

TULEVIEN RAKENNEPERIAATTEIDEN ERITYISVAATIMUKSIA

Asko Sarja

TIIVISTELMÄ

Rakenteiden Mekaniikka, Vol. 24
No 1 1991, ss. 32 - 44

Rakennuksen suunnitteluvapaus, käyttöjoustavuus ja käyttöiän hallinta edellyttävät rakennejärjestelmiä, joissa on jäykkä perusrunko, sekä tiloja rajaavat kevyet, helposti muunneltavat täydentävät rakenteet ja vaippa.

Kantavan rungon laattojen ääneneristävyys varmistetaan yhdessä asennustien kanssa kerrosrakennusratkaisuilla, lähinnä laitelattioilla sekä onteloiduilla tai monikerrosrakenteilla. Erottavat seinät luokitellaan eri asteisten toiminnallisten vaatimusten, mm. ääneneristysvaatimusten mukaan ja vaatimusvalinnat tehdään kohdekohtaisesti. Täydentävissä rakenteissa käytetään keveitä ratkaisuja, minkä takia ääneneristävyyden hallinta on erityisen tärkeää. Vaipparakenteina käytetään erilaisia materiaaliyhdistelmiä usein hyvinkin keveinä rakenteina, minkä takia ulkotilan ääneneristäminen ja sisätilojen välisen sivutiesiirtymän estäminen tulee tärkeäksi.

LÄHTÖKOHDAT

Muutosvoimat ja rakennusteknologian muutostekijät

Talonrakentamisen tavoitteenasettelun yleisin vaatimus on rakennetun ympäristön hyvä kokonaislaatu täydennys- ja korjausrakentamisen ja uusien alueiden rakentamisen yhteydessä. Kokonaislaatuun sisältyy yksilöitä palveleva sosiaalinen, rakennustaiteellinen, toiminnallinen, tekninen ja taloudellinen laatu. Laatu sisältää rakentamisen oikean tavoitemäärittelyn ja tavoitteita vastaavan toteutuksen. Rakentamisen tavoitteenmäärittely on muuttunut entistä monipuolisemmaksi jälkitekollisen hyvinvointiyhteiskunnan arvoja vastaavaksi. Minimikustannus- ja minimitalaperiaatteista tulee siirtyä hallitun

laatu/kustannussuhteen ja väljän, joustavan ja muunneltavan tilasuunnittelun periaatteisiin.

Rakentamisen mukauttaminen kestävään luonnontalouteen kuuluu pitkän aikavälin keskeisiin tavoitteisiin. Tähän sisältyvät energiatalous, materiaalien ekologiset vaikutukset sekä kierrätävä teknologia. Kierrätys voi tapahtua rakennustasolla käyttötarkoituksen muutoksena tai purkuna ja uudelleenpystytyksenä. Komponentti- ja materiaalitason kierrätys ovat muita kierrätysmuotoja.

1990-luku on talonrakennustekniikan voimakas muutoskausi. Muutosta vauhdittavat käytettävyyttä painottava yleistavoitteen asettelu, Euroopan taloudellinen yhdentyminen, muuttuneet käyttövaatimukset ja perustekniikoiden muutokset. Myös Suomen tuleva työvoiman niukkuus, työvoiman yksikkökustannusten kohoaminen ja työolosuhteiden parantamistarve nopeuttavat muutosta. Taloudellisuusvaatimus, joka seuraa sekä kansainvälisestä kilpailusta että kansantalouden ja rakennusten käyttäjien vaatimuksista, edellyttää tuottavuuden kehittämistä etenkin työvoimakustannuksia alentamalla. Tarpeita vastaavaan tulokseen voidaan päästä teollisen tuotannon avulla.

Tuotannon teollistamista varten tarvitaan uusia rakennusjärjestelmiä, rakennuskonsepteja, materiaali- ja komponenttiratkaisuja sekä suunnittelun ja tuotannon infrastruktuurin ja organisoinnin uusimista. Teollinen tuotanto tapahtuu pääosin materiaali- ja komponenttitehtaissa, jolloin työmaa toimii kokoonpanopaikkana. Konetekniikan, automaation, muotti- ja materiaalitekniikan sekä rakennetekniikan kehityksen mukana syntyy uusia innovaatioita, jotka mahdollistavat myös materiaaleista lähtevän paikallavalmistuksen teollisena, taloudellisena ja laadullisesti hyvin hallittuna betonivalu-, puutyö- tai muurausprosessina.

