuva 10: http://www.architakes.com/wp-content/uploads/2009/12/walking_city_1.jpg [24.3.2010]

Kuva 11: Tekijän oma

Kuvat 12, 13: <http://www.lewism.org/2007/05/21/nakagin-capsule-tower/> [28.2.2010]

Kuvat 14, 15, 18: www.alho.de [25.2.2010]

Kuva 16: http://www.led1.fi/upload/thumb_1003.jpg [13.3.2010]

Kuva 17: http://img.archiexpo.com/images_ae/photo-g/pneumatic-structure-148581.jpg [13.3.2010]

Kuvat 19, 20, 21 ja 26, 27, 28: www.neapo.fi [28.2.2010]

Kuva 22: http://farm1.static.flickr.com/13/17272613_0bdd0fe92d.jpg [26.11.2009]

Kuva 23: www.lindbacks.se [20.3.2010]

Kuva 24: <http://www.cphx.dk/files/upload/dagInstLandsbyen/dagInstLandsbyen01.jpg> [22.3.2010]

Kuva 25: <http://www.directindustry.de/prod/alho-systembau/demontierbares-modulgebaude-werkstatt-23548-58658.html> [28.2.2010]

Kuva 29: Tekijän oma

Kuva 30, 31 ja 34, 35: www.velux.com [23.3.2010]

Kuva 32, 33: Tekijän oma

Kuva 36: <http://www.teijo-talot.fi> [23.3.2010]

Kuva 37:

http://image.nettix.fi/extra/houseimg/18301_18400/18386_1_3b3e2802b1b8dd64.jpg

[13.3.2010]

Kuva 38: <http://www.trendir.com/house-design/movable-home-by-french-architecture-firm.html> [13.3.2010]

Kuva 39: Tekijän oma

Kuva 40: <http://www.tiehallinto.fi/pls/wwwedit/docs/25006.PDF> [5.1.2010]

Kuva 41: Saarni, Risto (toim.), Teräsrakentaminen 1996

Kuva 42: Tiehallinto

Kuva 43, 44, 45: Tekijän oma

Kuva 46: Kilpailuaineisto

Kuva 47, 48, 49, 50: Tekijän oma

Kuva 51:

http://wik.ed.uiuc.edu/index.php/EPS_415_Summer_2008_Ubiquitous_Learning_Project

[24.3.2010]

Kuva 52: Tekijän oma

Kuva 53: www.termater.fi [18.3.2010]

Kuva 54, 55, 56, 57, 58: Tekijän oma

Kuva 59, 61: <http://kartta.kokkola.fi/> [3.3.2010]

Kuva 60, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70: Tekijän oma