



Tarja Häkkinen, Maaria Nuutinen, Sakari Pulakka,
Janne Porkka, Sirje Vares, Ari Laitinen,
Erkki Vesikari & Matti Pajari

VTT Digitalo

| Tavoitteena kestävä rakennus ja
| moderni työympäristö

VTT Digitalo

Tavoitteena kestävä rakennus ja moderni työympäristö

Tarja Häkkinen, Maaria Nuutinen, Sakari Pulakka, Janne Porkka,
Sirje Vares, Ari Laitinen, Erkki Vesikari & Matti Pajari

ISBN 978-951-38-6892-5 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)
ISSN 1455-0865 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

Copyright © VTT 2007

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

VTT, Vuorimiehentie 3, PL 1000, 02044 VTT
puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 4374

VTT, Bergsmansvägen 3, PB 1000, 02044 VTT
tel. växel 020 722 111, fax 020 722 4374

VTT Technical Research Centre of Finland, Vuorimiehentie 3, P.O.Box 1000, FI-02044 VTT, Finland
phone internat. +358 20 722 111, fax + 358 20 722 4374

VTT, Lämpömiehenkuja 2, PL 1000, 02044 VTT
puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 7055

VTT, Värmemansgränden 2, PB 1000, 02044 VTT
tel. växel 020 722 111, fax 020 722 7055

VTT Technical Research Centre of Finland, Lämpömiehenkuja 2, P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland
phone internat. +358 20 722 111, fax +358 20 722 7055

Häkkinen, Tarja, Nuutinen, Maaria, Pulakka, Sakari, Porkka, Janne, Vares, Sirje, Laitinen, Ari, Vesikari, Erkki & Pajari, Matti. VTT Digitalo. Tavoitteena kestävä rakennus ja moderni työympäristö [VTT Digitalo. A case study from the view points of sustainable building and modern working environment]. Espoo 2007. VTT Tiedotteita – Research Notes 2366. 88 s. + liitt. 12 s.

Avainsanat working environment, sustainable buildings, office buildings, sustainable construction, facility services, indoor air quality, acoustics, illumination, environmental impacts, life cycle costs, life cycle economy

Tiivistelmä

Työympäristöjen uudistamisessa pyritään saavuttamaan hyötyjä yhteiskunnan, organisaatioiden ja yksilöiden näkökulmasta. Yhteiskunnan kannalta tavoiteltavia asioita ovat tietoyhteiskunnan ja kestäväen yhdyskunnan tavoitteet. Joustavien ja informaatioteknologiaa hyödyntävien ratkaisujen avulla voidaan säästää tiloja, niiden tekemiseen ja ylläpitämiseen tarvittavia resursseja, vähentää työntekijöiden työmatkaliikkumista ja säästää liikenteen ympäristökuormituksia. Organisaatioiden tasolla tavoitellaan yhteiskuntavastuullista toimintamallia, parempaa työn tehokkuutta ja hyvää ympäristöä luovuudelle ja innovaatioille. Yksilön tasolla tavoiteltuja etuja ovat työviihtyvyys, terveelliset työympäristöt ja yksilöllisten valintamahdollisuuksien paraneminen.

Organisaatioiden innovatiivisuus on merkityksellistä yhteiskunnan kestäväen kehityksen kannalta: jatkuva innovaatioprosessi on välttämätöntä kestäväen kehityksen haasteiden ratkaisemiseksi. Rakennetun ympäristön ja työympäristön tulisi tarjota hyvät olosuhteet organisaatioiden toiminnalle innovaatioprosessissa. Modernin työympäristön yhtenä olennaisimpana piirteenä pidetään sen kykyä tukea vuorovaikutusta ja yhteistyötä. Toisaalta osa työstä vaatii syvällistä, yksinäistä keskittymistä. Haasteena on kehittää sellaisia työympäristöjä, jotka tarjoavat mahdollisuudet tehokkuuden ja tuottavuuden edellyttämään hyvään vuorovaikutukseen ja viestintään ja luovat riittävät edellytykset myös häiriöttömälle keskittyneelle työlle. Tämä lähtökohta tunnustetaan yleisesti.

Selvityksessä arvioitiin VTT:n tietotekniikkatutkimuksen ja tutkimuksen johdon käytössä olevan VTT Digitalon laatua kestäväen kehityksen vaatimuksien näkökulmasta. Selvityksessä arvioitiin rakennuksen toimivuutta, elinkaarivaikutuksia ja käyttäjätyytyväisyyttä. Haastattelututkimuksessa haastateltavat korostivat yhteistyön ja erityisesti spontaanin vuorovaikutuksen merkityksellisyyttä ja toisaalta tähdensivät keskittyneen ja häiriöttömän yksilötyöskentelyn mahdollistamisen tärkeyttä. VTT Digitalossa todettiin puutteita mutta myös potentiaalia. Talon tarjoamien ICT-mahdollisuuksien käyttöä, tilojen monipuolista käyttöä ja tavoitteiden toteutumista pitäisi edistää aktiivisella viestinnällä, ja käyttäjiä tulisi rohkaista etsimään tiloille uusia, vuorovaikutusta edistäviä käyttötapoja. Toimivuuden arvioinnissa rakennuksen valmius muuntojoustoon ja hyvien

sisäolosuhteiden tarjoamiseen todettiin hyväksi. Rakennuksen rakenteiden suunnittelussa on noudatettu käyttöikäsuunnittelun periaatteita, ja elinkaari vaikutuksien suhteen rakennuksen vahvuus perustuu siihen, että energiatehokkuuden vaatimukset on otettu suunnittelussa huomioon.

Häkkinen, Tarja, Nuutinen, Maaria, Pulakka, Sakari, Porkka, Janne, Vares, Sirje, Laitinen, Ari, Vesikari, Erkki & Pajari, Matti. VTT Digitalo. Tavoitteena kestävä rakennus ja moderni työympäristö [VTT Digitalo. A case study from the view points of sustainable building and modern working environment]. Espoo 2007. VTT Tiedotteita – Research Notes 2366. 88 p. + app. 12 p.

Keywords working environment, sustainable buildings, office buildings, sustainable construction, facility services, indoor air quality, acoustics, illumination, environmental impacts, life cycle costs, life cycle economy

Abstract

This publication summarises the assessment results from the VTT Digitalo case. VTT Digitalo is a new office building built for the use of VTT research and development. The building was assessed from the viewpoints of sustainable construction and sustainable workspaces. The study analysed the case considering it as an achievement and a stage in a long-term process that is taking place between VTT as the user and Senate Properties as the owner of the building. This process aims at developing high-quality facility services, which are in accordance with the user needs, and based on understanding the strategic goals of the user. Additionally, these services should follow the principles of sustainable construction.

The VTT's user needs concern first of all a) good indoor environment in terms of indoor climate, acoustics and illumination, b) ability of the workspace to support interaction and innovative way of working, c) ability of the whole building to indicate VTT's image as a supplier of innovation services. VTT acts as a client, which sets performance and conformity requirements based on the planned use of spaces. The aims of Senate Properties as the owner and the provider of facility services concern the ability to understand and realise user needs, and to manage investment costs and life cycle efficiency of the building.

The research defines sustainable construction in accordance with (ISO 2006): Sustainable construction brings about the required performance with the least unfavourable environmental impact, while encouraging economic, social, and cultural improvement at a local, regional, and global level. Accordingly, the study defined as a premise that a comprehensive analysis of the sustainability of an office building should be based on the assessment of the following aspects:

- user satisfaction
- building performance
- environmental impacts, and life cycle costs and life cycle economy.

Alkusanat

Tämän selvityksen tavoitteena oli arvioida VTT:n käytössä olevan Digitalon laatua kestävä kehityksen vaatimuksien näkökulmasta. VTT Digitalo on Senaatti-kiinteistöjen rakennuttama toimistotalo Espoon Otaniemessä. Rakennus on VTT:n johdon ja tietotekniikka-alan tutkimuksen käytössä.

VTT:n ja Senaatti-kiinteistöjen välillä on menossa pitkäjänteinen prosessi, jossa tavoitteena on tuottaa toimijan strategiaan tavoitteisiin pohjautuvien käyttäjätarpeiden mukaisia tilapalveluja. VTT Digitalon suunnittelussa oli tavoitteena luoda moderni, vuorovaikutteista ja innovatiivista toimintaa tukeva työtila, joka ilmentää VTT:n brändiä ja tukee brändin viestintää ulospäin. Rakennuksen suunnittelussa tavoiteltiin lisäksi edullisia elinkaarikustannuksia, muuntojoustavuutta ja pitkää käyttöikää.

Kestävän kehityksen mukainen rakentaminen määriteltiin tässä selvityksessä rakentamiseksi, joka tuottaa asiakkaan ja yhteiskunnan tarpeita ja vaatimuksia vastaavan palvelun mutta aiheuttaa samalla mahdollisimman vähän ympäristövaikutuksia. Selvityksessä pyrittiin näin arvioimaan rakennuksen laatua sekä käyttäjätyytyväisyyden ja rakennuksen vaaditun toimivuuden toteutumisen kannalta että toisaalta toteutuksen aiheuttamien ympäristövaikutusten ja elinkaarikustannuksien kannalta.

Rakennuksen käyttäjätarpeiden toteutuminen ja käyttäjätyytyväisyys sidottiin kestävä kehityksen näkökulmaan myös innovatiivisen toiminnan ja kestävä kehityksen kautta. Selvityksessä määriteltiin, että kestävä kehitys vaatii lähtökohtaisesti muutoksia verrattuna vallitsevaan tilanteeseen ja se voidaan nähdä innovaatioprosessina. Strategiansa mukaisesti VTT toimii innovaatioprosessissa palveluntarjoajana, joka painottaa kestävä kehityksen merkityksellisyyttä teknologioiden kehittämisessä. Kestävän kehityksen mukaisen rakennetun ympäristön tulisi tukea ja luoda puitteita organisaatioiden toiminnalle innovaatioprosessissa.

Selvityksen lähtöoletuksena oli, että

- kestävä kehitys liittyy tiiviisti innovaatiotoimintaan; kestävä kehitys vaatii innovaatioita
- rakennuksen tila- ja toimivuusratkaisuilla voidaan tukea ja luoda edellytyksiä innovatiiviselle työlle
- VTT:n toimitiloille asettama käyttäjävaatimus koskee ennen muuta hyviä sisäolosuhteita ja tilojen kykyä tukea vuorovaikutteista ja innovatiivista tutkimustyötä ja tutkimuksen johtoa
- rakennuksen hyvä ekotehokkuus merkitsee käyttäjätarpeiden ja halutun toimivuuden toteutumista mahdollisimman vähäisin ympäristövaikutuksin

- rakennuksen ympäristövaikutuksiin vaikuttavat rakennuksen käyttöikä ja muuntojousto, rakentamisen ja käytön aikaiset materiaali- ja energiavirrat sekä sijainti.

Selvityksen ohjausryhmään kuuluivat Senaatti-kiinteistöjen asiakaspäällikkö Päivi Montola ja projektipäällikkö, arkkitehti Marjatta Erwe sekä VTT:n kiinteistöjohtaja Jyrki Kalavainen.

Seuraavassa luetellaan selvityksen osa-alueet ja kustakin niistä vastaava VTT:n tutkija:

- Uudet työympäristöt ja kestävä kehitys, Tarja Häkkinen
- Työympäristöjen vaikutus vuorovaikutukseen, käyttäjätyytyväisyyteen ja työn tehokkuuteen, kirjallisuusselvitys, Tarja Häkkinen
- VTT Digitalon käyttäjätyytyväisyys selvitys, haastattelututkimus, Maaria Nuutinen
- Digitalon muuntojoustavuuden arvio, Janne Porkka
- Digitalon sisäilmaston arvio, Ari Laitinen
- Digitalon käyttöiän arvio, Erkki Vesikari, Tarja Häkkinen ja Matti Pajari
- Digitalon elinkaarikustannusten arvio, Sakari Pulakka
- Digitalon ympäristövaikutuksien arvio, Sirje Vares
- Päätelmien ja yhteenvedon laadinta, Tarja Häkkinen.

Selvitys koottiin lopulta tutkijatiimin yhteistyönä ohjausryhmän kommentteja kuullen.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä.....	3
Abstract.....	5
Alkusanat.....	6
1. Johdanto.....	10
1.1 VTT Digitalolle asetetut VTT:n käyttäjätarpeisiin perustuvat tavoitteet.....	10
1.2 Rakennettu ympäristö, innovaatioprosessi ja kestävä kehitys.....	11
2. Kestävä kehitys, yritystoiminta ja innovaatioprosessi.....	14
2.1 Kestävän kehityksen mukainen yritystoiminta.....	14
2.2 Kestävä kehitys ja innovaatioprosessi.....	14
2.3 Moderni, innovatiivinen työympäristö – mitä se on kirjallisuuden pohjalta....	15
2.3.1 Uusien työympäristöjen tavoitteet.....	15
2.3.2 Luovuus, innovatiivisuus ja vuorovaikutus.....	16
2.3.3 Työympäristöjen perinteiset ja uudet ratkaisut.....	18
2.3.4 Työympäristön kyky tukea vuorovaikutusta ja tiedonkulkua.....	21
3. Digitalo-ratkaisun ideointi ja käyttäjätarpeiden määrittely.....	31
3.1 Käyttäjien haluttu toimintatapa.....	31
3.2 Yhteenveto EVATA-selvityksestä.....	31
4. Käyttäjätyytyväisyys.....	36
4.1 Lähtökohdat.....	36
4.2 Menetelmät.....	37
4.3 Tulokset.....	38
4.3.1 Digitalon tarjoama tuki työlle ja toteutunut käyttö.....	38
4.3.2 Käyttäjien kokemus siitä, kuinka hyvin Digitalo edistää tai haittaa tavoiteltua toimintatapaa.....	43
4.3.3 Suunnittelun ideakuvat ja niiden herättämät ajatukset ja toteutuma Digitalossa.....	45
4.4 Yhteenveto ja pohdinta.....	46
5. Toimivuus – muuntojousto ja sisäolosuhteet.....	48
5.1 Muuntojousto.....	48
5.1.1 Muuntojouston yleiskuvaus.....	48
5.1.2 Rakennuksen suunnittelunaikainen muuntojousto.....	48
5.1.3 Rakennuksen käytönaikainen muuntojousto.....	49
5.2 Sisäilmasto.....	51

5.2.1	Tausta	51
5.2.2	Arviointi	54
5.2.3	Tulokset.....	55
6.	Käyttöikä.....	57
6.1	Tausta	57
6.2	Digitalon rungon rakenteet 100 vuoden käyttöaikaa silmällä pitäen	57
6.3	Digitalon muurattu julkisivu 100 vuoden käyttöikätaavoitetta silmällä pitäen..	58
7.	Elinkaariedullisuus.....	62
7.1	Tausta	62
7.2	Laskentatapa	62
7.3	Tulokset.....	63
8.	Ympäristövaikutukset	68
8.1	Tausta	68
8.2	Rakennuksen käytön energiankulutus ja ympäristövaikutukset.....	69
8.3	Rakennuksen tuotannon ja kunnossapidon ympäristövaikutukset	71
8.4	Yhteenveto.....	75
9.	Päätelmiä.....	77
10.	Yhteenveto	80
	Lähdeluettelo	85

Liitteet

Liite 1: Haastattelukysymykset

Liite 2: Mihin haastateltavat toivoivat kiinnitettävän erityistä huomiota tilakysymyksissä

Liite 3: Elinkaariedullisuus/Tausta-aineistoa

Liite 4: Digitalon ominaisuudet, tekniset ratkaisut ja kehitysehdotuksia

Liite 5: Ympäristövaikutuksien arviointi EKA-menetelmän mukaisesti

1. Johdanto

1.1 VTT Digitalolle asetetut VTT:n käyttäjätarpeisiin perustuvat tavoitteet

Strategiansa mukaisesti VTT tuottaa kansainvälistä kilpailukykyä lisääviä tutkimuspalveluja yrityksille, yhteiskunnalle ja muille asiakkaille innovaatioprosessin tärkeimmissä vaiheissa ja luo siten edellytyksiä kasvulle, työllisyydelle ja hyvinvoinnille. VTT toimii tutkimus- ja innovaatioliiketoiminnassa palveluntarjoajana. VTT painottaa kestävän kehityksen merkitystä teknologioiden kehittämisessä. (VTT 2006.)

Toimitilojensa suhteen VTT toimii vaativana asiakkaana, joka asettaa tilojen suunniteltuun käyttöön perustuvia vaatimuksia tilojen kelpoisuuden ja toimivuuden suhteen. Tavoitteena on, että VTT toimii innovatiivisuutta ja vuorovaikutteisuutta tukevilla moderneilla toimitiloilla ja työympäristöissä.

VTT Digitalo on Senaatti-kiinteistöjen rakennuttama ja Arkkitehtitoimisto Tuomo Siitosen suunnittelema (Arkkitehti 2005) kiinteistö Espoon Otaniemessä. Rakennus on Otaniemen kampusalueella, jonka Museovirasto on määritellyt valtakunnallisesti merkittäväksi aluekokonaisuudeksi. Rakennus on VTT:n johdon ja VTT:n tietoteknisen tutkimuksen käytössä. Suunnitteluohjelman (Senaattikiinteistöt 2002) mukaisesti tilojen toteutuksessa tuli pyrkiä sovittamaan yhteen moderni työympäristö ja rakennuksen tulevien käyttäjien toimintatapa. Työtilojen tuli ilmentää tietointensiivisen tutkimus- ja kehitystyön ominaisia piirteitä.

Valtion toimitilastrategian (Valtio 2005) mukaisesti tilaratkaisujen tulee täyttää seuraavat yleiset tavoitteet:

- tukea ja parantaa työnteon tehokkuutta ja tuottavuutta
- tukea organisaatioiden strategian toimeenpanoa ja pitkän tähtäimen tavoitteiden saavuttamista
- lisätä tilojen tehokkuutta (m²/henkilö, €/m², €/v) ja valtion pääomien tehokkuutta
- lisätä tilojen joustavuutta työntekijämäärien vähetessä ja työprosessien muuttuessa
- ottaa huomioon toimintojen alueellistamista koskevat tavoitteet.

VTT Digitalon suunnitteluohjelman mukaan tavoitteena oli kiinnittää erityistä huomiota rakennuksen elinkaarikustannuksiin sekä tilojen muunneltavuuteen ja joustavuuteen. Rakennuksen suunnittelussa tavoiteltiin terveellisyyttä ja viihtyisyyttä; rakennuksen sisäilmaluokan tavoitteena oli pääosin S2. Sisärungon ja julkisivujen tavoitekäyttöikä on

100 vuotta. Ympäristövaikutuksien suhteen oleelliset tavoitteet asetettiin lämpöenergiankulutukselle, 18 kWh/m³, ja sähköenergiankulutukselle, 27 kWh/m³.

Suunnitteluohjelman mukaan rakennuksen tilavuus on 30 800 m³, bruttoala 8 600 m² ja nettoala 7 500 m². Huoneohjelman mitoitusperusteena oli 280 henkilöä.

VTT:n ja Senaatti-kiinteistöjen välillä on lisäksi menossa pitkäjänteinen ja tavoitteellinen prosessi, jonka avulla pyritään kehittämään toimijan strategisiin tavoitteisiin pohjautuvia tilapalveluja. VTT Digitalo -projekti on nähtävä yhtenä vaiheena tässä kehitystyössä.

1.2 Rakennettu ympäristö, innovaatioprosessi ja kestävä kehitys

Ekotehokas rakennus- ja kiinteistöalan palvelutoiminta tuottaa ja ylläpitää asiakkaan ja yhteiskunnan vaatimuksien mukaisen kiinteistön kelpoisuuden ja toimivuuden mutta aiheuttaa samalla mahdollisimman vähän ympäristövaikutuksia (Häkkinen ym. 2002). Laajennettuna tämä määritelmä esitetään ISO:n kestävästä rakentamisesta koskevan komitean teknisessä spesifikaatiossa, jossa määritellään, että (ISO 2005)

sustainable construction achieves the required technical performance of the construction with the minimum of environmental impact. At the same time sustainable construction encourages economic, social and cultural improvement at a local, regional and global level.