Uusien tavoitteiden ja vaatimusten toteuttaminen edellyttää koko rakennusteknologian uusiutumista. Raskaaseen ruumiilliseen työhön, käsityötaitoon ja rakennushankkeen tilannejohtamiseen perustuvasta teknologiasta siirrytään uudistuvien perustekniikoiden ja systematisoitujen tieto- ja materiaali-prosessien käyttöön. Muutos perustuu tietotekniikkaan, koneellistettuun ja automatisoituun valmistukseen, uuteen materiaalitekniikkaan, uuteen rakennetekniikkaan ja rakennushankkeen logistiseen hallintaan. Tietosisällön lisäys yhdessä teknisen muutoksen kanssa edellyttää organisoinnin muutosta erikoistuneisiin, joustaviin yksiköihin. Erikoistuneet yksiköt kehittävät aktiivisesti alueensa taitotietoa ja tuotteita. Ne muodostavat suunnittelua ja tuotantoa varten yhteistyöryhmiä, jolloin muodostuu joustavia, pysyviä tai projektikohtaisia yhteistyöverkostoja.

Tekniset kehitystekijät	Rakennushankkeen suunnittelu ja ohjaus			Tuotantotekniikka					Prosessin organisointi	
	Tietokoneavust. suunnittelu	Tietokoneav. projektin johto	Tietokoneav. konnmanikaatio	Konporetien osi-valmistus	Avoinn jätjeselmin konporetien osi-valm.	Tietokoneavust. val-mistatus	Joustava automaatio	Robo-tiikka	Ra-hen-mu-p, undal-leen orga-ni-sointi	Inte-groitu tieto-kone-tek-niikka
Muutosvoimat										
Sisäisten ja ulkoisten markkinoiden muutosvoimat	- Kustannusten yleinen alentaminen - Korjaus ja ylläpito	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	- Asukkaiden osallistuminen suunnitteluun - Asukkaiden osallistuminen valmistukseen	x	x		x	x	x		x	
Sisäisten markkinoiden muutosvoimat	- Energian säästö - Ylläpidon helpottaminen		x	x						
	- Materiaalien kierrätys - Pienet ja muuttuvat projektit - Suuri joustavuus - Rakennusautomaatio	x	x	x	x	x	x		x	x
Ulkoisten markkinoiden muutosvoimat	- Halpa rakentaminen - Helposti ylläpidettävä infrastruktuuri - Paikallisen tuotantokapasiteetin tukeminen	x	x	x	x	x	x	x		
Työvoiman muutosvoimat								x	x	
Teknologiset muutostekijät	- Mikroelektronikka yleensä - Uudet materiaalit yleensä	x	x	x		x	x	x		x

Kuva 1. Euroopan talonrakennusteknologian muutosvoimien ja teknisten mahdollisuuksien välinen vuorovaikutus (Lähde: Construction Technology 2000).

Uusi materiaalitekniikka

Rakennusmateriaaliteollisuuden kehitystrendejä ovat materiaalien monipuolistuminen ja valintamahdollisuuksien lisääntyminen, yhdistelmäateriaalit, erityisolosuhteisiin räätälöidyt materiaalit, ominaisuuksiltaan ohjattavat materiaalit sekä materiaalien käytön optimointi. Materiaalien kehityksessä ja niiden käyttökelpoisuuden arvioinnissa keskeisiä tekijöitä ovat kasvaneet laatuvaatimukset, kestävyys, kestoikämitoitus, terveellisyys, turvallisuus ja ympäristövaikutukset. Rakennusmateriaalien tarpeen voimakas kasvu ja luonnonvarojen niukkeneminen edellyttävät tulevaisuudessa entistä säästävämpää ja tehokkaampaa materiaalien käyttöä, kierrätystä ja jättemateriaalien hyödyntämistä.

Rakennusmateriaalien kehittäminen perustuu käyttökohteiden asettamiin vaatimuksiin. Kehityksessä voidaan erottaa kaksi linjaa: perinteisten materiaalien ominaisuuksien kehittäminen ja modifiointi ja uusien materiaalien ja materiaaliyhdistelmien kehittäminen.