Kestävä kehitys vaatii yhteiskunnassa muutoksia, ja kestävä kehityksen ongelmien ratkaisussa jatkuvalla innovaatioprosessilla on ratkaiseva merkitys. Organisaatioiden sisällä innovaatioiden keskeisenä edellytyksenä on teknologinen osaaminen. Keskeistä on myös sellaisten organisaatioiden toiminta, jotka edistävät innovaatioprosessia verkostoitumisen ja viestinnän avulla.

VTT:n rooliin kestävä kehityksen aktiivisena toimijana kuuluu osallistuminen jatkuvaan innovaatioprosessiin teknologisenä osajana. Rooliin kuuluu lisäksi toiminta innovaatioprosessin edistäjänä aktiivisena verkostoijana ja viestijänä.

VTT:n näkökulmasta VTT:n työympäristöjen käyttäjätarve voidaan määritellä tarpeena saada ekotehokkaat ja innovatiivisuutta tukevat modernit työtilat tutkimuksen ja tutkimuksen johtamisen käyttöön. Tilojen tulee olla tarkoitukseen soveltuvia ja niiden sisäilmaston laadun tulee olla hyvä. Jotta tavoite toteutettaisiin ekotehokkaasti, tilat pitää kyetä tekemään sellaisilla teknisillä ratkaisulla, joiden ympäristövaikutukset ovat mah-

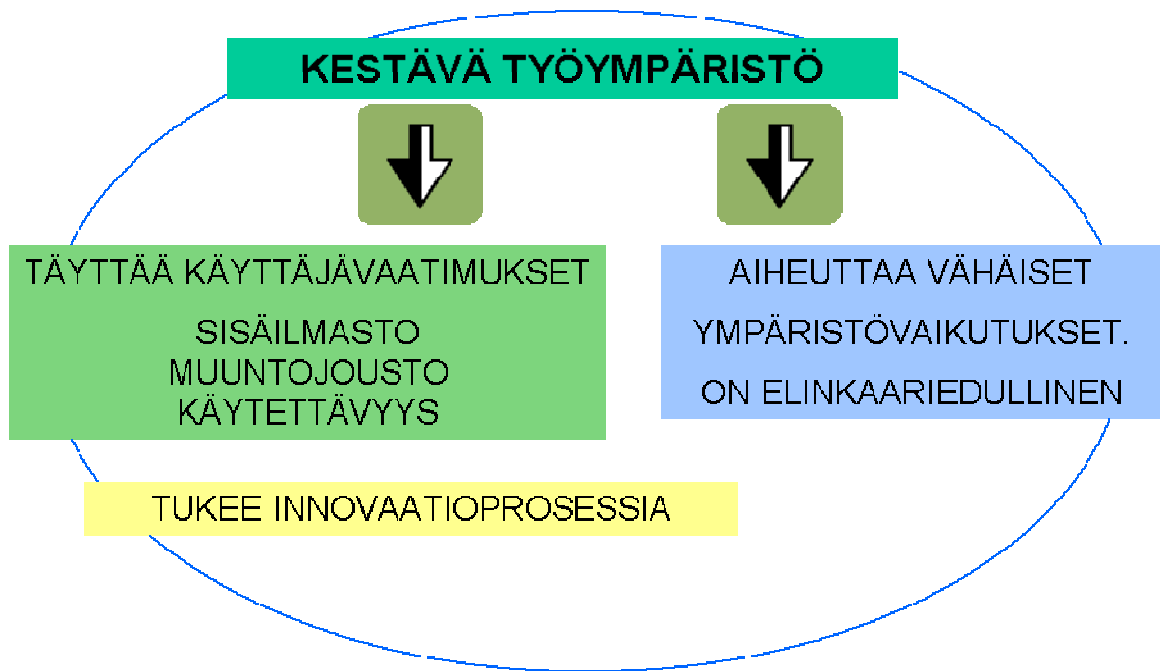
dollisimman vähäiset. Ympäristövaikutuksiin vaikuttavat erityisesti rakennuksen käytönaikainen energiankulutus halutun sisäilmaston ylläpitämiseksi, rakentamisen aiheuttamat materiaali- ja energiavirrat ja rakennuksen käyttöikä. Käyttöikään vaikuttavat sekä muuntojoustavuus että järjestelmien tekninen kestävyys.

Tämän selvityksen lähtökohtana on edellisen mukaisesti, että käyttäjän tarpeiden mukaisuus, muuntojousto, käyttöikä, sisäilmaston laatu, ympäristökuormitukset ja elinkaarikustannukset ovat keskeisiä kestäväen kehityksen mukaisen rakentamisen elementtejä. Digitalon arvioinnissa keskityttiin näiden osatekijöiden pohdintaan. Tuloksia esitellään tämän julkaisun luvuissa 4–8.

Lisäksi selvityksessä lähtökohtana oli ajatus, että organisaatioiden innovatiivisuus on merkityksellistä ja välttämätöntä yhteiskunnan kestäväen kehityksen kannalta. Rakennetun ympäristön tulisi tarjota hyvät olosuhteet organisaatioiden toiminnalle innovaatioprosessissa (kaaviot 1 ja 2). Kysymyksenä on, kuinka merkityksellisesti rakennetun ympäristön ja rakennuksien ratkaisulla on mahdollista tukea organisaatioiden innovatiivista toimintaa. Tätä kysymystä pohditaan luvussa 2. Luvussa 2 esitetään lisäksi kirjallisuusselvitykseen perustuvia tuloksia työympäristöjen vaikutuksista vuorovaikutukseen, keskittymistä vaativaan työhön ja työtyytyväisyyteen.



Kaavio 1. Innovatiiviset ympäristöt yhtenä innovaatioprosessin ja kestäväen kehityksen tekijänä.



Kaavio 2. Kestävä työympäristö tukee innovaatioprosessia, vastaa käyttäjätarpeita tilojen ja palvelujen sekä sisäilmaston ja joustavuuden suhteen ja aiheuttaa edulliset elinkaarivaikutukset.

2. Kestävä kehitys, yritystoiminta ja innovaatioprosessi

2.1 Kestävän kehityksen mukainen yritystoiminta

Kestävän kehityksen mukainen yritystoiminta tai organisaation toiminta voidaan määrittellä eri lähtökohdista. Usein esitettyjä tulkintoja ovat ainakin seuraavat:

Kestävän kehityksen mukainen organisaation toiminta tai yritystoiminta on

- yrityksen tai organisaation sitoutumista ympäristöpäämääriin
- toimintaa, jossa toimijat pyrkivät saamaan markkinoilla kilpailuetua ekologisten innovaatioiden avulla
- yrityksen tai organisaation toimintaa, jossa pyritään yhteiskunnan muuttamiseen kestävän kehityksen mukaiseksi. Organisaation tuloksellinen toiminta on tällöin väline ympäristön sosiaaliseen muutokseen tai ympäristöparannukseen.

Gerlachin (2000) mukaan näistä kaksi viimeistä määrittelevät kestävän kehityksen mukaista yritystoimintaa joko kapeammassa tai laajemmassa mielessä. Kapeammassa mielessä kestävän kehityksen mukainen yritystoiminta on organisaatioiden tai yritysten sellaista innovatiivista toimintaa, jossa sosiaaliset tai ympäristölliset kysymykset nähdään kilpailuetujen kannalta tärkeiksi. Kestävä yritystoiminta identifioi markkinoilla innovaatiomahdollisuuksia, jotka koskevat kestävää kehitystä, soveltaa näitä mahdollisuuksia onnistuneesti ja luo uusia tuotteita ja palveluja. Laajassa mielessä kestävän kehityksen mukainen yritystoiminta on innovatiivista toimintaa kestävän kehityksen varmistamiseksi. Toimijoihin kuuluu sekä valtion omistamia että yksityisiä organisaatioita ja sekä voittoa tuottavia että voittoa tavoittelemattomia organisaatioita.

2.2 Kestävä kehitys ja innovaatioprosessi

Kestävä kehitys vaatii lähtökohtaisesti muutoksia verrattuna vallitsevaan tilanteeseen. Huber (1995) mainitsee kolme perusstrategiaa kestävään kehitykseen:

- 1) Riittävyyden strategiassa katsotaan, että resurssien rajallinen saatavuus rajoittaa taloudellista kasvua. Nykyiset kulutus- ja tuotantomallit kyseenalaistetaan ja vaaditaan pohdintaa siitä, kuinka paljon on riittävän paljon. Vaaditaan muutoksia nykyiseen elämäntyyliin ja säästäväisyyden ja vaatimattoman elämäntyylin omaksumista. Riittävyyden strategia painottaa sosiaalisia innovaatioita. Muutokset ovat perustavanlaatuisia, mutta puuttuva yleinen yhteiskunnallinen hyväksyntä kuitenkin todennäköisesti rajoittaa näiden innovaatioiden radikaaliutta.

- 2) Tehokkuusstrategiassa keskeisenä tavoitteena on resurssien tuottavuuden kasvattaminen. Puhutaan ns. ”factor x” -vaihtoehdoista ja painotetaan tuotantoprosessien dematerialisointia. Innovaatioiden suhteen tämä strategia painottaa tuotteiden ja prosessien kehittämistä enemmänkin kuin tavoitteiden uudelleenmuotoilua. Innovaatiot ovat luonteeltaan asteittaisia.
- 3) Yhdenmukaisuuden strategia painottaa määrällisen kasvun asioiden sijasta sekä materiaalien että kulutusmallien kehittämistä. Kun sekä riittävyysstrategia että tehokkuusstrategia vaativat materiaalien käytön vähentämistä, yhdenmukaisuusstrategia tähtää materiaalivirtojen laadun muutokseen. Perustavaa laatua olevien innovaatioiden tavoitteena on korvata nykyiset materiaalivirrat ekologisesti haitattomilla materiaalivirroilla.

Kaikissa näissä malleissa kestävä kehitys nähdään kuitenkin innovaatioprosessina. Prosessin eteneminen riippuu toimijoista (Gerlach 2000). Innovaatioprosessin esteet liittyvät toimijoihin, joilta puuttuu halukkuus tai kapasiteetti tehdä innovaatioita. Edistäminen voi puolestaan nojautua vaikutusvaltaan tai asiantuntemukseen, mutta tärkeitä ryhmiä ovat myös koordinaattorit, jotka edistävät innovaatioita viestinnän, koordinoinnin ja motivoinnin avulla organisaatioiden sisällä. Organisaatioiden välillä innovaatiotoimintaa voivat lisäksi edistää verkostojat. Kun kestävä kehitys nähdään innovaatioprosessina, samalla yhteistyön merkitys on tärkeä. Organisaatioiden sisällä innovaatioiden keskeisenä edellytyksenä on teknologinen osaaminen, mutta vaikutusvaltaisten ja prosessia hallitsevien edistäjien yhteistyö saattaa myös olla kriittinen tekijä. Eri organisaatiot voidaan myös nähdä edistäjäroolien suhteen eri asemassa. Valtionhallinnolliset organisaatiot voivat olla keskeisiä vaikutusvaltaedistäjiä, kun taas yksityiset organisaatiot voivat olla keskeisiä teknologiaedistäjiä. Voittoa tavoittelemattomien yleishyödyllisten organisaatioiden vaikutus onnistuneeseen innovaatiotoimintaan voi erityisesti liittyä prosessin edistäjän rooliin. Tällöin kestävän kehityksen innovaatioiden edistämässä näiden organisaatioiden toiminnassa tärkeää on verkostoitumisen ja viestinnän edistäminen kestävän kehityksen innovaatioiden hyväksi.

2.3 Moderni, innovatiivinen työympäristö – mitä se on kirjallisuuden pohjalta

2.3.1 Uusien työympäristöjen tavoitteet

Työympäristöjen uudistamisessa tavoitellaan hyötyjä eri tasoilla (kaavio 3). Yhteiskunnan kannalta tavoiteltavia asioita ovat tietoyhteiskunnan ja kestävän yhdyskunnan tavoitteet. Joustavien ja informaatioteknologiaa tehokkaasti hyödyntävien uusien työympäristöratkaisujen avulla voidaan säästää tiloja ja samalla säästää tilojen tekemiseen ja ylläpitämiseen tarvittavia luonnon resursseja. Uusien ratkaisujen avulla voidaan myös

tavoitella työntekijöiden vähempää päivittäistä työmatkaliikkumista ja vastaavasti säästää liikenteen aiheuttamia ympäristökuormituksia. Organisaatioiden tasolla tavoitellaan ehkä yhteiskuntavastuullista toimintamallia, parempaa työn tehokkuutta ja tuottavuutta, yhteistyötä, hyvää vuorovaikutusta organisaation sisällä ja sen perusteella hyvää ympäristöä luovuudelle ja innovaatioille. Organisaation tasolla voidaan myös tavoitella ekotehokkaita ja terveydelle haitattomia kiinteistöjä. Yksilön tasolla työympäristöjen kehittämisessä tavoiteltuja etuja ovat parempi työviihtyvyys, hyvät ja terveelliset työympäristöt ja yksilöllisten valintamahdollisuuksien paraneminen.



Kaavio 3. Työympäristöjen kehittämisen tavoitteita eri tasoilla.

Työympäristöjen vaikutusta organisaatioiden toimintaan on tutkittu paljon. Toimistotilaa voidaan pitää välineenä, jota voidaan käyttää apuna työn tuloksellisuuden parantamiseen ja organisaation tavoitteiden saavuttamiseen (Ilozor ym. 2006). Seuraavassa esitetään lyhyt katsaus tuloksiin jaotellen asia kolmeen lohkoon: vaikutukset vuorovaikutukseen ja tiedonkulkuun, vaikutukset keskittymistä vaativan työn onnistumiseen ja vaikutukset työntekijöiden viihtyvyyteen. Lisäksi käsitellään lyhyesti johdantona vuorovaikutuksen merkitystä luovan ja innovatiivisen toiminnan kannalta muutaman tutkimuksen pohjalta.

2.3.2 Luovuus, innovatiivisuus ja vuorovaikutus

McKenna (2000) määrittelee luovuuden niin, että se on ”human process that admits the avoidance of the obvious and the discovery of new and meaningful perspectives”. Teknisessä tuotekehityksessä luovuus on olennainen edellytys tekniseen ongelmanratkai-

suun. Luova ongelmanratkaisu ei takaa innovatiivisia teknisiä ratkaisuja, mutta toisaalta innovatiivisuus ei ole mahdollista ilman luovuutta.

Sundström (2005) on tutkinut innovatiivisuutta tuotekehityksessä. Tarkoituksena oli identifioida innovatiivisuuteen vaikuttavia tekijöitä. Sundström käyttää väitöskirjassaan määritelmää, jonka mukaan innovatiivisuus on projektiryhmän kykyä saavuttaa uusia ideoita ja ratkaisuja teknisiin ongelmiin ja luoda tekniikoita ratkaisujen toteuttamiseen. Tutkimustulokset osoittavat, että innovatiivisuutta edesauttavat sellaiset projektityön piirteet kuin vähäinen kontrolli, jatkuva tiedonhankinta, vastuun ja mielenkiinnon tunne tehtäviä kohtaan ja jatkuva tehtävien ja ongelmien muotoilu ja määrittely. Lisäksi edullista on projektityön vuorovaikutteisuus ja sitoutuneisuus. Tuotekehityksessä luovuuden täytyy sopeutua koordinoinnin tarpeisiin sekä aika- ja kustannusrajoihin. Luovuudella tarkoitetaan tässä uusien ideoiden luomista ja uusien näkökulmien löytämistä ongelmanratkaisuun. Luovaa ilmapiiriä edistävät haasteet, vapaus, ideoiden tuki, luottamus, dynaamisuus, leikkisyys, keskustelut, ristiriidat, riskien otto ja aika ideoinnille. Yhteistyön ja hyvän tiedonkulun on myös todettu edistävän luovien tiimien toimintaa. Poikkitoiminnalliset tiimit saattavat olla palkitsevia.

Modernin työympäristön yhtenä olennaisimpana piirteenä pidetään sen kykyä tukea vuorovaikutusta ja viestintää. Hyvän vuorovaikutuksen ja viestinnän avulla tieto kulkee nopeasti organisaatiossa: tällöin päätöksiä voidaan tehdä riittävän nopeasti ja mahdollisuuksia voidaan hyödyntää tehokkaasti (Becker 2002). Tutkimustulosten mukaan tiedon jakaminen ja tiedonkulku vaikuttavat innovaatioprosessien onnistumiseen positiivisesti silloin, kun tämä tapahtuu toimintojen välisen koordinoinnin ja työntekijäresurssikäytäntöjen avulla. Sen sijaan tiedon saatavuus yrityksen tietokantojen kautta ei tulosten mukaan vaikuta innovaatioihin (Darroch & McNaughton 2002).

Projektin jäsenten välinen vuorovaikutus sisältää tehtävien käsittelyä, kysymyksiä ja vastauksia, ja se voi olla luonteeltaan muodollista ja epämuodollista. Muodollinen vuorovaikutus sisältää tiedonvaihtoa ja tapahtuu varta vasten järjestetyissä kokouksissa tms. Epämuodollinen vuorovaikutus voi sisältää myös prosessien ja resurssien keskinäistä jakamista. Kumpikin on tärkeää innovatiivisuudelle, mutta on todettu, että erityisen tärkeää on epämuodollinen vuorovaikutus (McKenna 2000). Myös Sundströmin (2005) mukaan vuorovaikutuksen muodolla ja sisällöllä on suuri vaikutus onnistuneeseen tekniseen ongelmanratkaisuun. Edullista on myös se, että ryhmässä on jäseniä, joilla on erilainen tausta, kokemus ja koulutus. Tämä voi tarjota hedelmällisen pohjan kehittämislle ja kriittiselle ideoiden tarkastelulle. Spontaanit vuorovaikutukset ovat ratkaisevassa asemassa. Pienillä ja epämuodollisilla kokouksilla on suuremmat mahdollisuudet tuottaa uusia ja innovatiivisia tulkintoja kuin isoilla ja muodollisilla. Avainhenkilöiden pitää olla helposti ja nopeasti tavoitettavissa. Epämuodolliset ja iteratiiviset prosessit tukevat oppimista. Hyvät palautemekanismit tukevat myös innovatiivisuutta. Johtopäätöksenä

Sundström (2005) toteaa väitöskirjassaan, että sitoutumisen ja interaktiivisuuden pitää kuulua projektiin, jos halutaan edistää innovatiivisuutta. Sosiaalinen ympäristö, joka tukee vuorovaikutusta, on tärkeää innovatiivisuudelle. Tärkeää on, että 1) sosiaalinen ympäristö tukee teknistä ongelmanratkaisua tarjoamalla mahdollisuuksia spontaaniin vuorovaikutukseen projektin jäsenten kesken, 2) sosiaalinen ympäristö tukee iteraatiivista työskentelytapaa; tähän liittyy jatkuva palaute teknisten ratkaisujen ideoista ja ratkaisuksista, 3) tekninen ongelmanratkaisu projektissa tukee oppimista ja luovien ratkaisujen löytämistä.

Keller (2001) on tutkinut poikkitieteellisyyden tai poikkitoiminnallisuuden vaikutusta projektiryhmien tuloksellisuuteen tuotekehityksessä. Tutkimustulosten mukaan funktionaalinen monimuotoisuus voi parantaa tuloksellisuutta vain epäsuorasti erityyppisten toimijoiden erityyppisten ulkoisten verkostojen ja kontaktien avulla. Funktionaalisella monimuotoisuudella sinänsä ei ole todettu olevan vaikutusta tulosten tekniseen laatuun, ja sillä voi olla negatiivinen vaikutus kustannuksiin. Funktionaalinen monimuotoisuus vaikuttaa tulosten mukaan työn aiheuttamaan stressiin sillä perusteella, että ryhmän jäsenet eivät jaa samoja koulutukseen, kokemukseen, kulttuurisiin normeihin ja toiminnallisiin tavoitteisiin liittyviä asioita, mutta joutuvat mahdollisesti aikataulupaineessa työskentelemään yhdessä. Puhutaan sosiaalisen liiman puuttumisesta.