Materiaalien kehitykseen liittyy kiinteästi niiden valmistusmenetelmien kehittäminen, laadunohjaus ja valmistusautomaatio.

Betonimateriaalit kehittyvät useaan suuntaan käyttötarkoituksesta riippuen. Suurta lujuutta ja/tai säilyvyyttä vaativiin rakenteisiin käytetään lujia (K60 - K110) ja erikoislujuja (K120 - K150, erikoistapauksissa jopa K300) betoneita. Rakennusten täydentäviin rakenteisiin taas käytetään keveitä, helposti työstettävissä olevia kevytbetoneita.

Puuteknologian tutkimus- ja kehitystyö tähtää puumateriaalin ominaisuuksien ja käyttäytymisen parempaan hallintaan puun käyttöön liittyvien ongelmien poistamiseksi ja puun ja puutuotteiden ominaisuuksien parantamiseksi:

- Puun ominaisuuksien ja vikojen automaattisten mittausmenetelmien ja lajittelun avulla tuotetaan tasalaatuisempia, käyttötarkoituksen mukaisia puutuotteita.
- Puutuotteiden ominaisuuksia parannetaan kehittämällä puun palon-, lahon- ja kosteudenkestävyyttä lisääviä ja puun elämistä rajoittavia käsittelyjä. Tällaisten käsittelyjen myrkyttymyydelle ja turvallisuudelle asetetaan kuitenkin yhä tiukempia vaatimuksia.
- Suurin kehityspotentiaali on puun ja muiden materiaalien yhdistelmätuotteiden, komposiittituotteiden alueella. Yleisin tapa on pilkkoa puu osiksi (viilut, lastut, tikut, kuidut) ja yhdistää nämä aineosat, tavallisimmin liimalla, puupohjaisiksi tuotteiksi. Osasten kokoa, muotoa ja suuntausta, side- ja lisäaineiden laatua ja valmistekniikkaa muuntelemalla voidaan aikaansaada hyvin erilaisia tuotteita. Lujuus- ja muita ominaisuuksia voidaan parantaa ja ominaisuuksien hajontaa pienentää merkitsevästi massiiviseen puuhun verrattuna.

Teräsmateriaalien tärkeimmät kehitystrendit ovat:

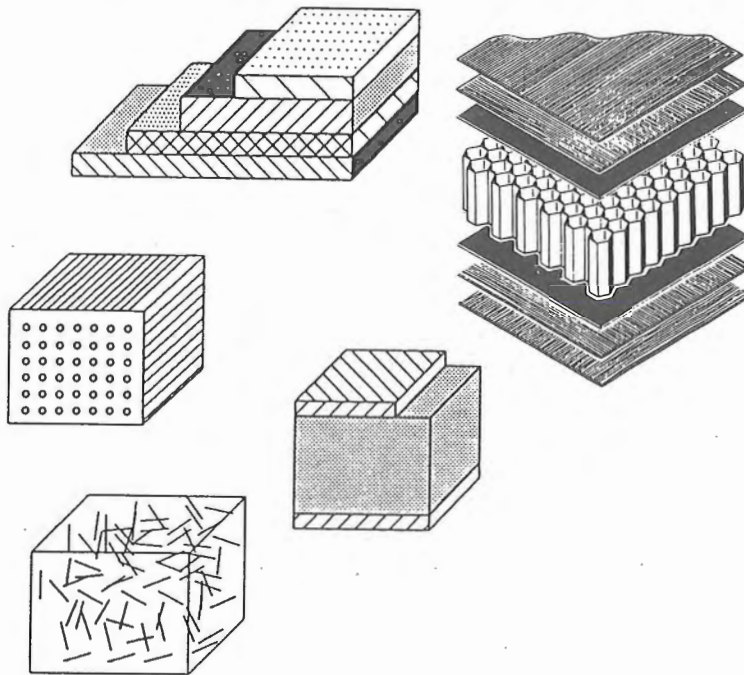
- Terästuotteiden valmistustekniikat ja valmistukseen liittyvä suunnittelu, tuotannonohjaus, laadunohjaus, automatisointi ja robotointi kehittyvät nopeasti.
- Teräksen valmistusprosessin kehittymisen ansiosta voidaan valmistaa entistä lujempia muovattavia levyjä ja profiileja rakenteiden keventämiseksi.
- Valaminen tulee olemaan eräs kevytmetalliseosten sekä metallimatriisikomposiittien valmistusmenetelmä.
- Kylmämuovaustekniikan kehittyminen tuo suunnittelijoille uusia mahdollisuuksia.
- Runkoteräksen lujuus tulee nousemaan siirryttäessä HSS-teräksen käyttöön.
- Terästuotteiden korroosionkestävyys parantuu edelleen pinnoitteiden ja suojausmenetelmien kehityessä.
- FR-teräksen (fire resistance steel) kehittäminen saattaa muuttaa palosuojausmenetelmiä ratkaisevasti.