2.3.3 Työympäristöjen perinteiset ja uudet ratkaisut

Perinteisesti toimistojen tilaratkaisuina on käytetty kolmea peruseriaatetta, jotka ovat suljettu toimisto yhden tai kahden hengen työhuoneineen, suljettu toimisto tiimitiloineen tai avoin maisemakonttori, jossa näkösuojaa mahdollisesti tarjoavat kevyet paneelit. Näissä kaikissa yhteisenä piirteenä on kuitenkin se, että kullakin työntekijällä on oma vaihtumaton työtilansa työpöytineen. 1990-luvulla ruvettiin kehittämään joustavia työtilaratkaisuja, joissa työntekijät jakavat erilaisiin toimintoihin tarkoitettut tilat (Voordt 2004). Kokeilujen motiiveina olivat pyrkimykset saavuttaa taloudellisia säästöjä parantamalla tilankäytön tehokkuutta ja toisaalta pyrkimykset tehostaa tiimityöskentelyä, verkostoitumista, vuorovaikutusta ja tiedonkulkua sekä pyrkimykset luoda yritykselle positiivista, moderneihin ratkaisuihin perustuvaa imagoa.

Viestinnän merkityksen kasvaessa työympäristön kyky tukea vuorovaikutusta yksilökeskeisen työskentelyn sijasta tulee tärkeäksi (Becker 2002, Voordt 2004). Sen sijaan työpaikan merkitys paikkana, jossa käytetään sinne konkreettisesti varastoitua informaatiota, vähenee, koska informaatiota voidaan käyttää lähes missä tahansa. Keskeinen syy tuoda ihmiset työskentelemään samaan rakennukseen on sosiaalinen vuorovaikutus, mahdollisuudet tiedonvaihtoon, inspiroiintiin, inspiroitumiseen, ohjauk-

seen ja palautteeseen. Toisaalta osa työstä vaatii syvällistä, yksinäistä keskittymistä. Haasteena on kehittää työympäristöjä, jotka

- tarjoavat mahdollisuudet tehokkuuden ja tuottavuuden edellyttämään hyvään vuorovaikutukseen ja viestintään
- luovat riittävät edellytykset myös häiriöttömälle ja keskittyneelle työlle.

Tämä lähtökohta tunnustetaan yleisesti.

Reunasan ym. (2006) selvityksessä tilaratkaisumallit jaetaan toimistohuoneeseen, avoimistoon ja kombitoimistoon. Kombitoimistossa työntekijöillä on oma huonetilansa, mutta avoimuutta on lisätty huonetoimistoon verrattuna käytäväseinien lasisuudella ja aputilojen sijoittamisella ainakin osittain avotilaan. Lisäksi uutena tyyppinä on monitilaratkaisu, josta voidaan käyttää myös nimitystä kohtaamispaikkaratkaisu. Monitilaratkaisussa työntekijällä ei ole omaa työpöytää tai -huonetta, vaan kukin käyttää tarjolla olevia työpisteitä kulloistenkin tarpeiden mukaan. Duffy (1997) jaottelee toimistojen tilaratkaisuja seuraavasti:

- Hive (ampiaispesä), jossa suuri määrä rutiininomaisia tehtäviä suorittavia työntekijöitä työskentelee avotilassa.
- Cell (huonekonttori), jossa on yksityisyyttä ja keskittymisrauhaa tarjoavia yhden tai kahden hengen työtiloja.
- Den (olohuone) on ryhmätyöhön soveltuva konttorityyppi.
- Club (kerho) on muuten samankaltainen kuin den, mutta se tarjoaa lisäksi mahdollisuudet keskenään erilaisten tehtävien suorittamiseen erillisesti.

Vos ja Voordt (2001) jaottelevat työtilojen suuntaukset seuraavasti:

- solutoimiston ja maisemakonttorin sijasta kombikonttori, johon kuuluu suljettuja työtiloja yhden tai kahden hengen keskittymistä vaativaan työskentelyyn sekä näiden tilojen ympärillä avoin alue ryhmätyöhön, kokouksiin ja yhteiskäytössä oleville varusteille
- joustavat tilat, joissa jaettuja työpisteitä eri työntekijöiden käyttöön, vaihtuvia työpisteitä, jotka eivät ole suunniteltu vain yhden hengen käyttöön, ja toimintokohtaisia työpisteitä, jotka on suunniteltu erilaisten toimintojen tarpeita silmällä pitäen
- houkuttelevasti suunnitellut, ergonomiset ja säädettävät kalusteet
- edistynyt informaatio- ja viestintäteknologia
- edistynyt arkistointitekniikka
- etätyöskentelyn mahdollisuudet kotoa, asiakkaan luota tai matkalta tai osittainen etätyöskentely toimistohotellista tms.

Toimistotilojen uuteen suunnitteluun on liittynyt kolme päätekijää: sijainnin muutos (kehittynyt ICT mahdollistaa työn suorittamisen myös muualla kuin yhteisessä toimis-

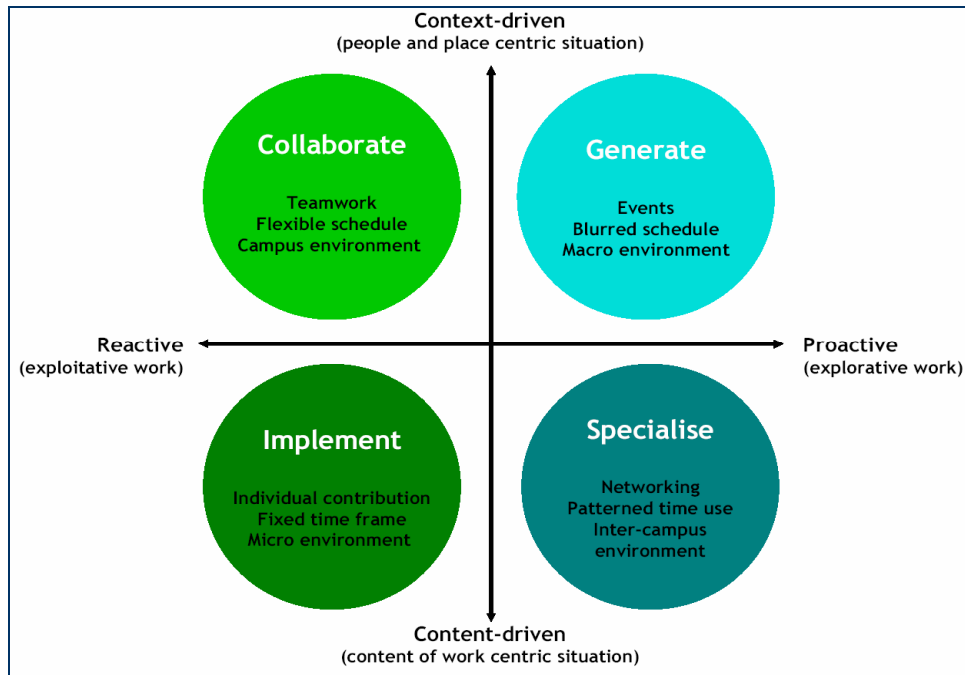
tossa), tilajaon muutos (suljetuista avoimiin rakenteisiin ja niiden yhdistelmiin) ja työpisteiden käyttötavan muutos (henkilökohtaisista jaettuun tai toimintokohtaisiin).

Voordtin (2004) mukaan joustavia toimistotilaratkaisuja pitäisi ruveta edistämään kehittämällä ensin täsmällistä terminologiaa, kehyksiä ja luokituksia organisaatiokohtaisten ratkaisujen tueksi. Sama yksityiskohtainen ratkaisu ei sovi kaikille. Olennaista on, että eri organisaatiot voisivat olemassa olevien kehyksien avulla tehdä omiin erityisiin tarpeisiinsa soveltuvia priorisointeja ja valintoja.

Mass Customization in Built Environment (Mass.Be 2005) -tutkimushankkeessa tarkasteltiin mobiilin tietotyöntekijän tarpeita. Mobiilin tietotyön tilanteisiin liittyy kolme päänäkökulmaa, jotka ovat työn tekemisen ajanhallinta, työtavan hallinta ja toimintaympäristöjen hallinta. Hankkeessa mobiilin työn käsitettä laajennettiin kuvailemalla se monimuototyöksi (multi-mode work) (kaavio 4). Tutkimuksen mukaan työnkuva on muuttumassa kokonaisvaltaisesti: työn tekeminen ei ole enää sidottu paikkaan, ja työtä tehdään työntekijän näkökulmasta perinteisten hallittujen prosessien sijaan jatkuvana virtana yksittäisiä, eri projekteihin liittyviä tilanteita. Mass.Be-tutkimus osoittaa, että työn tekeminen on levittäytymässä yksilön koko arkielämän osaksi: työ, vapaa-aika, sosiaalinen elämä ja kaupallisten palveluiden käyttö vuorottelevat sekoittuneena. Tutkimuksessa etsittiin keinoja tehostaa organisaation näkökulmasta hajaantuneen työn (distributed work) ja yksilön näkökulmasta monimuototyön (multi-mode work) tuottavuutta ja tehokkuutta, tukien työntekijän work-life-balanssin säilymistä ja elämänlaadun parantamista.

Työn tyypillisimpien tilanteiden (kaavio 4) määrittelyssä havaittiin, että niissä esiintyvät tarpeet eivät ole sidottuja työntekijän asemaan tai toimenkuvaan yrityksessä, vaan ne ovat luonteeltaan yleisiä. Tutkimuksessa nousi myös esille nykyisten geneeristen toimintaympäristöjen soveltumattomuus osaan nykyisen tietotyön tilanteista. Asiantuntijuutta ja sisällöntuottamista vaativissa tilanteissa nykyisten käytäntöjen ja ympäristöjen tuki on heikointa, kun taas ryhmätyö ja kehittämistyö on parhaiten järjestetty. Asiantuntijuutta ja sisällöntuottamista vaativat tilanteet asettavat erityisiä vaatimuksia kehitettävien käytäntöjen ja ympäristöjen personoitavuudelle ja sopivuudelle työntekijälle.

Yksi tutkimuksen tuloksista on käyttöliittymäkonsepti, joka kuvaa personoitavien palveluiden järjestämistä työntekijän tarpeisiin. Tutkimus osoitti, että työntekijän kannalta esille nousseet haasteet ovat suurelta osin samoja kaikissa mukana olleissa yrityksissä. Työn pilkkoutuminen prosesseista tilanteiksi, tiedonhallinnan haasteet, ajankäyttö ja teknologian puutteellinen mahdollistavuus ovat käyttäjän kannalta olennaisimpia esteitä tehokkaalle työlle. Erityisesti työn pilkkoutuminen hallituista prosesseista erilaisiksi toisiaan seuraaviksi tilanteiksi, eri paikoissa, eri ympäristöissä ja eri ihmisten kanssa, asettaa haasteita työntekijälle.



Kaavio 4. Monimuototyön tyypilliset tilanteet Mass.Be-hankkeen kuvauksen mukaisesti.

2.3.4 Työympäristön kyky tukea vuorovaikutusta ja tiedonkulkua

Heerwagen ym. (2004) ovat tutkineet ns. tietotyöhön liittyviä toimintoja ja arvioineet, miten fyysinen ympäristö vaikuttaa näihin toimintoihin. He käyttävät lähtökohtana Peter Druckerin (1959) vanhaa tietotyön määritelmää, jonka mukaan tietotyö tapahtuu pääasiassa älyllisten prosessien eikä fyysisen työn avulla. Tietotyön tehtäviin kuuluvat suunnittelu, analysointi, tulkitseminen, kehittäminen ja tuotteiden ja palveluiden luominen käyttäen lähtökohtina tietoa ja ideoita. Vaikka tietotyö on kognitiivista, siihen liittyy paljon jokapäiväisiä tehtäviä, kuten tiedon hakemista, kalenterimerkintöjen tekemistä, puhelujen vastaanottamista ja sähköposteihin vastaamista, mikä voi viedä huomattavan osan ajasta (Suchman 2000).

Heerwagen ym. (2004) jakavat vuorovaikutuksen tietotyössä kolmeen luokkaan: tietoisuus, lyhyt vuorovaikutus ja yhteistyö. Ensimmäisessä vuorovaikutuksen asteessa työntekijät ovat tietoisia toisten läsnäolosta ja aikeista, toisessa tapahtuu lyhytkestoista kommunikointia ja kolmannessa yhteistyötä, joka kestää useista minuuteista tunteihin. Tutkimustulosten mukaan tietoisuus vuorovaikutuksen muotona on tuloksellisuuden kannalta hyödyllistä erityisesti töissä, joissa tarve jakaa uusi informaatio välittömästi ja saada välitöntä palautetta on suuri ja joissa työn koordinointi vaatii kaiken tekemisen läpinäkyvyyttä kaikille. Tila edistää tietoisuutta, kun siinä on hyvä näkö- ja kuuloyhteys ympäröiviin paikkoihin ja kun työntekijät sijoittuvat lähelle toisiaan. Keskeisiä saavutettavia etuja ovat parantunut koordinaatio, nopea informaation jakaminen, mah-

dollisesti nopea oppiminen ja mahdollisuudet saada vastauksia ja apua välittömästi. Keskeisiä haittoja ovat yksityisyyden ja luottamuksellisuuden puute, puheen aiheuttama häiriö ja keskeytykset.

Organisaatioilla on käytössään sekä eksplisiittistä dokumentoitua tietoa että ns. hiljaista tietoa. Hiljainen tieto karttuu tekemisen, kokeilun ja syvenevän asiantuntemuksen myötä ja suodattuu omistajansa näkökulmien, uskomusten ja arvojen kautta. Hiljainen tieto voi olla hyvin tarpeellista uusien asioiden kehittämisessä, mutta se välittyy vain yhteistyön ja vuorovaikutuksen avulla. Nenosen (2004) mukaan työympäristöt yleensä tukevat hyvin eksplisiittisen tiedon jakamista, mutta ongelmia on usein hiljaisen tiedon jakamisessa. Beckerin (2002) tutkimustulosten mukaan visuaalisesti avoin tila kuitenkin tukee hiljaisen tiedon leviämistä. Yleisesti työskentely tiimitiloissa auttaa nuoria työntekijöitä oppimaan asiantuntijoilta nopeammin kuin erillisissä tiloissa työskentely, jossa tapaamiset ja välitön vuorovaikutus toteutuvat vain kokouksissa.

Tutkimustulosten mukaan tuloksellisuus hyötyy toistuvista lyhyistä vuorovaikutuksista ja niiden helppoudesta työntekijöiden välillä, kun työn suorittaminen vaatii suurta koordinaatiota, tehtävien kulku ei ole kaavamaisista vaan dynaamisista, työhön liittyy aikataulupaineita ja innovaatiotarpeita ja uusi informaatio pitää jakaa nopeasti (Heerwagen ym. 2004). Tila tukee lyhyitä vuorovaikutuksia, kun siinä on hyvät näköyhteydet, työtilat ovat pääkulkureittien varrella, työtiloihin on helppo pääsy monesta paikasta, liikkumisväylät ennemmin kanavoivat kulkemista kuin hajauttavat sitä, työntekijät sijaitsevat lähellä toisiaan ja käytävillä ja muualla on luontevia tapaamispaikkoja. Saavutettavia etuja ovat nopeampi oppiminen, tehokas vuorovaikutus, eri yksiköiden suurempi vuorovaikutus, ryhmäpäästösten tekemisen ja avun saamisen helpottuminen, parempi tieto muiden osaamisesta, toveruus ja läheiset työsuhteet. Keskeisiä haittoja voivat olla lähellä puhuvien aiheuttama häiriö, apua tarvitsevien aiheuttamat keskeytykset, lisääntynyt tarve tehdä ylitöitä yksilöllisen työajan vähentyessä ja potentiaalisesti lisääntyvä stressi.

Olsonin (2002) laajaan aineistoon perustuvien tulosten mukaan lähes 90 % vastaajista piti epämuodollista vuorovaikutusta tärkeänä oppimisen apuvälineenä, kun taas vain noin 25 % vastaajista piti koulutuksia, aikataulutettuja kokouksia tms. tärkeänä oppimisen apuna. Vuorovaikutus on kuitenkin hyödyllistä vain, kun ko. työntekijä on itse siinä osallisena. Olson torjuu käsityksen, jonka mukaan sivullinen voi viereisestä keskustelusta poimia itselleen hyödyllistä informaatiota. Vain hyvin harvat ihmiset pystyvät oppimaan sivussa tapahtuvasta keskustelusta. Tämä havainto on Olsonin mukaan yhtäpitävä hyvin erilaisissakin työpaikoissa. Olson korostaa sitä, että toimistotilojen kehittämisen yhtenä merkittävänä haasteena on parantaa tilojen akustisia olosuhteita ja yksilötyöskentelyä ja samalla tukea mahdollisuuksia vuorovaikutukseen.

Tarpeena on kehittää ratkaisuja, jotka tarjoavat hyvää akustista yksityisyyttä sekä yksilötyöskentelyyn että keskusteluihin.

Tutkimustulosten mukaan vuorovaikutuksen luonne ja tiheys on tiimitiloihin jaetussa toimistossa edullisempi kuin sekä suljetuissa toimistoissa että paneelein jaetussa maisemakonttorissa (Becker 2002). Haastattelututkimusten tulosten pohjalta on päätelty, että suljetuissa toimistoissa vuorovaikutus kärsii spontaaniuden puutteesta, muodollisuudesta ja hitaudesta. Paneelein jaetuissa maisemakonttoreissa vallitsee puolestaan näennäinen yksityisyys. Paneeleilla toisaalta estetään spontaania ja hienovireistä vuorovaikutusta, mutta toisaalta paneelit eivät suojaa häiritseviltä tekijöiltä. Avoimissa tiimitiloissa vuoropuheluun on tarvittaessa helppo liittyä: koko tilan visuaalinen hallinta palvelee vuorovaikutusta, luottamusta ja vähentää ei-toivottuja häiriöitä. Beckerin (2002) mukaan tulokset osoittavat, että helppo tiedonvaihto koetaan työn tuottavuuden kannalta merkitykselliseksi hyvin monenlaisissa toimistotöissä. Tulokset osoittavat myös, että neuvoa kysytään helpommin kollegalta tai ystävältä kuin haetaan muista tietolähteistä. Myös tehokkaan johtamisen kannalta voi olla edullista, että tila tukee helppoa lähestymistä, ohjeistusta ja palautteen antoa.

Yhteistyötä tukevien tilojen tarvittavat piirteet riippuvat työn luonteesta. Erityisesti vaikuttavia tekijöitä ovat ainakin vuorovaikutuksen aste, tehtävien tiedollinen monimutkaisuus ja tehtävien itsenäisyys tai riippuvuus. Työn luonteen lisäksi asiaan vaikuttavat kuitenkin myös sellaiset organisatoriset asiat kuten päätöksentekorakenne, käyttäytymisnormit ja palkitsemistavat. Mitä enemmän korostetaan ja palkitaan yksilösuorituksia, sitä vähemmän tarpeelliseksi koetaan vuorovaikutteisuutta tukevat tilarakenteet (Heerwagen ym. 2004).

Toimistotilan rakenne vaikuttaa päätöksentekonopeuteen, koska siihen puolestaan vaikuttaa informaation kulun ja palautteen saamisen nopeus. Beckerin (2002) mukaan työskentely avoimessa tiimitilassa vahvistaa kommunikointia, nopeuttaa ongelmien ratkaisua ja päätösten tekemistä verrattuna käytäntöihin, joissa asiat ja ongelmat käsitellään kokouksissa. Asiaan vaikuttaa paitsi tilan rakenne suoraan myös tilarakenteen välillinen vaikutus työntekijöiden tuttuuteen toisilleen. Kommunikointi ja ongelmien selvittely vievät vähemmän aikaa tuttujen kuin toisilleen vieraampien kollegoiden kesken. Suljetuissa toimistotilaratkaisuissa keskustelu, tulosten tarkastelu ja palautteen antaminen vaativat kokousten ja tapaamisten järjestelyä.

Taulukossa 1 vertaillaan erilaisten yhteistoimintaan tarkoitettujen tilojen hyötyjä ja haittoja (Heerwagen ym. 2004). Vastakohtana näille tiloille vertailussa ovat perinteiset toimistotilat erillisine yksilöhuoneineen tai kevyillä paneeleilla jaetut maisemakonttorit.

Taulukko 1. Yhteistoimintaan tarkoitettujen tilojen hyötyjä ja haittoja.