Muovituotteiden kehitystyössä panostetaan varsin paljon rakennusteknisten ominaisuuksien (mm. akustiset, lämmöneristys- ja palotekniset ominaisuudet) ja käyttöominaisuuksien kehittämiseen ja sovelluksiin. Käynnissä on useita "muovitalo"-tutkimushankkeita.

Lasien valonläpäisevyyttä voidaan säädellä eri tavoin myös käytön aikana. Säättely voi perustua lämpötilaan tai valaistustasoon tai se voidaan aikaansaada sähkövirralla. Ikkunoissa ja julkisivuissa kehitys merkitsee tietynasteista "älykkyyttä". Käytönaikaisia ominaisuuksia voidaan säädellä tarpeen kuten valaistuksen, läpinäkyvyyden, lämmönkulutuksen tai yllilämmön mukaan.

Valonaläpäiseviä eristeitä voidaan tehdä paitsi epäorgaanisista myös orgaanisista aineista. Parhaimpien eristeiden keskimääräinen valonläpäisevyys on n. 80 %. Näiden eristeiden, esim. aergeeliin, potentiaalinen käyttöalue on seinärakenteiden, aurinkopaneelien ja käyttövesisäiliöeristykseen lisäksi ikkunan valoaukoissa ja valokatteisten tilojen rakenteissa. Valonaläpäisevyysominaisuudet ovat lähenemässä tavallista lasia.

Komposiittimateriaalit ovat valtaamassa alaa myös rakentamiskäytössä. Komposiittimateriaalityyppejä ovat lähinnä kuitu-, laminaatti-, kerros- ja kennomateriaalit.



Kuva 2. Uusien komposiittimateriaalien päätyyppejä.