Työtilarakenne ja tyypilliset työolosuhteet	Yhteistyöhön vaikuttavat piirteet	Keskeiset edut	Haitat
Avoin yhteistila	Ryhmän työntekijöiden työasemat on ryhmitelty yhteen niin, että välissä ei ole erottavia seiniä tai seinämiä, mutta ryhmä voi olla seinämin erotettu muista	Helppo kommunikointi ja hyvät mahdollisuudet ymmärtää toisten käyttäytymistä, halua keskittyä tms. erilaisista signaaleista.	Yksityisyyden puute ja häiriöt keskittymistä vaativaan työhön
Epäviralliset kokoontumispaikat	Yksilötyötilat Yksilötilojen läheisyydessä on tilat, kalusteet ja varusteet, joita voi käyttää kokoontumisiin	Mahdollisuudet kokoontua nopeasti ja spontaanisti Mahdollisuudet vetää tapaamisiin mukaan tarvittaessa lisää osanottajia Tilan muunneltavuus (mahdollisesti)	Lähellä työskentelevät voivat häiriintyä melusta Todellinen hyöty riippuu siitä, onko lähellä työskentelevillä yhteisiä projekteja, jotka oikeasti tarvitsevat spontaaneja yhteydenpitoja
Liikkuva toimisto, jossa ei ole yksilöiden omia työasemia	Tiloissa on erilaisia työasemia: avoimia ja suljettuja yksilö- ja ryhmätyöskentelyn tiloja	Tehokas tilankäyttö Mahdollisuudet työskennellä kulloiseenkin tehtävään ja tilanteeseen soveltuvassa tilassa	Vaikeus löytää ihmisiä, jos tilat ovat suuret Hankaluus säilyttää papereja ja muuta tavaraa Käytettävissä olevan tekniikan täytyy riittävästi tukea liikkuvuutta, tai muuten sen puute vaikeuttaa työtä Voi vaikeuttaa keskittymistä vaativia työsuorituksia, vähentää yksityisyyttä Voi johtaa ulkopuolisen verkostoitumisen heikkenemiseen
Radikaali yhteistyötila	Suljettu tila, jossa iso ryhmätyöpöytä Yksilölliset tietokonepaikat työntekijöille Ryhmä tekee työtä koko ajan samassa paikassa Tarjolla erilliset, väliaikaiseen yksilötyöskentelyyn tarkoitetut yksilötilat	Kaikkien tiimin jäsenten helppo tavoitettavuus Helppous koordinoida ja seurata tiimin ja sen jäsenten työn edistymistä Helppous käsitellä välittömästi ongelmia, esittää kysymyksiä ja saada vastauksia	Voi häiritä työsuorituksia, jotka vaativat keskittymistä Vähentynyt yksityisyys Voi johtaa ulkopuolisen verkostoitumisen heikkenemiseen
Täydellinen yhteistyötila	Muilta suljettu yhteistila, jossa hyvä näkyvyys ja kuuluvuus Tekniset varusteet varmistavat asioiden yhteisen käsittelyn ja tulosten esittämisen	Kaikkien tiimin jäsenten helppo tavoitettavuus Koordinoinnin helppous Informaation käsittelyn ja jakamisen helppous	Vaatii kouluttautumista työtyyleissä ja -tavoissa, jotta tilan mahdollisuudet saadaan hyötykäyttöön Voi olla rasittavaa jatkuvan informaatiovirran vuoksi Soveltuu vain joihinkin työtyyppeihin

Työympäristöjen kyky tukea keskittymistä vaativaa työtä

Olson (2002) on tutkinut laajan aineiston perusteella, miten USA:ssa toteutetut toimistojen suunnitteluratkaisut ovat vaikuttaneet työntekijöiden yksilö- ja ryhmätyön suoritukseen ja työtyytyväisyyteen. Laajaan kyselyaineistoon pohjautuvan analyysin perusteella tilaratkaisuilla on hyvin merkittävä vaikutus sekä työsuoritukseen että työtyytyväisyyteen. Tulosten mukaan kaikkein merkittävimpiä tilaratkaisun tekijöitä ovat, että 1) tilaratkaisu tukee mahdollisuuksia häiriöttömään yksilötyöhön ja toisaalta 2) tukee työntekijöiden spontaania, tiheästi toistuvaa ja epämuodollista vuorovaikutusta. Tulosten mukaan myös tiimityöhön orientoituneissa organisaatioissa suurin osa työstä kuitenkin suoritetaan yksin työskennellen.

Vaikka avoin toimistotilarakenne on tutkimustulosten nojalla osoitettu tehokkaaksi nimenomaan sen mahdollistaman helpon vuorovaikutuksen ja viestinnän kannalta, sen huonoihin puoliin kuuluvat yksilöllistä keskittymistä vaikeuttavat häiriöt. Becker (2002) ehdottaa ratkaisuksi tilojen jakamista vyöhykkeisiin. Becker suosittelee ensinnäkin, että yhteisiin tiloihin sijoitetaan vain toimintoja, jotka todella liittyvät toisiinsa ja ratkaisevasti hyötyvät jatkuvasta vuorovaikutuksesta. Kun toiminnot ovat liian kaukana toisistaan, yhteisen tilan haitat kasvavat hyötyjä selvästi suuremmiksi. Lisäksi Becker suosittelee, että sellaisissakin tilaratkaisuissa, joissa tiimit työskentelevät yhteistiloissa, yksilölliseen työskentelyyn pitäisi tarjota ajoittaisia mahdollisuuksia. Pitäisi olla tiloja, jonne voi siirtyä tietokoneen kanssa suorittamaan keskittymistä vaativia tehtäviä, tai mahdollisuuksia tehdä osa häiriöttömää keskittymistä vaativista tehtävistä esimerkiksi kotona.

Olson (2002) on analysoinut, minkälaisia tehtäviä työntekijät tekevät toisaalta omissa työpisteissään, toisaalta muualla työtiloissa. Omissa työpisteissään työntekijät tekevät ja toteuttavat

- tietokone- ja muuta hiljaista työtä
- puhelinkeskusteluja
- tapaamisia.

Muissa työtiloissa työntekijät tekevät ja toteuttavat

- aikataulutettuja kokouksia
- epämuodollisia vuorovaikutteisia tapaamisia
- työtaukoja
- toimistoaskareita (kopioiden ottamista ym.) ja laboratoriotöitä
- muuta.

Olsonin hyvin laajaan tutkimusaineistoon pohjautuvien tulosten mukaan johtajat, asian-
tuntijat, tekninen henkilökunta ja hallinnolliset ihmiset tekevät tietokone- ja muuta hil-

jaista yksilötyötä noin 50–60 % työajasta, puhuvat puhelimessa noin 10–20 % työajasta, ovat kokouksissa noin 5–10 % työajasta, tapaavat ja ovat epämuodollisessa vuorovaikutuksessa noin 10–20 % työajasta. Myös hyvin tiimityöskentelyyn orientoituneissa organisaatioissa työntekijät edelleen työskentelevät pääosan työajasta omissa työpisteissään. Tutkituista ryhmistä johtajat tekevät vähiten hiljaista yksilötyöskentelyä. Hiljaista yksilötyöskentelyä toimistoissa häiritsee eniten melu ja erityisesti muiden keskustelusta aiheutuva melu. Häiriön aste riippuu työntekijän työolosuhteista siten, että muiden keskustelun kokee työntekoa työpäivän aikana usein häiritseväksi 65 % maisemakonttoreissa työskentelevistä, 52 % niistä, jotka työskentelevät jaetuissa työhuoneissa, ja 29 % niistä, jotka työskentelevät omissa työhuoneissaan. Olsonin mukaan tarve akustisesti parempiin työtiloihin koskee näin kaikenlaisia toimistotiloja.

Heerwagen ym. (2004) määrittelevät yhteistyön toiminnaksi, johon kuuluu sekä vuorovaikutusta että yksilöllistä keskittynyttä työtä. Ollakseen tehokkaita tiimin jäsenillä täytyy olla aikaa, tilaa ja työvälineitä tehdä myös yksin suoritettavaa työtä, kuten lukemista, ajattelua, tiedon etsintää ja johtopäätösten tekoa. Vaikka osa tästä työstä on mahdollista tehdä keskellä muita toimintoja ja jonkinasteista melua, ajattelu ja lyhytkestoisen muistin jatkuva käyttö kärsivät häiriöistä ja keskeytyksistä (esim. Banbury ym. 2001). Yksilötyöskentely, joka vaatii hiljaisuutta ja luottamuksellisuutta, hyötyy tietyistä ympäristö- ja tilaolosuhteista. Keskeisiä asioita ovat sulkeutuminen, etäisyys häiritsevästä melusta ja kokoontumisalueista. Toimistoissa, jotka on suunniteltu käytettäväksi pääasiassa yhteistiloina, voi olla erityisiä pieniä huoneita keskittymistä vaativaa työtä varten. Tutkimustulosten mukaan nämä eivät aina ole olleet onnistuneita ratkaisuja. Puutteina on ollut esimerkiksi huono äänieristys tai heikot IC-tekniset valmiudet, mikä vaikeuttaa siirtymistä maisemakonttorista yksilötiloihin. Tilaolosuhteiden lisäksi on tutkittu myös sisäilmaston vaikutusta keskittymiskykyyn. Erityisesti sisäilman laadulla ja mahdollisuudella säätää sitä on todettu olevan merkittävä vaikutus yksilökeskittymistä vaativan työn tehokkuuteen. Lisäksi on todettu, että näkymä ikkunasta ulos, erityisesti luonnonmaisemaan, vaikuttaa kognitiivisiin toimintoihin. Tutkimustulosten mukaan myös mahdollisuus säilyttää paperidokumentteja vaikuttaa keskittymistä vaativan yksilötyön tehokkuuteen.

Akustinen laatu on Olsonin (2002) tulosten mukaan merkittävästi tärkeämpää kuin työpisteen koko. Työpisteen koolla on kohtalaisen vähän merkitystä siihen, miten työpiste tukee keskittymistä vaativan yksilötyön suoritusta. Koolla on merkitystä työtyytyväisyyteen, mutta ei niinkään työn suoritukseen. Sen sijaan akustisella yksityisyydellä on merkitystä sekä tyytyväisyyteen että työn suoritukseen (tuloksellisuus, tiimityön laatu, vuorovaikutuksen hyödyllisyys tiedonkulun ja oppimisen kannalta, keskittyminen, häiriöttömyys, fyysinen viihtyisyys). Olson painottaa sitä, että kun arvioidaan työtilojen vaikutusta talouteen, pitäisi ottaa huomioon sekä suorat että välillisesti työn tuloksellisuuden kautta vaikuttavat vaikutukset.

Yhteenvetona yksilötyön tehokkuuteen vaikuttavista tekijöistä Heerwagen ym. (2004) toteavat seuraavaa (taulukko 2):

Taulukko 2. Yksilötyön tehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä.

	Asiaa tukevat piirteet	Aiheutuvat hyödyt	Aiheutuvat haitat
Luottamuksellisuus Aikataulupaineet Monimutkainen ajattelua vaativa työ Yksilöllisesti suoritettavat tehtävät (ajattelu, kirjoittaminen, lukeminen, johtopäätösten teko asian muille esittelyä varten)	Sulkeutuminen (seinät ja ovet) Etäisyys melulähteistä Korkeat seinämät työtilojen välissä Ympäristöolosuhteiden säätömahdollisuus	Tehtävän suorittamisen ajallinen tehokkuus Henkisen työn parempi suoritus Parempi kyky keskittyä ja säilyttää ajattelun virta Vähentynyt stressi	Vähentynyt tietoisuus ympäristöstä Vähentynyt potentiaali vuorovaikutukseen

Yksilötyöskentelyä parantavia olosuhdetekijöitä on tutkittu vähän. Syinä voi olla se, että 1) ihmisten käyttäytymistä arvioidaan helpommin heidän asenteiden perusteella kuin ympäristöolosuhteiden pohjalta, 2) palkitsemiskulttuuri voi aiheuttaa sen, että ympäristöolosuhteista ei haluta valittaa. Työntekijät hyötyvät siitä, että he kestävät ”sankarillisesti” huonot työolosuhteet, 3) koska vuorovaikutuksen uskotaan edesauttavat innovatiivisuutta, jolloin pelko yhteistyön esteistä voi aiheuttaa sen, että organisaatio suosii yliviestinnällistä ympäristöä (Heerwagen ym. 2004).

Työympäristöjen vaikutus työtyytyväisyyteen

Työntekijöiden tyytyväisyyden suhteen yleisnäkemyks on, että omat työhuoneet tai vähintään omat työtilat työpöytineen luovat tyytyväisyyttä, mutta niiden puuttumista voidaan kompensoida hyvällä arkkitehti- ja sisustussuunnittelulla ja korkeatasoisilla informaatio- ja viestintäteknologisilla välineillä (Voordt 2004). Tutkimustulosten perusteella avoin toimisto on työn tehokkuuden kannalta sitä parempi, mitä avoimempi se on, kun kriittisinä elementteinä ovat vuorovaikutus ja viestintä. Kuitenkin valtaosa työntekijöistä pitää parempana suljettua solumaista toimistoa yksilötiloineen. Syynä on työn luonteen vaatima tarve häiriöttömään keskittymiseen. Tämän lisäksi syinä voivat olla myös työkuultuuriin ja käyttäytymiseen liittyvät asiat (Becker 2002). Näitä voivat olla esimerkiksi voimakas halu itsemääräämisoikeuteen ja oman ”mukavuusvyöhykkeen” tarve, yksilösuoritusten palkitseminen tiimisuoritusten sijasta, oma huone työntekijän aseman ja arvon symbolina ja työkuultuurit, joissa muiden tekemiä tuloksia hyljeksitään verrattuna omiin tuloksiin. Vosin ja Voordtin (2001) mukaan siirtyminen perinteisistä ratkaisuista uusiin monitilaratkaisuihin herättää alussa tyypillisesti voimakasta vastustusta, mutta kun tilojen käyttöön on totuttu, valituksia on vähän.

Maisemakonttoreiden suhteen suurimmat valitukset koskevat meluisuutta, muita häiriöitä ja ei-toivottuja keskeytyksiä, mikä tekee keskittymisen vaikeaksi. Toivottu vaihtoehto on tyypillisesti suljettu toimisto. Beckerin (2002) tulosten mukaan ei-toivottuja keskeytyksiä ja häiriöitä voidaan kuitenkin vähentää myös tekemällä päinvastaisia muutoksia eli siirtymällä vielä avoimempiin tiloihin. Visuaalinen kontakti ja tilan hallinta edesauttavat kollegoiden työvaiheiden ja ajoittaisten keskittymistarpeiden ymmärtämistä ja vähentävät siten ei-toivottuja häiriöitä.

Veitch ym. (2003) ja Charles ja Veitch (2002) ovat tutkineet työasemien ominaisuuksien vaikutusta työntekijöiden tyytyväisyyteen maisemakonttoreissa. Tutkimuksessa selvitettiin mm. työaseman pinta-alan, seinämien korkeuden ja ikkunoiden vaikutusta työntekijöiden tyytyväisyyteen yksityisyyteen, ilmastointiin ja valaistukseen sekä työntekijöiden yleistyytyväisyyteen. Tulosten mukaan työaseman pinta-ala vaikuttaa merkittävästi tyytyväisyyteen suhteessa yksityisyyteen ja ilmastointiin. Matalat seinämät koettiin paremmiksi kuin korkeat; syynä on mahdollisesti kokonaistilan hallinnan paraneminen ja ikkunoiden näkeminen.

Joustavien tilojen tutkimustulokset ovat osittain samansuuntaisia kuin aikaisemmat tulokset avoimista toimistotilarakenteista. Työntekijöiden tyytymättömyyttä aiheuttavat yksityisyyden puute, mahdollisuuksien puute säädellä sisäilmastoa ja erityisesti puhumisen aiheuttama häiriö. Tyytymättömmimpiä ovat organisaatioiden korkeassa asemassa olevat henkilöt: tehtävien katsotaan erityisesti vaativan yksityisyyttä ja työskentelyrauhaa ja toisaalta tärkeäksi koetaan myös omien työskentelytilojen statusarvo. Voordtin (2004) mukaan seuraavat tekijät ovat tärkeimpiä työn tuottavuuteen vaikuttavia asioita:

- mahdollisuus työskennellä yksilöllisesti tulematta häirityksi
- tilaolosuhteet, jotka tukevat spontaania vuorovaikutusta
- hyvät tilamahdollisuudet kokoontumiselle ja ryhmätyölle
- työtilan fyysinen mukavuus, hyvät ergonomiset olosuhteet, tavaroiden säilytysmahdollisuudet
- tilaolosuhteet, jotka mahdollistavat yhdessä työskentelyn ja satunnaisen keskustelun
- kollegoiden läheisyys
- hyvät rentoutumistilat
- tarvittavan tekniikan saavutettavuus
- hyvä valaistus ja päivänvalo
- lämpötilan ja ilmanlaadun säätömahdollisuudet.

Tarpeet ovat osin keskenään ristiriitaisia, ja toimistotilojen yhdistelmäratkaisuille on pyritty ratkaisemaan sekä maisemakonttoreiden puutteita yksilöllisen työskentelyn ja häiriöiden suhteen että suljettujen toimistotilojen puutteita vuorovaikutusmahdollisuuksien

suhteen. Voordtin (2004) mukaan hyviä tuloksia on saavutettu joissakin tapauksissa. Avoimissa toimistotiloissa häiriötekijöitä ja yksityisyyden puutteita koskevia ongelmia on ratkottu mm. jakamalla tiloja tiimitiloiksi, kehittämällä melua vähentäviä teknisiä ratkaisuja ja tarjoamalla yksityisiä työskentelytiloja ajoittaisiin tarpeisiin, kuten pitkiin luottamuksellisiin puhelinkeskusteluihin. Avoimien tilojen statukseen liittyviä puutteita on onnistuttu korvaamaan tarjoamalla esimerkiksi korkeatasoista tekniikkaa työntekijöiden käyttöön ja panostamalla erityisesti tilojen sisustuksen suunnitteluun. Tilojen yksilöllisyyteen liittyviä puutteita on onnistuttu korvaamaan mahdollistamalla tiimitilojen yksilöllisyys omien huoneiden yksilöllisyyden sijasta.

Vos ja Voordt (2001) ovat kuitenkin raportoineet myös tuloksia, joiden mukaan avoimet työtilat koetaan usein positiivisiksi, koska ne kannustavat kommunikointiin ja niihin liittyy tilan tuntu. Heidän mukaansa vain harvat itse asiassa valittavat yksityisyyden puutteesta avoimissa tiloissa. Myös Leen ja Brandin (2005) tulosten mukaan häiriötekijät vaikuttavat vain vähän itse arvioituun työsuoritukseen. Heidän mukaansa henkilökohtainen mahdollisuus säätää työtilan olosuhteita ja helppo pääsy kokoustiloihin lisäävät työtyytyväisyyttä.

Olson (2002) on arvioinut hyvin laajan aineiston pohjalta työympäristön tekijöiden vaikutusta työtyytyväisyyteen, yksilötyön suoritukseen ja tiimityön suoritukseen. Tuloksen mukaan työympäristön vaikutus työtyytyväisyyteen on 25 %, yksilötyön suoritukseen 5 % ja tiimityön suoritukseen 11 %, kun muut vaikuttavat tekijät ovat teknologia, palkkaus ja kannustimet, etenemismahdollisuudet, osaamisen ja tehtävien oikea vastavuus, johtaminen, tasapaino työn ja vapaa-ajan välillä ja muut tekijät. Huomattavaa on, että työtyytyväisyys puolestaan vaikuttaa siihen, miten hyvät mahdollisuudet organisaatiolla on pitää hyvät työntekijänsä ja saada uusia työntekijöitä. Aineisto on koottu eri asiakkaiden tila-analyysistä koskevissa hankkeissa. Asiakkaat edustavat erilaisia tilojen käyttäjiä: teknologiaa, tuotevalmistusta, rahoituspalveluja ja valtion organisaatioita.

Olson (2002) on analysoinut eri laatutekijöiden keskinäistä merkittävyyttä. Laatutekijät ovat tärkeysjärjestyksessä seuraavat:

- mahdollisuus häiriöttömään yksilötyöskentelyyn
- mahdollisuudet improvisoituun, spontaaniin vuorovaikutukseen sekä itse työtilassa (kohdassa, jossa nimenomaisesti työskennellään) että muualla
- mahdollisuudet kokousten pitämiseen ja häiriöttömään ryhmätyöskentelyyn
- työtilojen viihtyisyys, ergonomia ja mahdollisuudet työvälineiden säilyttämiseen
- mahdollisuudet rinnan työskentelyyn ja satunnaisiin mielipiteen vaihtoihin
- kollegoiden lähisijainti tai helppo saavutettavuus
- hyvät taukotilat
- pääsy tarvittavaan teknologiaan
- valaistuksen laatu ja päivänvalo
- lämpötilan säätö ja ilmanlaatu.

Haynes ja Price (2004) tutkivat eri tekijöiden tärkeysjärjestystä työn tuottavuuteen työntekijöiden omien arvioiden pohjalta. Merkityksellisimpiä olivat häiriötekijöiden esiintyminen, sisäolosuhteet, työtilojen rakenne, vuorovaikutus, joustavat tilat ja tilojen viihtyisyys.

Tutkimustulosten perusteella näyttää siltä, että tietotyön kannalta tavoiteltavan tilaratkaisun tulee sisältää samoissa, lähellä toisiaan olevissa tiloissa

- erityisesti häiritsevältä melulta suojattua tilaa, joka varmistaa mahdollisuudet häiriöttömään keskittymistä vaativaan yksilötyöskentelyyn
- tiloja, jotka mahdollistavat työntekijöiden vuorovaikutuksen.

Jälkimmäisten tilojen täytyy tehdä mahdolliseksi usein toistuva, improvisoitu ja epämuodollinen vuorovaikutus, jota voivat olla erilaiset keskustelut, pidemmät pohdinnat tai lyhyet kysymykset ja vastaukset. Koska vuorovaikutustiloilta vaaditaan sitä, että ne mahdollistavat spontaanin ja tiheästi toistuvan vuorovaikutuksen, sekä yksilösuorituksen tilojen että yhteistyötilojen pitäisi sijaita lähellä toisiaan. On toisaalta todettu, että halukkuus lähteä kasvokkain tapahtuvaan keskustelutilanteeseen vähenee ratkaisevasti, kun etäisyys on vähänkään merkittävämpi.

3. Digitalo-ratkaisun ideointi ja käyttäjätarpeiden määrittely

3.1 Käyttäjien haluttu toimintatapa

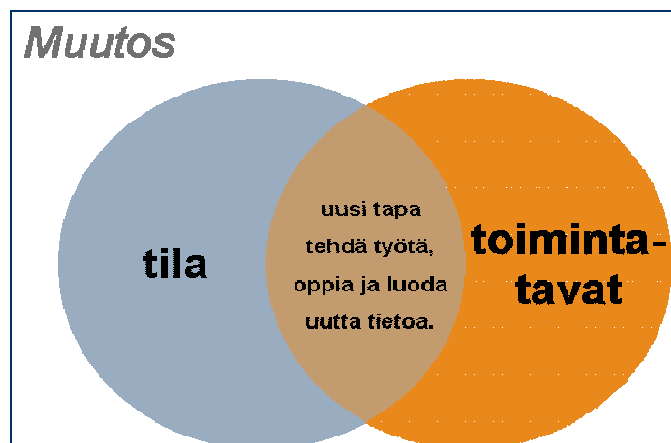
Yksi merkittävä Digitalon suunnittelun lähtökohta oli ottaa huomioon VTT:n uudet strategiset tavoitteet (VTT 2006) ja tukea niiden mukaista toimintaa ja muutosta toimintatavoissa tilaratkaisuilla. Uusi strategia on laadittu vuoteen 2011 asti, jolloin VTT:tä voidaan luonnehtia ”teknologiaintensiiviseksi innovaatio-organisaatioksi”. Keskeinen toimintatavallinen tavoite on vuorovaikutuksen lisääminen ja sitä kautta innovatiivisten ratkaisujen syntyminen erilaisia osaamisia yhdistelemällä. Vuorovaikutuksen lisääminen mahdollistaa tiedonkulun paranemisen ja erityisesti käsitteellistämättömän eli ns. hiljaisen tiedon siirtymisen. Tutkimus- ja kehitystoiminnolta haluttua toimintatapaa voidaan kuvata neljällä osa-alueella, jotka esitetään kaaviossa 5. Toiminnan tehostamisessa tietoteknisten työkalujen käytön lisäämisellä on merkittävä rooli.



Kaavio 5. VTT:n tutkimus- ja kehitystyön vahvuudet (VTT 2006).

3.2 Yhteenveto EVATA-selvityksestä

VTT Digitalon toiminnallisten tavoitteiden täsmentämiseksi Evata Finland Oy teki hankkeelle toimitilojen muutosprosessi (Workplace Transformation) -selvityksen (EVATA 2002) VTT:n tietotekniikkahenkilöstön piirissä (kaavio 6). Selvitykset osoittavat, minkälaisia uusia työympäristöratkaisuja VTT Digitalo -hankkeen suhteen etsittiin ja minkälaisiin käyttäjätarpeiden arviointeihin nämä tavoitteet perustuivat. Seuraavassa esitetään tiivistelmä EVATA-selvityksen tuloksista.



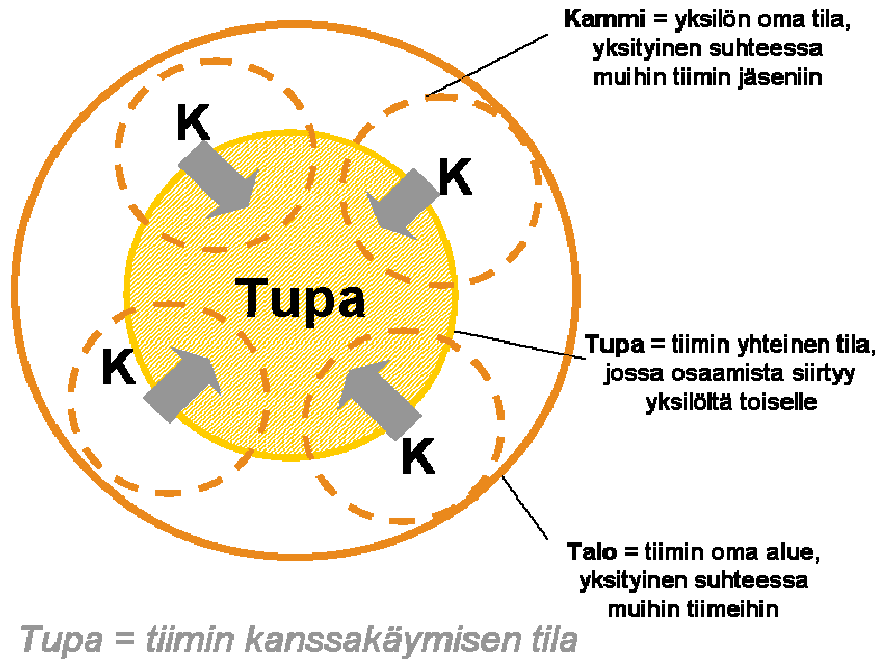
Kaavio 6. Tilat ja toimintatavat VTT:n muutosprosessissa.

Työn luonteesta, vuorovaikutus- ja muista tarpeista vastaajat esittivät EVATA-tutkimuksessa seuraavaa:

- Vastaajien mielestä toimivimmat tavat kehittää ammattitaitoa ovat
 - 1) yhdessä työskentely, työssä ohjaus
 - 2) itseopiskelu.
- Noin 60 % henkilöstöstä on yhteistyötä toimistolla tekeviä, loput 40 % ovat paikallaan puurtavia yksilötyöskentelijöitä.
- Tietoa ajatellaan ensisijaisesti eksplisiittisenä, käsitteellisenä ja koodattuna.
- Oppiminen nähdään käsitteellisen tiedon omaksumisena.
- Eristäytyminen kuuluu osana työnkuvaan.
- Tiedon jakamisen suurimmat esteet liittyvät vuorovaikutuksen vähyyteen ja eristäytyneisyyteen.
- Vuorovaikutuksen positiiviset vaikutukset yhdessä oppimiseen nähdään selvästi.
- Toiminnan tehostamisen kannalta tärkeimpänä asiana pidetään yhteistyön ja tiedonkulun parantamista.
- Vuorovaikutuksen ja tiimityön lisääntyminen nähdään tulevaisuutena.
- Edelläkävijyys, kokeilevuus ja luovuus mielletään tärkeiksi imagotekijöiksi.

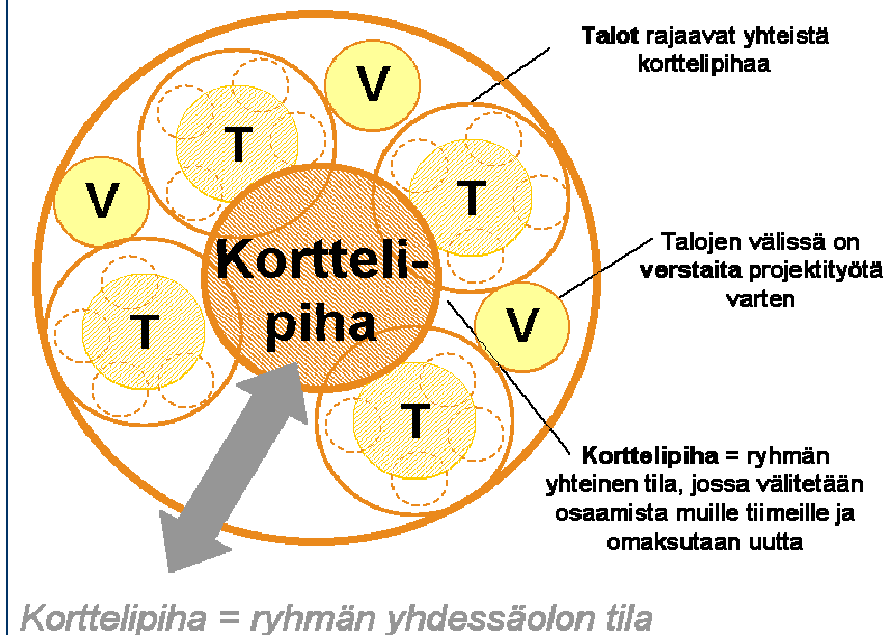
Oppimisen, jakamisen, perehdyttämisen ja omaksumisen suhteen hyviä tilaratkaisuja hahmoteltiin EVATA-selvityksessä seuraavasti (kaaviot 7–10):

Oppiminen



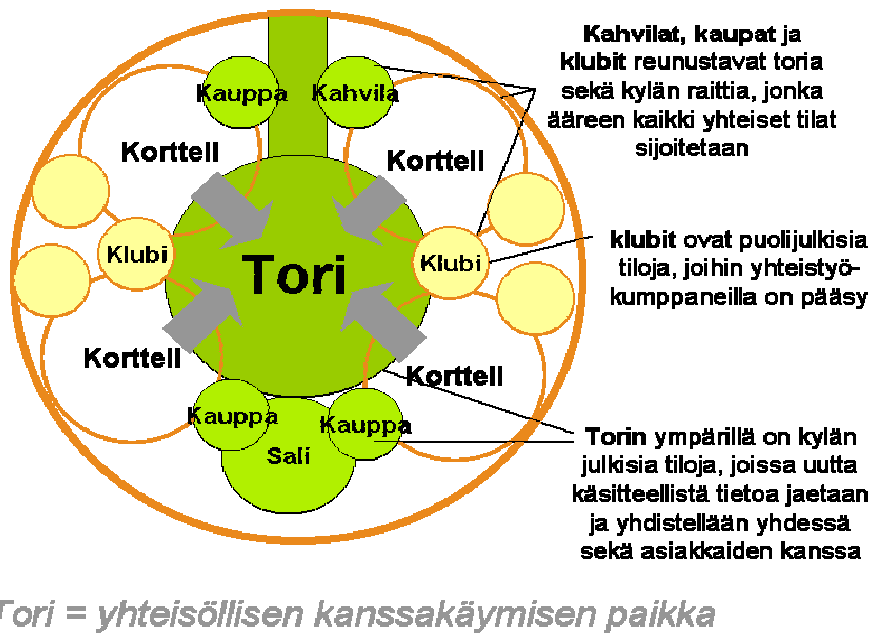
Kaavio 7. Tilaratkaisut ja oppiminen.

Perehdyttäminen



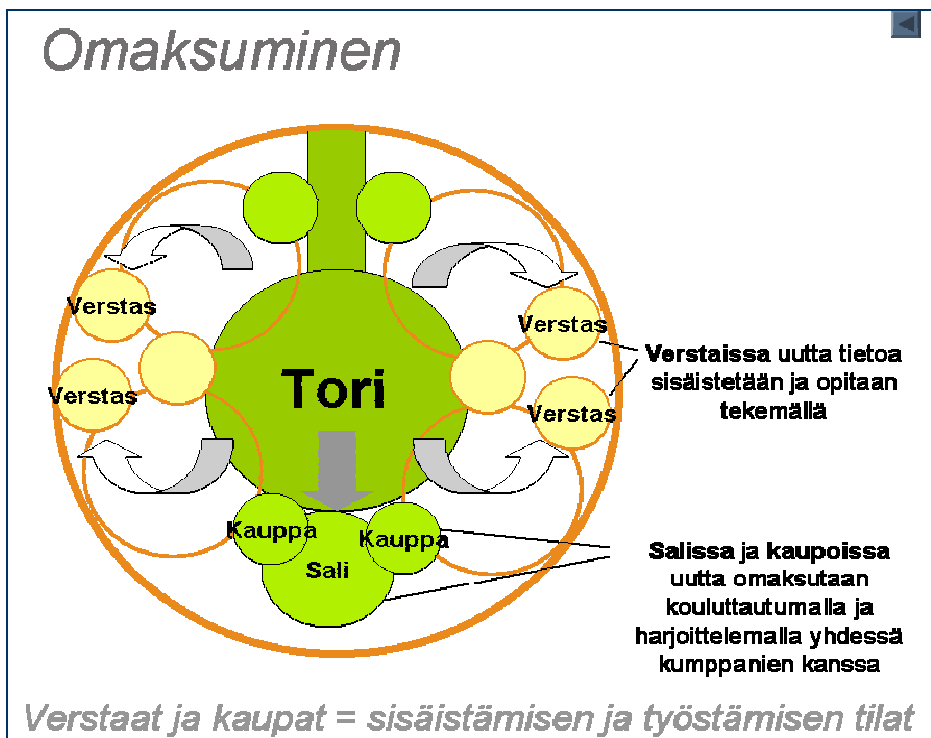
Kaavio 8. Tilaratkaisut ja perehdyttäminen.

Jakaminen



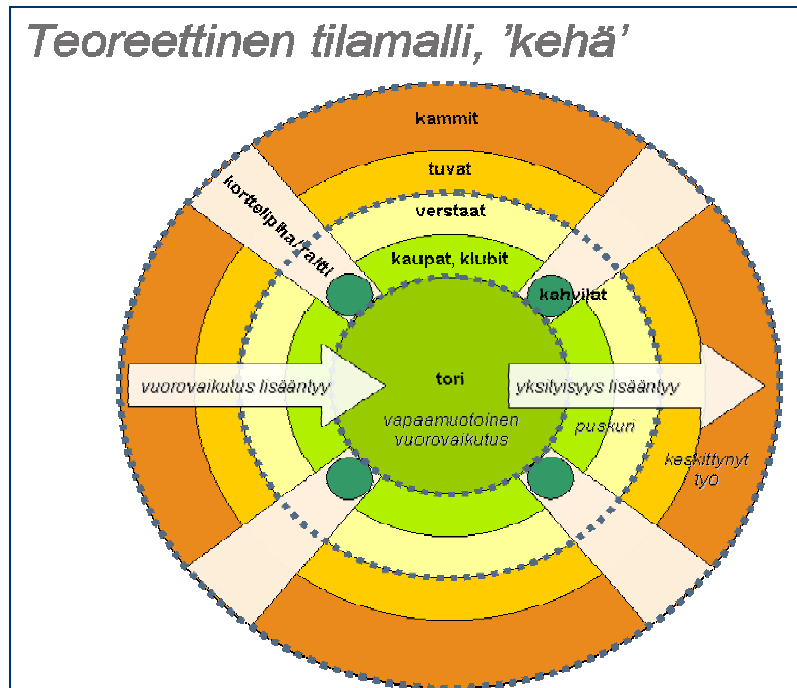
Kaavio 9. Tilaratkaisut ja jakaminen.

Omaksuminen

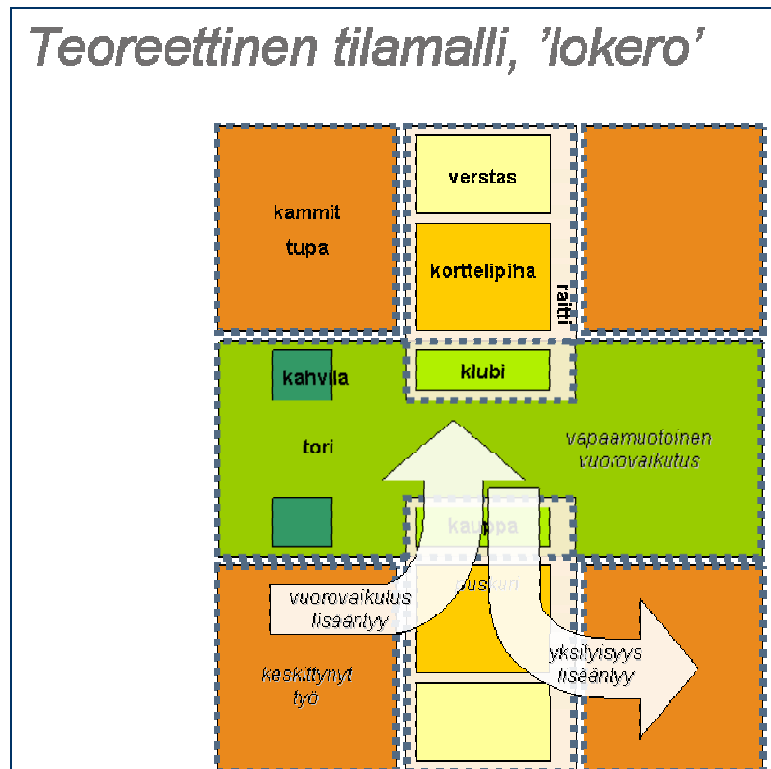


Kaavio 10. Tilaratkaisut ja omaksuminen.

Näiden neljän näkökulman pohjalta teoreettisina tilamalleina esitettiin tilamallit KEHÄ ja LOKERO (kaaviot 11 ja 12):



Kaavio 11. Tilamalli KEHÄ.



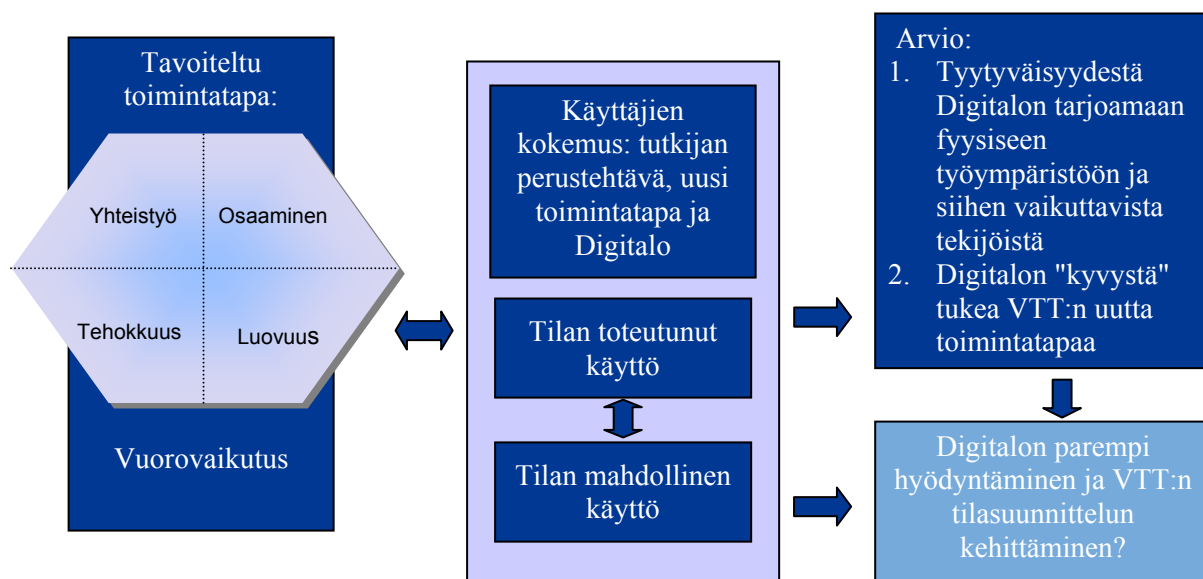
Kaavio 12. Tilamalli LOKERO.