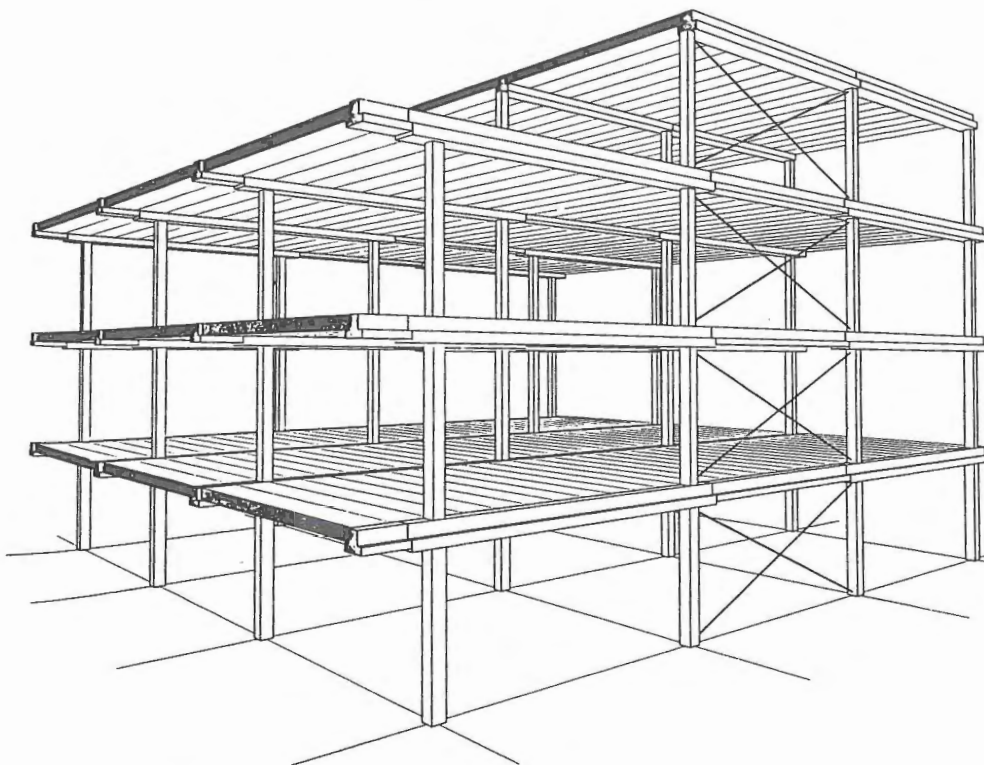
RAKENEJÄRJESTELMIEN JA RAKENNESUUNNITTELUN KEHITYS

Rakenejärjestelmän periaatteet

Rakenejärjestelmien ja rakennusratkaisujen päävaatimuksia ovat laatu/kustannussuhteen hallinta, suunnitteluvapaus ja käyttöjoustavuus ja käyttöiän hallinta. Käytännössä tämä johtaa rakenejärjestelmiin, joissa on pitkäikäinen ja jäykkä perusrunko sekä tiloja rajaavat kevyet täydentävät rakenteet ja vaippa.

Kantava runko

Kantava runko muodostaa idealisoituna tasoja, joille voidaan täydentävillä rakenteilla tehdä erilaisia toisistaan erotetuja tiloja.

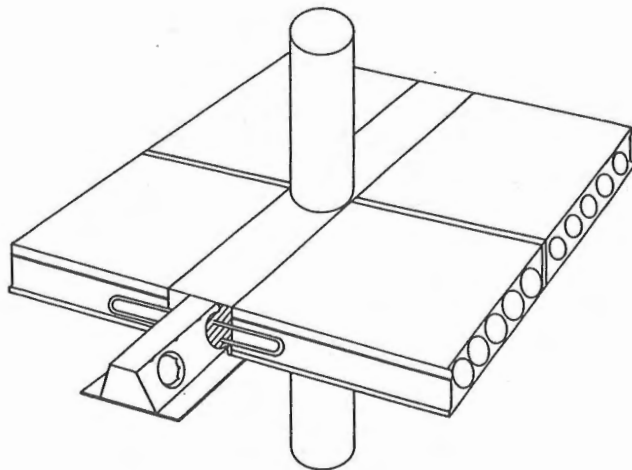
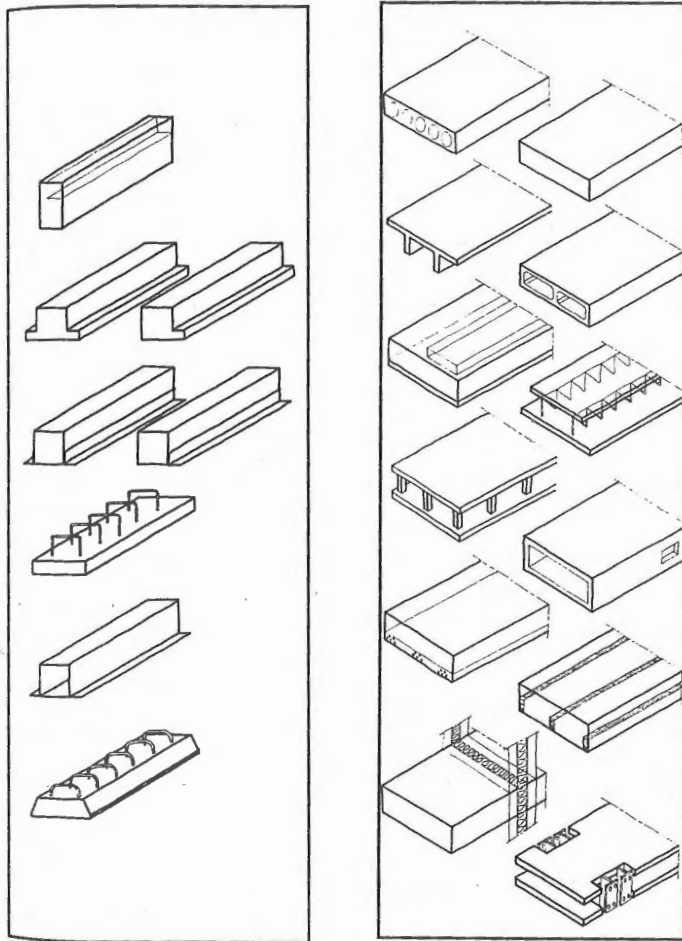


Kuva 3. Pilari-laattarakenne on tilojen ja installointien vapaan suunnittelun ja joustavan muuntelun mahdollistava runkotyyppi. Materiaalina voi olla betoni tai teräs ja pienehköissä rakennuksissa myös puu.