4. Käyttäjätyytyväisyys

4.1 Lähtökohdat

Käyttäjätyytyväisyystutkimuksen avulla selvitettiin käyttäjätyytyväisyyttä kahdessa mielessä. Ensinnäkin selvitettiin sitä, miten käyttäjät käyttävät Digitalon tarjoamia mahdollisuuksia hyväkseen ja kokevat työympäristönsä. Kiinnostuksen kohteena oli käyttäjien tyytyväisyys Digitalon tarjoamiin olosuhteisiin oman työn kannalta yksilöllisestä näkökulmasta. Toiseksi selvitettiin sitä, kuinka hyvin kiinteistön tila- yms. ratkaisut mahdollistavat uuden strategisen toimintamallin mukaiset toiminnot ja tehtävien tekemisen. Tarkoituksena oli siis saada selville, miten tilaratkaisut tukevat käyttäjän strategisen toimintamallin mukaista toimintaa: vuorovaikutusta, yhteistyötä, tehokkuutta sekä vuorovaikutukseen ja tiedonkulkuun perustuvaa oppimista ja luovuutta. Molempien kysymysten tarkastelut perustuvat käyttäjähaastatteluihin. Käytännön syistä tarkasteltava käyttäjäryhmä rajattiin Tutkimus ja kehitys -toiminnon tutkijoihin.

Käyttäjätyytyväisyystutkimuksen lähtökohtana oli EVATA-selvityksessä kuvattu idea siitä, kuinka tilaratkaisut ja haluttu toimintatapa voivat tukea toisiaan (kaavio 11). Käyttäjätyytyväisyystutkimuksen suunnittelu ja toteutus heijastivat myös VTT:ssä kehitettyä perustehtävänälyysiä ja sen sovelluksia erityyppiseen käytännön työelämän haasteiden tutkimukseen ja toimintatapojen ja työvälineiden kehittämiseen (ks. esim. Norros 2004, Norros & Nuutinen 2002). Perustehtävällä tarkoitetaan tietyn työn olennaista sisältöä, josta huolehtimalla voidaan saavuttaa toiminnan tavoitteet. Kuva 1 kiteyttää käyttäjätyytyväisyystutkimuksen lähestymistavan.



Kuva 1. Käyttäjätyytyväisyystutkimuksen lähestymistapa.

Lähtökohtana oli oletus, että henkilön oma työ ja kaiken kaikkiaan käsitys VTT:n tutkijan perustehtävästä vaikuttavat siihen, mitä henkilö odottaa työympäristöltään ja sen tarjoamilta edellytyksiltä, miten hän käyttää niitä hyväkseen ja siten myös hänen tyytyväisyyteensä niihin. Valittu lähestymistapa pyrki myös aktivoimaan käyttäjiä miettimään laajemmin työympäristöään ja työympäristön merkitystä toimintatapojen kehittämisessä ja edistämään Digitalon käyttöä. Tapaustutkimuksena Digitalon käyttäjätyytyväisyystutkimuksen tuloksia voidaan myös hyödyntää, kun mietitään laajemmin VTT:n tilasuunnittelua.

4.2 Menetelmät

Tutkimuksen aineiston muodostivat siis käyttäjähaastattelut. Haastateltavat valittiin harkinnanvaraisena näytteenä tutkijoista. Haastatteluihin valittiin mukaan sekä ns. alkuperäisiä, suunniteltuja käyttäjiä että organisaatiouudistuksen myötä vasta loppuvaiheessa muuttosuunnitteluun myötä mukaan tulleita. Haastateltavat olivat myös lähtöisin eri taloista. Osa haastateltavista muutti Digitaloon vanhasta sähkötalosta (Otakaari 7 B), osa Ekono-talosta (Tekniikantie 4) ja osa Innopolista (Tekniikantie 12). Haastateltavat edustivat myös erityyppisiä tutkijatehtäviä, eri organisatorisia tasoja (tutkija, erikoistutkija, tiiminvetäjä, teknologiapäällikkö), eri kokemustasoja ja eri osaamiskeskuksia. Haastateltavien valinnassa otettiin myös huomioon heidän huoneidensa sijainti ja tyyppi. Näin haastateltavat olivat eri nopista ja kerroksista ja erilaisista huoneista (yhden, kahden tai kolmen hengen huoneista). Varsinaisia haastateltavia oli kaikkiaan 8. Heidän lisäksi haastateltiin pääjohtajaa VTT:n uudesta toimintatavasta ja Digitalon onnistuneisuudesta tästä näkökulmasta. Tutkijahaastattelut toteutettiin puolistrukturoituina yksilöhaastatteluina, jotka kestivät 1,5–2 tuntia kukin. Haastattelut toteutettiin syys- ja lokakuussa 2006. Haastateltaville selitettiin haastattelujen tarkoitus ja heiltä pyydettiin myös kirjallisesti hyväksyntä aineiston käyttöön nimettyyn tarkoitukseen. Haastattelut äänitettiin ja äänityksiä käytettiin haastattelun aikana tehtyjen muistiinpanojen tukena analyysissä.

Haastattelujen rakenne suunniteltiin siten, että haastateltavat pyrittiin saamaan pohdimaan tiloja erityisesti siltä kannalta, miten tilat vaikuttavat nimenomaan heidän työskentelyedellytyksiinsä. Lisäksi haastateltavat pyrittiin saamaan pohtimaan laajemmin työympäristön merkitystä halutun toimintatavan tukemiseksi ja Digitalon käyttömahdollisuuksia. Siten haastatteluilla paitsi kerättiin käyttäjäpalautetta myös pyrittiin aktivoimaan uudenlaista tapaa tarkastella, ja ehkä näin myös hyödyntää, työympäristöä (interventio). Tämän tueksi haastatteluissa käytettiin materiaalina Digitalon pohjapiirustusta, VTT:n strategiakalvoja ja EVATA-aineiston ideakuvia. Haastattelukysymykset esitetään liitteessä 1.

Haastattelun rakenne oli seuraava:

- A. Tausta: haastateltavan osallisuus suunnitteluvaiheeseen
- B. Työn luonne: oma työ, VTT:n tutkijan perustehtävä
- C. Talon tarjoamat edellytykset & toteutunut käyttö; pohjapiirustus apuna
- D. Haluttu toimintatapa ja käsitys talon tarjoamasta tuesta; apuna kaaviot 5 ja 6
- E. Suunnittelun ideat ja niiden herättämät ajatukset ja toteutuma Digitalossa; EVATA-aineiston ideakuvat apuna (kaaviot 7–12)
- F. Toimintaympäristön muutos: erot, muutos toimintatavoissa ja kokemuksessa
- G. Lopetus: toiveet tilakysymyksissä ja kysymykset tutkimuksesta.

Näiden yksilöhaastattelujen lisäksi aineistona hyödynnettiin yhtä kahvitauolla toteutettua vapaamuotoista ryhmähaastattelua ja yhdessä tiimissä tiimin jäseniltä kirjallisesti kerättyä palautetta.

4.3 Tulokset

4.3.1 Digitalon tarjoama tuki työlle ja toteutunut käyttö

Ensimmäistä tutkimuskysymystä, eli miten käyttäjät käyttävät *Digitalon tarjoamia mahdollisuuksia hyväkseen ja kokevat työympäristönsä*, lähestyttiin ensinnäkin tarkastelemalla, miten haastateltavat kuvasivat omaa työtään ja VTT:n tutkijan perustehtävää sekä niiden suorittamisen kannalta olennaisimpia tekijöitä. Vastaukset esitetään seuraavassa lyhyesti. Niiden jälkeen tarkastellaan haastateltavien kuvauksia talon ”käytöstään” eli siitä, missä tiloissa he Digitalossa käyvät ja missä tilanteessa. Lopuksi pohditaan, miten haastateltavat kokivat Digitalon tarjoamat mahdollisuudet suhteessa odotuksiinsa työympäristöltään ja mitkä tekijät mahdollisesti selittävät tätä kokemusta.

Haastateltavien **kuvaukset omasta työstään** olivat hyvin samankaltaisia, vaikka heidän varsinaiset substanssialueensa olivatkin erilaisia. Työ on luonteeltaan toimistotyötä, johon kuuluu paljon tietokoneella työskentelyä, esimerkiksi ohjelmointia, kirjoittamista, sähköpostien käsittelyä, ja puhelimesta puhumista. Työhön kuuluu myös paljon keskittymistä vaativaa pohdintaa, ongelmanratkaisua, opiskelua ja lukemista. Olennaisen osan työskentelystä muodostavat keskustelut ja erilaiset palaverit niin tutkijoiden kuin yhteistyökumppaneiden ja asiakkaiden kanssa. Työ on siis osittain yksilötyötä, osittain erilaisissa ryhmissä tapahtuvaa. Tutkijan toimenkuvasta ja käynnissä olevista projekteista riippuen työpaikalla ja muualla tapahtuvan työn osuus voi olla hyvinkin erilainen. Kaiken kaikkiaan työtä voi kuvata (moni)projektityönä, jossa työpäivän sisältöön ja yhteistyön määrään ja tapaan vaikuttavat keskeisesti myös käynnissä olevien projektien sisällöt ja osallistujatahot.

VTT:n tutkijan perustehtävää haastateltavat kuvasivat hyvinkin eri tavalla. Tutkijan perustehtävää kuvattiin muun muassa seuraavasti:

- ”omalta osaamisalueellaan edistää VTT:n perimmäistä tavoitetta eli tukea yritysmaailmaa ja yhteiskuntaa”
- ”sisällön ja byrokratian ja talouden hallinta oltava tasapainossa... itsensä kehittäminen ja oppiminen”
- ”viedä eteenpäin ideoita, joita itsellä ja muilla”
- ”tietää uusimmista asioista ja pysyä huipulla sekä keksiä jotain uuttakin välillä”
- ”projektityö”
- ”voi vaihdella runsaasti”
- ”uuden luomista, ratkaisun etsimistä ongelmaan”.

Perustehtävän täyttymisen ja hyvän suoriutumisen kannalta haastateltavat nostivat esiin useita asioita. Niitä olivat osaaminen, yhteistoiminta, kommunikointi, käytännöt, huolellinen suunnittelu, asiakkaiden tuntemus, sitoutuminen, organisaation ja työvälineiden (järjestelmät) tuki sekä ilmapiiri. Sen suhteen, missä määrin tilalla on merkitystä tässä mielessä, haastateltavien mielipiteet erosivat. Jotkut kokivat, ettei tilalla ole juurikaan merkitystä, kun taas toisten mielestä puutteelliset tilat voivat merkittävästikin haitata työn tekemistä ja perustehtävästä huolehtimista.

Haastattelujen perusteella **Digitalon tilojen käyttö** keskittyy ensisijaisesti omaan työtilaan, sen noppaan ja oman osaamiskeskuksen hallinnoimiin noppiin. Näiden lisäksi käytetään Digitalossa olevia neuvotteluhuoneita, joista omiin palavereihin käytetään ensisijaisesti lähellä sijaitsevia ”sisäisiä” neuvotteluhuoneita. Tarvikevarasto ja WC:t kuuluvat myös kaikkien käyttämiin tiloihin. Polkupyörällä työmatkaansa kulkevat hyödyntävät myös pukuhuonetilaja ja autolla kulkevat puolestaan parkkihallia. Ensimmäisen kerroksen ravintolatilaa hyödyntävät kahvitilana lähinnä ainoastaan lähellä työskentelevät. Lounasaikaan myös muualta talosta tullaan yhteiseen ravintolatilaan, vaikka usein käytetään myös muita lähellä olevia lounaspaikkoja. Kaiken kaikkiaan voidaan todeta, että yhteisiä avoimia tiloja (noppien avoin keskitila, kahviautomaattien läheisyydessä olevat avoimet tilat, ensimmäisen kerroksen avoin tila, kahvila ja ruokala) käytetään vielä melko vähän.

Haastatteluissa nousivat esiin seuraavat tekijät, jotka haittaavat talossa olevien yhteisten tilojen laajempaa hyödyntämistä:

- häly ja äänen kulkeutumien
- pelko häiriön aiheuttamisesta muille (nopan keskitila)
- tilojen etäisyys, rajat (ovet ja kerrokset)
- tilojen ”kolkkous” ja avoimuus
- läpikulku tiloissa
- huonekalujen epämukavuus
- paha kahvi
- lounastarjonta.

Lisäksi yhteisten tilojen laajempaa hyödyntämistä voi haitata epäselvyys tilojen ”omistajuudesta” eli siitä, missä määrin koetaan olevan ”oikeus” käyttää yhteisiä tiloja projektiryhmän, tiimin tai osaamiskeskuksen tarpeisiin. Tähän on voinut osaltaan vaikuttaa se, että viestinnän koettiin olleen määräävää ja talon käyttöä rajoittavaa sekä määräysten perustelujen julkituomisen puutteellista ja ristiriitaista talon käyttöönotto- vaiheessa. Eräs haastateltava kuvasi viestinnän aiheuttamia tuntemuksiaan seuraavasti: ”Olo on kuin pyörillä oleva kukkaruukku, jota voidaan työntää paikasta toiseen.” Toinen puolestaan käytti vertauskuvana armeijaa. Lisäksi koettiin, että suunnitteluvaiheessa annettuja muutosehdotuksia oli otettu vain hyvin vähän huomioon talon toteuttamisessa ja että käyttäjien näkemyksellä ei ole merkitystä: ”Olemme vaan se tuotantokoneisto.”

Haastateltavien yleiset **odotukset työympäristöltään** voidaan kiteyttää kuuteen kohtaan (taulukko 3). Taulukossa kuvataan myös haastatteluissa esiin nousseet, odotuksia tukevat ja haittaavat tekijät Digitalossa. Nämä eivät tarkoita sitä, että jokainen haastateltava olisi kokenut asian samalla tavalla. Esimerkiksi kaikki eivät kokeneet lasiseinäisyyttä keskittymistä merkittävästi haittaavana tekijänä. Asia on laitettu ko. sarakkeeseen, jos vähintään yksi haastateltava on tuonut sen tässä mielessä esiin. Sama asia voi myös liittyä useaan eri kohtaan. Oikeanpuoleisessa sarakkeessa kuvataan talon käyttämättä tai vajaakäytössä olevat avoimet tilat (potentiaali) ja aineiston perusteella tehty tulkinta niiden täyttää käyttöä mahdollisesti hankaloittavista tekijöistä.

Taulukko 3. Haastateltavien odotukset työympäristöltään ja haastatteluissa esiin nousseet, odotuksia tukevat ja haittaavat tekijät Digitalossa. Oikeanpuoleisessa sarakkeessa kuvataan talon käyttämättä tai vajaakäytössä olevat tilat (potentiaali) ja niiden täyttää käyttöä mahdollisesti hankaloittavat tekijät.

Odotukset työympäristöltä: On oltava mahdollisuus	Tukee	Haittaa	Potentiaali ja sen käyttöä hankaloittavat tekijät
On oltava mahdollisuus sujuvaan yhdessä tekemiseen	Yksilöhuoneet, oma neuvotteluhuone nopassa, osaamiskeskusten sijoittuminen lähekkäin, usean hengen huoneet, jos työt liittyvät samoihin asioihin	Usean hengen huoneet ja neuvotteluhuoneiden vähyys, fläppitaulujen ja ”white boardien” puute	Noppien avoin keskitila (muiden häiritseminen), talon keskikäytävällä olevat pyöreät pöydät (häly)
On oltava mahdollisuus spontaaniin keskusteluun häiriöttä ja muita häiritsemättä	Yksilöhuoneet, oma neuvotteluhuone nopassa, keskitilan neuvotteluhuone ”omana” kahvitilana, lasiseinäisyys	Omien, viihtyisäksi koettujen ja tarpeeksi suurten kahvitilojen puute, usean hengen huoneet	Ks. yllä Alakerran kahvitila (etäisyys, koettu epäviihtyvyys, omistajuus)
On oltava mahdollisuus keskittyneeseen yksilötyöhön	Yksilöhuoneet suljettavilla ovilla	Usean hengen huoneet, käytäviltä (kun ovet kulun helpottamiseksi auki) ja	Yhteiset tilat (häly, avoimuus, huonekalujen epämukavuus, omistajuus)

Odotukset työympäristöltä: On oltava mahdollisuus	Tukee	Haittaa	Potentiaali ja sen käyttöä hankaloittavat tekijät
		nopan keskiosasta kuuluva häly, ”torikokoukset”, keskittymiseen tarjolla olevien vaihtoehtoisten tilojen puute, lasiseinäisyys	
Oltava vapaus itselle sopiviin ja totuttuihin tapoihin tehdä työtä	Yksilöhuoneet, oma neuvotteluhuone nopassa	Fläppitaulujen ja ”white boardien” puute, kieltä kiinnittää materiaalia seinille tai lasiin, yhtenäiset kalusteet, kirjojen sijoittaminen suljettuihin kaappeihin, pienet säilytystilat, neuvotteluhuoneiden vähyys, usean hengen huoneet, mukavien sohvien puute	Nopan avoimet keskitilat (muiden häiritseminen, kalustus, tilojen käyttöönottoa rajoittava ohjeistus), neuvotteluhuoneet ja tutkijahuoneet (varustukset), tarjolla olevien tilojen soveltaminen (ohjeistus ja viestintä)
Ergonominen työympäristö	Ergonomiset kalusteet, allergiset huomioitu, riittävä valaistus (täydentäminen pöytälamppuilla), melko tasainen lämpötila, akustiikka parantunut	Valaistuksen vaikea muunneltavuus ja automaattinen sammuminen ja usean hengen huoneen pöytien sijoittelu ja ahtaus, lämpötilan heikko säädettävyys, ilmanvaihdon riittämättömyys konehuoneissa ja normaalin työajan ulkopuolella	Talon tekniikan täysi hyödyntäminen (käyttöönottoaihe)
Viihtyisä työympäristö	Uusi, yhtenäinen ja moderni ilme, edustava, avara	Ohjeistus, joka rajoittaa tilan tekemistä oman (tiimin, osamiskeskuksen) näköiseksi, ikkunoiden vastakkaisuus, tilojen kolkkaus	Viihtyvyyden lisääminen käyttäjien kanssa yhteistyössä (ohjeistus ja viestintä)

Kolme ensimmäistä odotusta esiintyivät lähes poikkeuksetta kaikkien haastateltavien vastauksissa. Haastateltavien vastaukset erosivat siinä, missä määrin he kokivat, että Digitalo tarjoaa nämä mahdollisuudet. **Käyttäjätyytyväisyyden** arvioinnin kannalta aineiston merkittävä piirre on, että osa haastateltavista oli tyytyväinen tilojen tarjoamiin edellytyksiin tehdä työtään, kun taas osa koki tiloissa merkittäviä puutteita.

Vaikka aineisto on pieni, voidaan todeta, että haastateltavan käsitystä Digitalon tarjoamasta tuesta työlle **selittää** eniten henkilön sijoittuminen Digitalossa ja siellä

toteutuneet tilankäyttöratkaisut. Suurimmat erot tilankäyttöratkaisuissa ovat siinä, kuinka paljon tutkijat istuvat usean hengen huoneessa tai yhden henkilön huoneessa ja mikä on heidän neuvotteluhuone- ja kahvihuonetilanteensa. Tyytyväisimpiä olivat ne, joilla on käytettävissään yhden hengen huone, kahvihuoneena talon keskikäytävällä sijaitseva lasinen neuvotteluhuone ja nopan keskitilassa seinillä erotettu neuvotteluhuone (ryhmätyötila). Nopan keskitilan neuvotteluhuone on muutos, joka oli toteutettu käyttäjien toivomuksesta. Vaikka yhden hengen huoneet ovat melko pieniä, voidaan niissä pitää kahden kolmen hengen palavereja helposti. Tällöin esimerkiksi neuvotteluhuoneiden vähyys ei aiheuta yhtä paljon ongelmia päivittäiselle työlle kuin niissä osissa, joissa on runsaasti usean hengen huoneita.