Kantavan rungon pystyrakenteiden määrä minimoidaan tilasuunnittelun ja asennointien vapauttamista varten. Alaa valtaavat sen takia pilari-palkkirakenteet ja pätkittäisiin seiniin tukeutuvat seinä-laattarakenteet. Sopivissa rakennusratkaisuissa tulevat kyseeseen myös kantavat ulkoseinät/laattajärjestelmät. Rakennuksen jäykistys hoidetaan pääasiassa hajautetuilla ratkaisuilla, jolloin vältetään keskitetyn jäykistykseen suuria voimakeskittymiä.

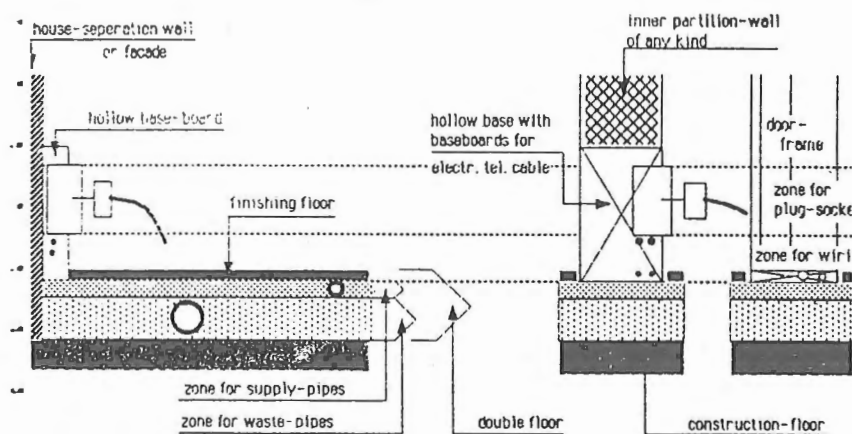
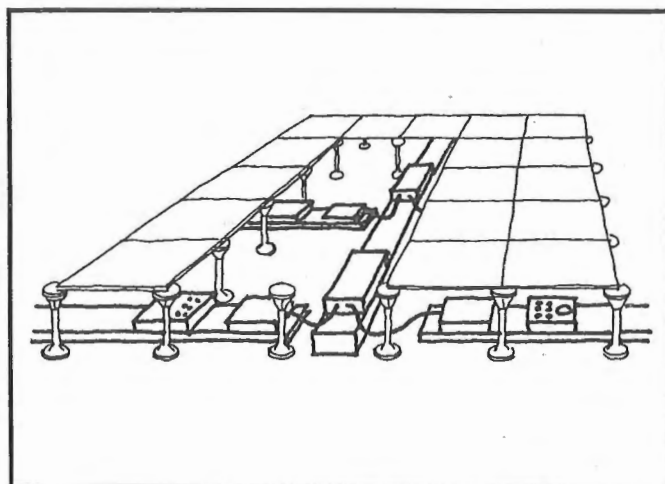
Kantavan rungon rakenteet ohenevat matalia palkkeja, hoikkia pilareita ja melko ohuita kantavia laattoja käytettäessä. Tämän takia värähtely saattaa useinkin tulla mitoituksen määrääväksi tekijäksi, mikä edellyttää värähtelyjen laskennallista hallintaa suunnittelussa.

Rungoissa käytetään pääosin betoni-, teräs-, tiili- ja puurakenteita. Eri materiaaleista valmistettujen rakenteiden yhteiskäyttö liittorakenteina ja sekarakenteina lisääntyy.



Kuva 4. Liittorakenteiden ja sekarakenteiden käyttö lisääntyy.

Kantavan rungon muodostamien tasojen ääneneristävyys varmistetaan lisääntyvästi kerrosrakenneratkaisulla. Tällöin kantavan laatan päälle asennetaan erillinen laitelattiarakenne, johon sijoitetaan putket, johdot ja joskus ilmansiirtokin. Myös suoraa pintalattiaratkaisua voidaan käyttää ääneneristykseen silloin, kun laittilan tarve ei ole määräävä. Monikerroslattioiden kehittämisessä ja suunnittelussa tarvitaan sekä värähtelyn että erityisesti kerrosrakenteiden ääneneristävyyden hallintaa.



Kuva 5. Laittevälipohjat ja helposti siirrettävät kevyet väliseinät tarjoavat tärkeää suunnittelu- ja muutelujoustavuutta /3, 10/.

Täydentävät rakenteet

Erottavat seinät luokitellaan eri asteisten toiminnallisten vaatimusten, kuten ääneneristyksen ja palonkeston, mukaisesti kulloistenkin käyttövaatimusten mukaisesti. Tämä edellyttää täydentävien rakenneosien ominaisuuksien tarkkaa hallintaa. Taloudellista rakentamista ja hyvää muunneltavuutta varten täydentävät rakenneosat tehdään keveiksi hyödyntämällä uusia materiaaliratkaisuja. Tällaisia ratkaisuja varten käytetään mm. uusia komposiittimateriaaleja monikerros-, laminaatti- ja kennorakenteina. Ääniteknisesti tällaiset rakenteet tarjoavat uusia mahdollisuuksia, mutta edellyttävät monipuolista ääniteknikan hallintaa suunnittelussa ja kehittämisessä.

LAATUTASON VALINTA			
RAKENNUS:	OSARAKENNUS:		
LAADUN OSATEKIJÄT	LAATUTASO		
	PERUS- LAATU	KORKEA- LAATU	TAVOITE- TASO
SISÄILMASTO LÄMPÖTILA LÄMPÖTILAN SÄÄTÖ PINTALÄMPÖTILAT VETO KOSTEUS			
ÄÄNEN- ERISTÄVYYS VÄLISEINÄT IKKUNAT VÄLIPOHJAT ILMAÄÄNI ASEKELÄÄNI			
KONE- JA LAITETEKNISET JÄRJESTELMÄT VESIHUOLTO SÄHKÖ TIETOTEKNIIKKA JÄTEHUOLTO SIIVOUS LAITTEIDEN ÄÄNITÄBO			
ARKKI- TEHTUURI MASSOITTELU JULKISIVUT HUONEKORKEUS PINTARAKENTEET SISÄSEINÄT SISÄKATOT LATTIAT PORRASHUONEET ERITYISTILAT			

Kuva 6. Tilojen, rakenteiden ja laitejärjestelmien toiminnalliset vaatimukset määritellään moduloidusti rakennuksen eri osia varten. Toteutus edellyttää mm. ääneneristyksen suhteen luokiteltuja rakennerratkaisuja.

Laatutavoitteet asetetaan esimerkiksi kahdella tai kolmella tasolla, joita kutsutaan esim. peruslaaduksi ja korkeaksi laaduksi. Samankin rakennuksen osaratkaisuihin voidaan käyttää rinnan kumpaakin laatutasoa, asetettujen tavoitteiden mukaisesti, koska periaatteiden mukaisesti osajärjestelmät ovat rakenteellisesti itsenäisiä kokonaisuuksia. Siten

suunnittelussa voidaan laatu valita tarkasti yksityiskohtaisetkin painotukset huomioonottaen. Laatu luokitusta vaikuttaa mm. teknisiin spesifikaatioihin, tuotevalintoihin ja käytettäviin toleransseihin.

Peruslaadun mukaiset ratkaisut täyttävät viranomaismääräysten vaatimukset turvallisuudesta, terveellisyydestä ja esteettisyydestä. Peruslaatuun kuuluvat myös muut yleisesti hyväksytyjen tai hankekohtaisesti määriteltyjen tavanomaisten vaatimusten mukaiset rakennuksen käyttötoimintojen ratkaisut.
























Korkean laadun mukaisissa ratkaisuissa käyttövaatimuksille astetaan peruslaatu korkeammat arvot yleensä yhtenä tai kahtena vaihtoehtona. Laatueroja saattaa olla esimerkiksi sisäilmaston, akustiikan, käyttölaitteiston, tilankäytön, pintojen ja muotoilun osalta. Niiden tarkat tavoitteet määritellään tapauskohtaisesti.