Siirtyminen Digitaloon aiheutti usealle haastateltavista jossain määrin hankaluutta tehdä työtään siten kuin kokee itselleen hyväksi tai kuten on totuttu työskentelemään yhdessä. Monet taulukossa 3 esitetyt haittaavat tekijät liittyvät juuri yhdessä tekemiseen ja ideointiin (esim. fläppitaulut, white boardit). Pienet säilytystilat aiheuttivat sen, että aiemmista töistä säilytetystä materiaalista jouduttiin luopumaan. Tämä voitiin kokea joko positiivisena ("hyvä siivota välillä") tai negatiivissävytteisenä "työhistorian menetyksenä". Kirjojen sijoittaminen näkymättömiin ovien taakse, seinien pitäminen tyhjinä ja fläppitaulujen yms. puute ja niiden kokeminen työtä hankaloittavina tekijöinä liittyvät myös laajemmin niiden merkitykseen "ajattelun välineinä". Psykologian nykykäsityksen mukaan ihmisen kognitiivinen (ajattelu, ymmärtäminen, muistaminen jne.) toiminta on vahvasti hajautettua paitsi ihmisten kesken myös erilaisiin fyysisiin välineisiin ja tiedon ulkoiseen esittämiseen (ks. esim. Hakkarainen ym. 1999). Vaikka tietotekniikka mahdollistaa pääsyn moniin "ajattelun välineisiin" (esim. elektroninen kirjasto), työhuoneen tietokoneen pienen näytön tai neuvotteluhuoneiden datatykkien mahdollisuudet tuoda materiaalia tarjolle ovat hyvin rajalliset verrattuna esimerkiksi seinäpinta-alaan ja kirjahyllyihin.

Käyttäjätyytyväisyyttä selittävistä tekijöistä henkilökohtaiset mieltymykset liittyivät vahvimmin siihen, kuinka viihtyisäksi Digitalo, sen värimaailma ja tyyli, koettiin.

Merkittävimmät koetut puutteet työn tekemisen sujuvuuden kannalta liittyvät seuraaviin asioihin:

- projektityöhuoneiden puute
- spontaanin ideoinnin ja keskustelun tilojen vähyys
- neuvotteluhuoneiden määrä
- ei tiloja osaamiskeskuksen yhteisille kahvihetkille
- ei keskittymistä mahdollistavaa tilaa (usean hengen huoneet).

Haastattelujen toteuttamisajankohtana Digitalo oli jo ollut käytössä yli puoli vuotta. Haastateltavat itse kuvasivat ensireaktiotaan ja muutosta omassa suhtautumisessaan seuraavasti:

- ”Aluksi muutosvastarintaa, järkeilyt että tässä parempi kuin monissa muissa nopissa.”
- ”Alun järkytyksen jälkeen sopeuduttu.”
- ”Ensi kokemus oli, että kuin vankila; kaikki vahtii ja kalterit ikkunoissa.”
- ”Alun reaktio oli, että tommonen koppi! Ihan hyvin kyllä sitten riittänyt.”
- ”Kylmempi kuin edellinen, ei persoonallisuutta... vieläkin sama vaikutelma.”
- ”Toteutetut muutokset auttaneet merkittävästi.”
- ”Oli varautunut pahempaan, yllättyi positiivisesti.”

Liitteessä 2 esitetään haastateltavien vastausten yhteenveto kysymykseen, mihin toivoisi jatkossa kiinnitettävän erityistä huomiota tilakysymyksissä VTT:llä. Yksittäisiä puutteita ja kehitysehdotuksia, joita ei voitu sisällyttää tähän julkaisuun, on käsitelty myös projektiryhmässä.

4.3.2 Käyttäjien kokemus siitä, kuinka hyvin Digitalo edistää tai haittaa tavoiteltua toimintatapaa

Haastateltavien näkemykset erosivat myös siinä, miten *tilaratkaisut tukevat strategisen toimintamallin mukaista toimintaa* – siis vuorovaikutusta, yhteistyötä, hyvään vuorovaikutukseen ja tiedonkulkuun perustuvaa oppimista ja luovuutta. Haastateltavat kokivat tilanteen eri tavalla:

- ”Luovuutta tukee noi avoimet neukkaritilat. Se on sitä avoimuutta mitä tarttee.”
- ”Yhteistyö-luovuus ei toteudu täällä... koska se vaatis sen yhteisen tilan, jossa voidaan muiden ihmisten kanssa vaihtaa niitä ajatuksia.”
- ”Vapaamuotoista vuorovaikutusta tukee, että helposti on pöytiä lähellä. Hyvin mietitty, kun on nopissa noi pöydät ja sitten keittiönurkka olemassa... häiriö menee tonne (talon keskitilaan).”
- ”Huoneet on niin avoimia, niin on kiva ilmestyä jonnekin.”
- ”Mikä haittaa on työrauhan puute.”
- ”Yhteistyötä edesauttaa, kun on saatu sentteriin porukka, joka tekee asioita, joilla on jonkin verran edes tekemistä keskenään, ja ne on saatu samaan paikkaan. Menee osittain organisaatiouudistuksen piikkiin, osittain talon.”
- ”Talon mahdollisuudet vaikuttaa näihin asioihin on rajalliset... tässä talossa on jotain hassua, eikä tää mikään huippu oo, mut melko hyvä... Voisi kuvitella talon, joka olisi näissä suhteissa paljon surkeempi... perinteinen talo, jossa pitkä käytävä ja umpiovet.”
- ”En keksi, millä tavalla tämä talo tukisi tai haittaisi.”

- ”Vaarana on, että tulee osaamissentieriajattelu, että on jollekin sentterille oma. Ettei sitä otettais vaan koko VTT... Ainakin tota yhteistyötä selkeesti rakennus auttaa tässä.”
- ”Digitalo ei estä. Tämä on aika konventionaalinen, ei tässä mitään innovatiivista ole. Kunhan talo ei sitä haittaa, ne on muut asiat. Toimintakulttuurissa ja tietotekniset ratkaisut.”
- ”Tukee ajatusmalliltaan, mutta VTT:läisiä on paljon ja monilla paikkakunnilla, yksi talo ei paljon muuta.”

Tärkeimmäksi vuorovaikutukseen ja toimintatapoihin vaikuttaneeksi asiaksi koettiin Digitaloon muuton mukanaan tuoma mahdollisuus saada uuden organisaation mukainen osaamiskeskus ja tiimi fyysisesti lähekkäin. Tämän nähtiin lisänneen vuorovaikutusta uuden osaamiskeskuksen sisällä. Haastateltavien oli kaiken kaikkiaan vaikea arvioida tilan merkitystä toimintatapojen muutokseen, kun Digitaloon muutto tapahtui samaan aikaan organisaatiomuutoksen kanssa.

Digitalon tietty ominaisuus voi toisaalta tukea vuorovaikutusta ja toisaalta heikentää sitä tai jotakin muuta työn tekemisen kannalta olennaista asiaa (taulukko 4, vrt. myös kirjallisuuskatsaus). Ominaisuuden vaikutus voi myös riippua tilanteesta. Jos usean hengen huoneessa istuvilla on meneillään yhteinen projekti, samassa huoneessa istuminen helpottaa keskustelua, yhdessä tekemistä ja pohtimista. Samaa aikaan se voi silti heikentää mahdollisuuksia vuorovaikutukseen muiden kanssa, kun keskustelemisen tai puhelimesta puhumisen koetaan häiritsevän huonekaveria. Koetuista puutteista lähes kaikki liittyivät vuorovaikutusta hankaloittaviin asioihin (taulukko 4, ks. myös taulukko 3). Talon tarjoamia avoimia yhteisiä tiloja ei kuitenkaan hyödynnetä paljoa. Tässä haastattelussa syitä ei suoraan kysytty, mutta niitä voivat olla esimerkiksi avoimien tilojen akustiset puutteet, tietämättömyys tilojen käytön ”oikeuksista”, vanhojen käytäytymismallien noudattaminen ajatellen, että kokous voidaan pitää vain seinillä eristetyssä kokoushuoneessa, ja tietämättömyys yhteistilojen tieto- ja viestintäteknisistä varusteista.

Taulukko 4. Digitalon ominaisuudet ja niiden vaikutukset.

Ominaisuus	Tukee	Haittaa
Läpinäkyvyys	Vuorovaikutusta, helppo lähestyttävyyys	Keskittymistä
Usean hengen huone	Vuorovaikutusta, helppo lähestyttävyyys huonekavereiden kesken, tuki jos yhteisissä projekteissa / yhteistä osaamisaluetta	Keskittymistä, vuorovaikutusta muiden kuin huonetoverien kanssa

Merkittävimmät koetut puutteet <ul style="list-style-type: none"> – Projektityöhuoneet – Spontaanin ideoinnin ja keskustelun tilat – Neuvotteluhuoneiden määrä – Ei tiloja osaamiskeskuksen yhteisille kahvihetkille – Ei keskittymistä mahdollistavaa tilaa (usean hengen huoneet) 		Vuorovaikutusta Keskittymistä
--	--	--

4.3.3 Suunnittelun ideakuvat ja niiden herättämät ajatukset ja toteutuma Digitalossa

Pääsääntöisesti pidettiin hyvänä suunnittelun ideakuvissa (kaaviot 7–12) esitettyä ideaa siitä, että on keskittymisen mahdollistavat tilat ja vuorovaikutteisuuden mahdollistavat tilat. Kokemukset niiden toteutumisesta Digitalossa olivat kuitenkin erilaisia. Joidenkin mielestä ideat ovat löydettävissä rakennuksesta, mutta ne eivät toteudu kokonaan nykyisessä käytössä (vrt. taulukko 3: Potentiaali ja sen käyttöä rajoittavat tekijät), ja joidenkin mielestä ideoita ei löydy.

Tupa-ajattelu (kaavio 6) sijoitettiin lähinnä noppaan ja sen keskitilaan, jossa tällä hetkellä ei toteudu se, että vain yksi tiimi hallinnoisi yhtä noppaa. Toisaalta tupajaattelua myös kritisoitiin siitä, että se sopisi vain, jos tiimi on hirmuisen tiivis ja tekee omia projekteja. Tupa-ajattelu nähtiin myös mahdollisena esteenä hyvälle vuorovaikutukselle kaikkien kesken. Kammien toteutumista yksilön omana, yksityisenä tilana, pidettiin hyvänä yhden hengen huoneissa ja puutteellisena usean hengen huoneessa. Myös seinien läpinäkyvyyden koettiin rajoittavan tämän toteutumista niillä, jotka kokivat läpinäkyvyyden häiritsevänä. Haastateltavat suhtautuivat avokonttoriin tutkijan työtilana eri tavalla. Osa haastateltavista koki, ettei avokonttori voi soveltua missään tilanteessa tutkijan työhön ollenkaan, toiset näkivät sen mahdollisena tietäntyyppisissä tehtävissä (tutkimusharjoittelija) tai jos olisi riittävästi muita tiloja keskittymiseen ja yhteistyöhön, minkä toteutumista tehokkuusajattelun ohjaamassa tilankäytön suunnittelussa pidettiin epätodennäköisenä.

Useat haastateltavista sijoittivat korttelipihan (kaavio 7) noppien väliseen käytävätilaan. Eräänä idean toimivuutta käytännössä ehkäisevänä tekijänä nähtiin keskitilaa jakavat ovet. Myöskään kerrosten välillä idean ei koettu toimivan. Torin (kaavio 8) idea tunnistettiin konseptina: mahdollisena pidettiin esimerkiksi ensimmäisen kerroksen keskitilaa, joissa idea on välillä toteutunut seminaarien muodossa (kaavio 9). Verstaita

(kaaviot 9 ja 10) pidettiin hyvänä ideana, mutta niitä ei nykyisestä Digitalosta juuri löydetty. Ideaa lähinnä olevina tiloina pidettiin esimerkiksi demotiloja tai pyöreitä pöytiä avoimessa keskitilassa. Jos tarkastelu laajennettiin koskemaan myös läheistä Valimo-nimistä tilaa, osa ideakuvien tiloista löydettiin sieltä (kaavio 9, salit ja kaupat). Yhteisöllisen kanssakäymisen ja vapaamuotoisen vuorovaikutuksen (kaaviot 9, 11 ja 12) kannalta merkittävimpinä tiloina nähtiin noppien väliset tilat (kahvinurkkaukset), joissa vuorovaikutus liittyy omaan osaamiskeskukseen.

4.4 Yhteenvedo ja pohdinta

Tulosten yhteenvedona voidaan todeta, että Digitalo on onnistunut vain osittain tavoitteessaan tukea VTT:n uuden strategian mukaista toimintamallia eli edistämään vuorovaikutusta ja osaamisen yhdistämistä. Organisaatiouudistuksen ajoittuminen samaan ajankohtaan kuin muutto uusiin tiloihin ilman muuta tuki organisaatiouudistusta ja sen tavoitteita Digitaloon muuttaneiden osalta, sillä näin mahdollistui ihmisten sijoittaminen lähekkäin uuden organisaatorakenteen mukaan. Tulokset koskien Digitalon ”kykyä” tukea uutta toimintatapaa ovat ristiriitaiset. Merkittävimmät koetut vuorovaikutusta heikentävät asiat olivat spontaaniin keskusteluun ja työskentelyyn tarvittavien tilojen vähyys sekä vapaamuotoiseen kokoontumiseen sopivien tilojen puute. Haastateltavat kokivat lähes poikkeuksetta näiden asioiden olleen paremmin edellisessä työskentelytilassaan. Ehkä hiukan yllättävästikin vanhoista työympäristöistä löydettiin piirteitä, joissa suunnittelun ideakuvat (EVATA-aineisto) olivat toteutuneet paremmin kuin Digitalossa. Osa nyt havaituista puutteista poistunee, kun neuvotteluhuoneiden saatavuus paranee mm. VTT:n päärakennuksen remontin valmistumisen myötä. Digitalon tiloissa on myös käyttämätöntä potentiaalia, josta voisi olla hyötyä vuorovaikutteisuuden lisäämisessä. Merkittävimmät koetut vuorovaikutusta helpottaneet tekijät liittyivät puolestaan siis siihen, että Digitaloon muutto mahdollisti uuden organisaatorakenteen mukaisten tiimien ja osaamiskeskusten sijoittumisen fyysisesti lähekkäin. Eri osaamisen yhdistämisen kannalta Digitalon käyttäjät ovat tällä hetkellä VTT:n mittakaavassa melko homogeenisiä eli edustavat etupäässä tietoteknistä osaamista.

Jos Digitalon tilaratkaisuja verrataan aiemmissä tutkimuksissa esitettyihin tuloksiin (ks. kirjallisuusselvitys), paikallista vuorovaikutteisuutta lisääviä piirteitä ovat muun muassa lasiseinät ja -ovet nopissa ja noppien avoin keskitila. Kuitenkin juuri keskitilan muuttaminen omaksi projekti- ja neuvotteluhuoneeksi vaikutti olevan selkeästi käyttäytyväisyyttä lisäävä tekijä niiden joukossa, joilla oli mahdollisuus tilan hyödyntämiseen – ja tilaa nimenomaan hyödynnetään juuri yhteistyössä. Se mahdollistaa usein melko spontaanit kokoontumiset jonkin asian ympärille.

Kaiken kaikkiaan yksilöllisen käyttäytyvyyden kannalta Digitalo sai sekä kriittisiä että hyväksyviä arvioita. Ratkaisuissa on kuitenkin onnistuttu osittain, ja käyttäytyvyyden kehittämiseen parempaan suuntaan voidaan vaikuttaa, jos ja kun esiintuvia epäkohtia saadaan korjattua. Käyttäytyvyyteen vaikuttavista tekijöistä tämän pienen aineiston perusteella merkittävimpiä olivat henkilöiden sijoittuminen Digitalossa ja lähiympäristössä toteutuneet tilankäyttöratkaisut. Negatiivisia kokemuksia voivat myös selittää kokemus siitä, että suunnittelun aikana tehtyjä ehdotuksia ei toteutettu, sekä tiloja koskevassa viestinnässä ollut tahaton piiloviesti, ettei käyttäjien näkemyksellä ole merkitystä. Rakennuksen suunnitteluvaiheeseen kuitenkin kuului vuoropuhelu käyttäjän edustajan kanssa ja toiveiden huomioon ottaminen kustannustavoitteiden rajoissa.

Koska prosessi ei kyennyt varmistamaan käyttäytyvyyttä, jatkossa olisi tarpeen kehittää parempia menetelmiä yksilöllisten käyttäjätarpeiden selvittämiseen ja mahdollisesti ristiriitaisten toiveiden käsittelyyn. Rakennuksen suunnitteluvaiheessa tulisi pystyä luomaan ymmärrys ensinnäkin siitä, millaista on käyttäjien, tässä tapauksessa tutkijoiden, toiminta päivittäisen työn näkökulmasta ja mitä tavoiteltu strateginen toimintatapa käytännön tekemisessä tarkoittaa. Vasta tämän jälkeen voidaan tulkita tarpeita työympäristölle. Tarvitaan siis menetelmiä, joilla voidaan mallintaa, analysoida ja arvioida objektiivisesti työn luonteen ja tavoiteltavan muutoksen asettamia vaatimuksia työympäristölle. Tässä käyttäjien näkemys omasta työstään ja sen vaatimuksista on olennaisin, ei niinkään pelkästään heidän suoraan esittämänsä tarpeet työympäristölleen. Tarvitaan myös lisää teoreettista työtä ja empiiristä tutkimusta aihealueesta.

Tuloksia tulkittaessa on otettava huomioon, että aineisto oli hyvin pieni ja rajautui vain pieneen osaan Digitalon käyttäjistä. Tilojen käyttöä ja tavoitteiden toteutumista voisivat edistää aktiivinen viestintä tilojen tarkoitetusta käytöstä, käyttäjien rohkaiseminen etsimään tiloille uusia, vuorovaikutusta edistäviä käyttötapoja sekä käytettävyyden ja viihtyvyyden lisääminen kalusteiden sijoittelulla ja uusilla kalusteilla käyttäjien kanssa yhteistyössä.

Vaikka fyysinen työympäristö ei ole kaikkein olennaisin tekijä tavoiteltaessa uutta toimintatapaa, tämän pieni tutkimus tukee aiemmin esitettyjen tutkimusten tuloksia siitä, että tilaratkaisuilla on merkitystä niin keskittymisen kuin ihmisten välisen vuorovaikutuksen kannalta. Tilaratkaisujen suunnittelulla voitaisiin etsiä myös apua joihinkin tunnistettuihin, VTT:n tutkijoiden työtä haittaaviin asioihin. Yksi keskeinen haaste VTT:n tutkijoiden moniprojektityössä on esimerkiksi sen sirpalemaisuus. Työn tehokkuutta ja työhyvinvointia vaikeuttaa se, että on vähän väliä siirryttävä asiasta (projektista) toiseen. Siirtymistä voisi helpottaa, jos projekteille olisi käytössä omat fyysiset työtilat, jossa myös materiaali voisi olla jatkuvasti esillä. Se, miten tämä olisi käytännössä toteutettavissa, vaatisi oman erillisen tutkimuksensa tutkijoiden työn, perustehtävän, vaatimuksista ja siitä, miten VTT:n tutkijan työn edellytyksiä voidaan parantaa fyysisellä työympäristöllä.

5. Toimivuus – muuntojousto ja sisäolosuhteet

5.1 Muuntojousto

5.1.1 Muuntojouston yleiskuvaus

Muuntojoustolla tarkoitetaan rakennuksen rakennejärjestelmien ja taloteknisten järjestelmien välistä keskinäistä muutosmahdollisuutta. Avainasemassa muutostöissä on hyvin suunniteltu rakennuksen runko, joka sallii mahdollisimman vapaan huonetilojen suunnittelun, rei'ityksen ja rakennuksen muodon muuntelun ja talotekniikan reitityksen (Elinkaariselvitys 2000). VTT:n strategiassa tilat ovat työtä tukeva strateginen resurssi ja hyödyt pyritään elinkaariajattelun mukaisesti maksimoimaan elinkaaren aikana. Muuntojoustoa tarkasteltaessa arvioidaan, miten hyvin valitut ratkaisut palvelevat rakennuksen nykyisiä ja myös tulevia käyttäjiä. Esitetyn tarkastelun lähtötietoina on käytetty rakennuksen suunnitteluohjelmaa, hankesuunnitelmaa, rakennusselostusta ja hankepiirustuksia.