Ääneneristykseen suhteen laadun valinta on toimistorakennuksissa yleensä huone-ryhmäkohtainen. Osassa työkonteilytiloja riittää työasemien välinen näkösuoja; osassa on keskinkertainen ääneneristysvaatimus ja joissakin kokous- ja työhuoneissa vaaditaan korkea ääneneristysvaatimus. Vastaavasti asuinrakennuksissa on huoneistojen välillä korkea tai melko korkea ääneneristystaso. Huoneiston sisäisissä seinissä riittää yleensä melko matala ääneneristystaso, mutta tarvitaan myös hiljaisia huoneita tai korkean äänitason huoneiden kuten musiikki- ja harrastustilojen hyvää eristystä muista asuintiloista.

Vaipparakenteet

Vaipparakenteet monipuolistuvat arkkitehtonisen ilmaisuvoiman edellytysten parantamiseksi. Valmistusteknisesti tällaisia muunneltuotteita voidaan tuottaa erilaisia koonpanotekniikoita tai ruiskutus- ja valutekniikoita soveltaen. Myös vaipparakenteiden materiaalit monipuolistuvat, kun käytettävissä on erilaisia betoni-, teräs-, keraami-, muovi- ja puurakenneseosia ja näiden yhdistelmiä. Usein vaippa on kevyt, minkä takia ääneneristykseen hallinta ulkotilan äänen eristämisen ja sisätilojen välisen sivutiesiirtymän suhteen tulee tärkeäksi.

ULKOSEINÄN KOKOONPANO- JA TUENTAVAIHTOEHDOT

Kokoonpano-alkiot/tuennat	ULKOSEINÄKOMPONENTTITYYPPI				
	1	2	3	4	5
Alkiot					
sisälevy					
lämmöneriste					
ulkolevy					
sisälevy + lämmöneriste					
ulkolevy + lämmöneriste					
sandwich (sisälevy + lämmöneriste)					
ulkolevy muoto- ja kotelo-levyt					
Tuennat					
jatkuva tuenta vaakarakenteisiin					
tuenta pystyrakenteisiin					
tuenta perustuksiin					



Ensisijainen ratkaisu



Täydentävä tai toissijainen ratkaisu

Kuva 7. Ulkoseinien osittamisperiaate, jonka avulla voidaan kehittää erilaisia arkkitehtonisia vaihtoehtoja mahdollistavia muunnelmatuotteita.

KIRJALLISUUTTA

1. Sarja, Asko. Järjestelmän teoria. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Betoni- ja silikaattitekniikan laboratorio, Espoo, maaliskuu 1989, 52 s.
2. Tavoitejärjestelmän kuvaus. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Betoni- ja silikaattitekniikan laboratorio, Espoo, maaliskuu 1989, 153 s.
3. Järjestelmäkortit. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Betoni- ja silikaattitekniikan laboratorio, Espoo, maaliskuu 1989, 243 s.
4. Järjestelmän käyttö suunnittelussa. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Betoni- ja silikaattitekniikan laboratorio, Espoo, maaliskuu 1989, 29 s.
5. Asuinrakennukset. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Betoni- ja silikaattitekniikan laboratorio, Espoo, maaliskuu 1989, 122 s.
6. Toimistorakennukset. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Betoni- ja silikaattitekniikan laboratorio, Espoo, maaliskuu 1989, 238 s.
7. Sarja, Asko. Principles and solutions of the new system building technology (TAT). Espoo 1989, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tutkimuksia - Statens tekniska forskningscentral, Forskningsrapporter - Technical Research Centre of Finland, Research Reports 662. 61 p.
8. Keppo, Juhani (toim.). TAT-komponenttirakentaminen. The new component system building technology. Kustannusosakeyhtiö Tietopuu 1990, 111 s.
9. Rakennustekniikan kehityksen suuntaviivoja. VTT, rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkimusosasto, 1990. 71 s.
10. Age van Randen, Separation of support and infill: A chance for a quantum leap in Productivity. Open industrialization, a solution for building modernization. Stuttgart, February 21 - 23, 1990. Conference proceedings, pp. 4-27 - 4-33. Gesellschaft für Umweltplanungs, Stuttgart, 1990.

Asko Sarja, VTT/Rakennetekniikan laboratorio