Muuntojouston arvioinnin tasoina kuvataan

- 1) suunnittelun muuntojousto (hankkeen toteutus, valitut rakennuksen rungon ja teknisten järjestelmien ratkaisut)
- 2) rakennuksen käytönaikainen muuntojousto
 - a. muuttaminen vastaamaan ensimmäisen käyttäjän muuttuviin tarpeisiin ja
 - b. tulevien käyttäjien tuleviin tarpeisiin.

5.1.2 Rakennuksen suunnittelunaikainen muuntojousto

Digitalon rungon suunniteltu käyttöikä on 100 vuotta, ja pitkä aikajänne lisää todennäköisyyttä vaihteleviin ja muuttuviin käyttötilanteisiin. Rakennuksen suunnittelun aikaisen muuntojouston ylin taso on rakennuksen uusiokäyttö, jossa käyttötarkoituksuu muutoksiin varaudutaan jo suunnitteluvaiheessa minimoimalla kohteen käyttötarkoituksen muutoksen aiheuttamat kustannukset. Esimerkiksi Valtion kiinteistölaitoksen tutkimuksessa (Elinkaariselvitys 2000) esitetään viisi vaihtoehtoista skenaariota Otaniemessä sijaitsevalle VTT:n Lämpömiehenkuja 2:n toimitilarakennukselle. Digitalo on käyttäjälle strategisesti tärkeä kiinteistö, eikä sen suunnittelussa ole varauduttu rakennuksen uskäyttöön. Käytetyt suunnitteluratkaisut ja tekniset järjestelmät on valittu hankkeen alussa asetetun laajan muuntojoustotavoitteen mukaisesti tukemaan muuntojoustavaa toimitilaa ja kehittämään organisaation toimintakulttuuria johdon haluamaan suuntaan.

Digitalon rakennushanke toteutettiin projektinjohtokonsultointina, jossa suunnitelmia täydennettiin toteutuksen aikana ja tilaajalla oli mahdollisuus muutoksien toteutukseen vielä myöhäisessäkin vaiheessa ja osakokonaisuudet jaettiin osaurakoiksi. Toteutustapa osoitti vahvuutensa, kun kiinteistön käyttäjäkuntaa laajennettiin VTT Tietotekniikasta myös VTT:n johtoon. Muuntojoustotavoitteen yhteydessä toteutuksen aikana on varauduttu myös laajennusrakentamiseen, taloteknisten järjestelmien toteutuksessa avoimella väyläratkaisulla.

Käyttäjän organisatorisia ja toiminnallisia tarpeita on selvitetty EVATA workplace -tutkimuksessa (EVATA 2002), ja kehitystyössä VTT on ottanut aktiivisen roolin. Osa kiinteistössä käytetyistä runkoratkaisuista on poikkeuksellisia, erityisesti muuntojoustavuutta edistäviä. Digitalon kerroksiin on sijoitettu noin 250 neliön toimistonoppia, jotka sisältävät tilat tutkijoille ja tiimille (”kammi” ja ”tupa”). Toimistonoppien välipohjien kannatinratkaisu on ainutlaatuinen TT- ja ontelolaattojen yhdistelmä: ontelolaatat sijaitsevat sivustoilla tutkijoiden tiloissa, ja TT-laatat keskellä minimoivat ja keskittävät taloteknisten järjestelmien reitityksen. Ratkaisu helpottaa myös tiloihin integroitujen taloteknisten järjestelmien huoltoa, sillä järjestelmille on varattu keskitetyt tilat. Talon tietoliikenne-, atk- ja av-järjestelmissä on otettu huomioon helppo muunneltavuus ja lisäkaapelointimahdollisuus. Toimistonopissa ei ole muuntojoustavuutta rajoittavia pilareita. Pilareita on käytetty Digitalon aulan yhteydessä, jossa lasijulkisivulla tuodaan valoisuutta ja halutaan lisätä organisaation sisäistä kommunikaatiota. Toimintakulttuurin edistäminen VTT:llä tapahtuu tutkijoiden työtä avaavina neuvottelutiloissa ja vapaamuotoisen vuorovaikutuksen toimistonoppien edustoina ja julkisena torimaisena alueena (”verstaat”, ”korttelipiha” ja ”tori”). Henkilökunnan pääsy rakennukseen on mahdollista kaikista ilmansuunnista.

5.1.3 Rakennuksen käytönaikainen muuntojousto

Normaalista poikkeavat rakenneratkaisut mahdollistavat toimistonoppien suuren muunneltavuuden ja monikäyttöisyyden. Nykyisellään toimistonopat on mitoitettu 20–40 henkilölle, keskimäärin noin 10 m² työntekijää kohden. Rakennuksen runkoratkaisussa ja taloteknisissä järjestelmissä on varauduttu huoneistuttamiseen: toimistonopalla voi olla useita vuokralaisia ja samalla vuokralaisella voi olla hallinnassaan useita toimistonoppia. Mahdolliset muutokset on huomioitu myös kulunestojärjestelmässä, ja tietoturvaohyketietoja voidaan päivittää. Liikkuminen tiloissa on säädelty eritasoisilla tietoturvaluokituksilla, kaikissa tiloissa on käytössä vähintään mekaaninen lukitus. Alustavan arvion mukaan kiinteistön tilat jakautuvat sisäilmasto-olosuhteiden kahteen päätyyppiin. Erityistilojen sisäilmasto-olosuhteet ovat muokattavissa, ja ominaisuudet kuvataan huonetilakorteissa yksityiskohtaisesti. Perustutkimustilojen ja

julkisten tilojen sisäilmaston perussuureita (valaistus, ilmanvaihto, lämpöolot) on mahdollista säätää.

Tulevissa tilanteissa muuntojoustavuutta edistää johdon näkökulmasta rajallinen säilytystila, joka on ensiaskel kohti ”paperitonta toimistoa”. Muutoksenhallintaa myös toimistonoppien sisällä on kehitetty integroimalla kalustustoimitus ja sisustusmuutokset samalle palveluntoimittajalle. Ulkopaikkakuntalaisille on varattu mahdollisuus verkottuneeseen työskentelyyn torin yhteydessä. Korkean tietoturvan myötä julkiset tilat on erotettu suljetuista tiloista, vaikkakin perinteisiä selkeitä rajapintoja on pyritty tietoisesti häivyttämään.

Tilaohjelman yhteenveto:

– työtilat	2 885 ohm ²
– erityistilat	435 ohm ²
– projekti-/ryhmätyöhuoneet	225 ohm ²
– toimistoaputilat	200 ohm ²
– yhteiset tilat	1 454 ohm ²
– <u>kiinteistön tilat</u>	<u>171 ohm²</u>
– yhteensä	5 400 ohm ²

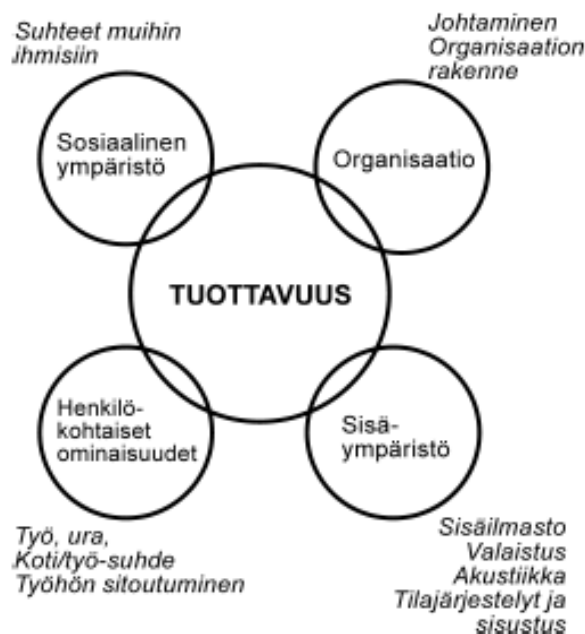
Digitalo on suunniteltu 280 työntekijälle, ja tällä hetkellä toimistonoppiin on sijoitettu 180 henkilöä. Tutkimusorganisaatiossa on perinteisesti tiedostettu ”tehtävärooliajattelu” tarjoamalla ”koppikonttorit” tutkijoille, mutta nykyisessä mallissa näkyvyyttä ja avoimuutta korostetaan lasisilla seinillä, ja uuteen tilanteeseen tottuminen vie oman aikansa. Käyttäjien tiedostamana puutteena on noussut esille vähäinen määrä projekti- ja ryhmätyökäyttöön soveltuvia tiloja. Suunnittelun pohjana olevassa mallissa uuden organisaation tiimit on pyritty sijoittamaan samaan toimistonoppaan. Ratkaisumallin puutteet konkretisoituvat erityisesti uuden organisaation mukaisia tiimejä (ja myös osaamiskeskustoja) yhdistävissä verkottuneissa projekteissa.

Nykyisin Digitalossa on vielä paljon yhteiskäytössä olevaa tilaa. Näihin tiloihin on mahdollista rakentaa nykytilanteen parantamiseksi projekti- ja ryhmätyöskentelyyn soveltuvia tiloja. Uuden toimintakulttuurin omaksuminen ei ole vielä edennyt pisteeseen, jossa avointa torimaista tilaa käytettäisiin joustavasti projektikokouksiin. Toinen avoimuutta rajoittava tekijä on usein hankkeissa käsiteltävä jonkin osapuolen kannalta salaiseksi luokiteltu materiaali. Tiimin tilojen yhteydessä oleva pieni ryhmätyötila parantaisi varmasti tiimitasoisien tiedonvaihdon sujuvuutta.

5.2 Sisäilmasto

5.2.1 Tausta

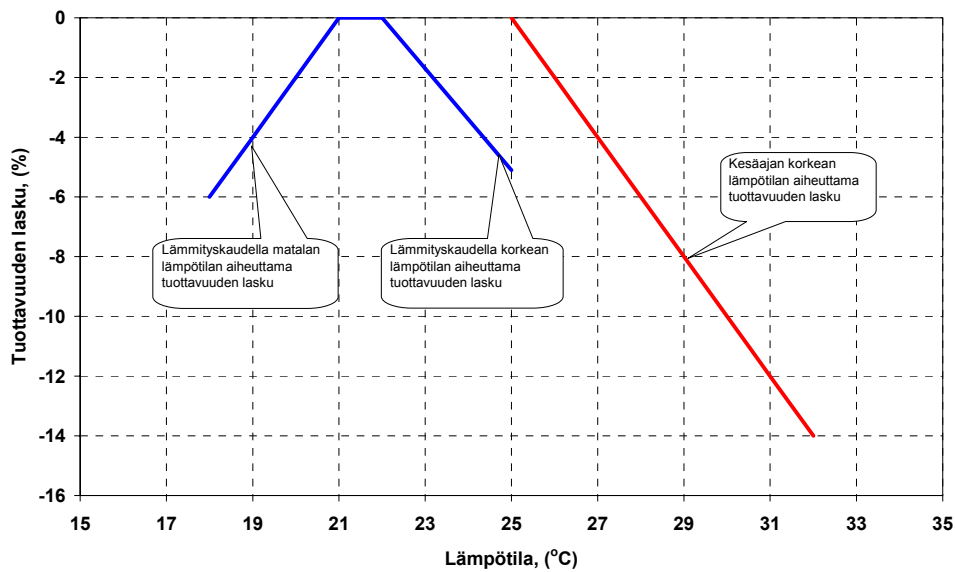
Työympäristön vaikutuksia työn tuottavuuteen on tutkittu viime vuosina intensiivisesti ja sisäympäristön merkitys tässä suhteessa on pystytty kvantifioimaan lukuarvoina. Työn tuottavuuteen vaikuttaa sisäympäristön ohella psykososiaalinen kokonaisuus (kuva 2). Sisäympäristö-käsite muodostuu sisäilmastosta, valaistuksesta, akustiikasta ja tilajärjestelyistä. Sisäilmaston laatua kuvaavia tekijöitä ovat ilman lämpötila, pintojen lämpötilat (seinät, ikkunat, katot, lattiat), ilmavirtaukset, kosteus ja ilman epäpuhtaudet.



Kuva 2. Työn tuottavuuteen vaikuttaa työympäristön kokonaisuus, joka muodostuu psykososiaalisesta ympäristöstä ja sisäympäristöstä (Seppänen 2004).

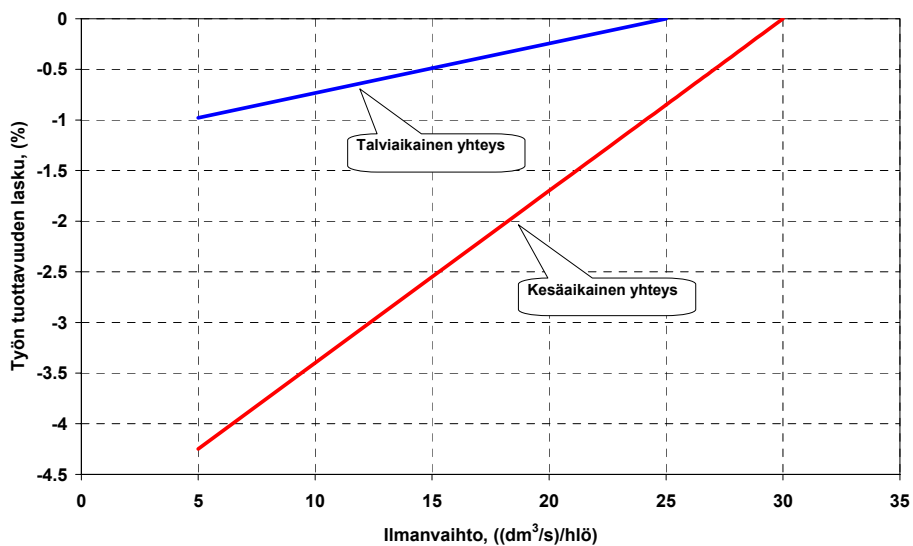
Huonoon sisäilmastoon liittyvien sairauksien aiheuttamien kustannusten on arvioitu olevan suuremmat kuin rakennusten vuotuiset lämmityskustannukset (Seppänen 1999) koko Suomen rakennuskannassa. Tässä valossa sisäilmaston laadulla on suuri painoarvo arvioitaessa rakennuksen elinkaarikelpoisuutta. Paremmasta sisäympäristöstä syntyy hyötyjä työnantajalle parantuneena työn tuottavuutena, vähentyneinä sairauspoissaoloina ja parempana viihtyvyytenä. Rakennuksen omistaja hyötyy puolestaan kiinteistön arvon pitkäaikaissäilyvyytenä ja kiinteistön tuottavuuden paranemisena (pienemmät korjauskustannukset, vuokrattavuus parempi ja korkeammat vuokrat).

Seppänen (2004) on esittänyt selkeitä korrelaatioita ilman lämpötilan vaikutuksista työn tuottavuuteen. Kuvassa 3 esitetään kyseisten korrelaatioiden pohjalta laaditut talvi- ja kesäajan tuottavuuden laskukäyrät.



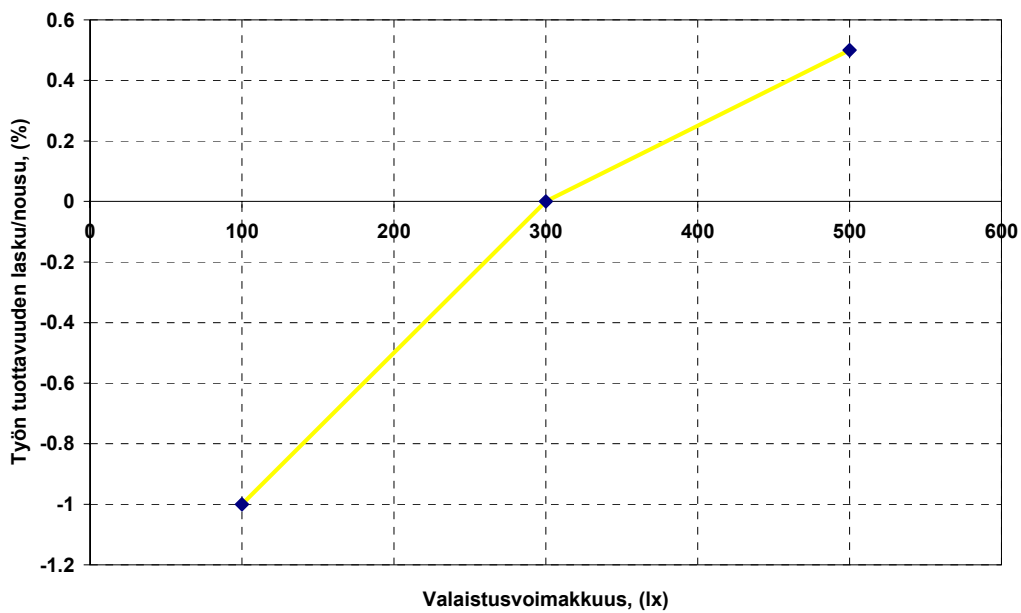
Kuva 3. Sisälämpötilan vaikutus työn tuottavuuteen talvella ja kesällä (Seppänen 2004). Talvijakson matalan lämpötilan aiheuttaman tuottavuuden laskua määritettäessä on oletettu tekstinkäsittelytyön osuuden työstä olevan 0,5.

Ilmanvaihdon riittävyuden yhteys työn tuottavuuden laskuun on tutkimusten mukaan erilainen lämmityskaudella kuin kesällä. Kuvassa 4 esitetään Seppäsen (2004) tutkimuksen mukaiset ilmanvaihdon yhteydet työn tuottavuuteen.



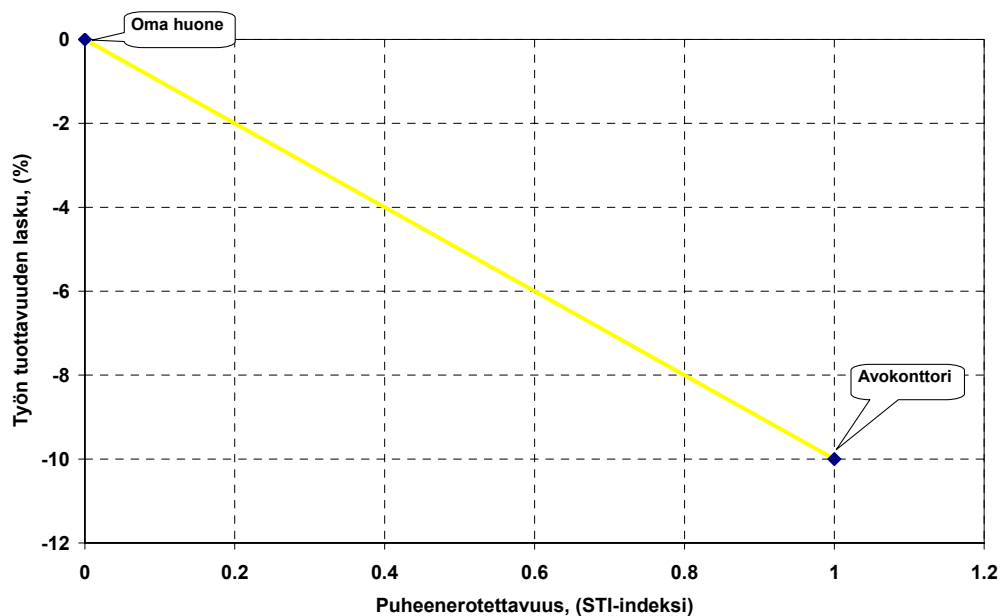
Kuva 4. Ilmanvaihdon määrän ja työn tuottavuuden väliset yhteydet kesä- ja talviaikana Seppäsen (2004) mukaan.

Valaistusvoimakkuuden vaikutus työn tuottavuuteen Seppäsen (2004) mukaan esitetään kuvassa 5.



Kuva 5. Valaistusvoimakkuuden yhteys työn tuottavuuteen (Seppänen 2004).

Tilojen akustisista ominaisuuksista on pystytty selvittämään puheenerotettavuuden yhteyttä työn tuottavuuteen (kuva 6). Melun ja tuottavuuden yhteyttä ei esitetä korrelaationa, mutta sen vaikutus monimutkaisessa työssä (tutkimustyö) on suurempi kuin yksinkertaisessa tehtävässä (Seppänen 2004).



Kuva 6. Puheenerotettavuuden yhteys työn tuottavuuden laskuun (Seppänen 2004).

5.2.2 Arviointi

Menetelmät, luokitukset, vertailu

Digitalon tavoitteiden asettelussa on määritelty sisäilman osalta tavoitteeksi sisäilma-luokka S2.

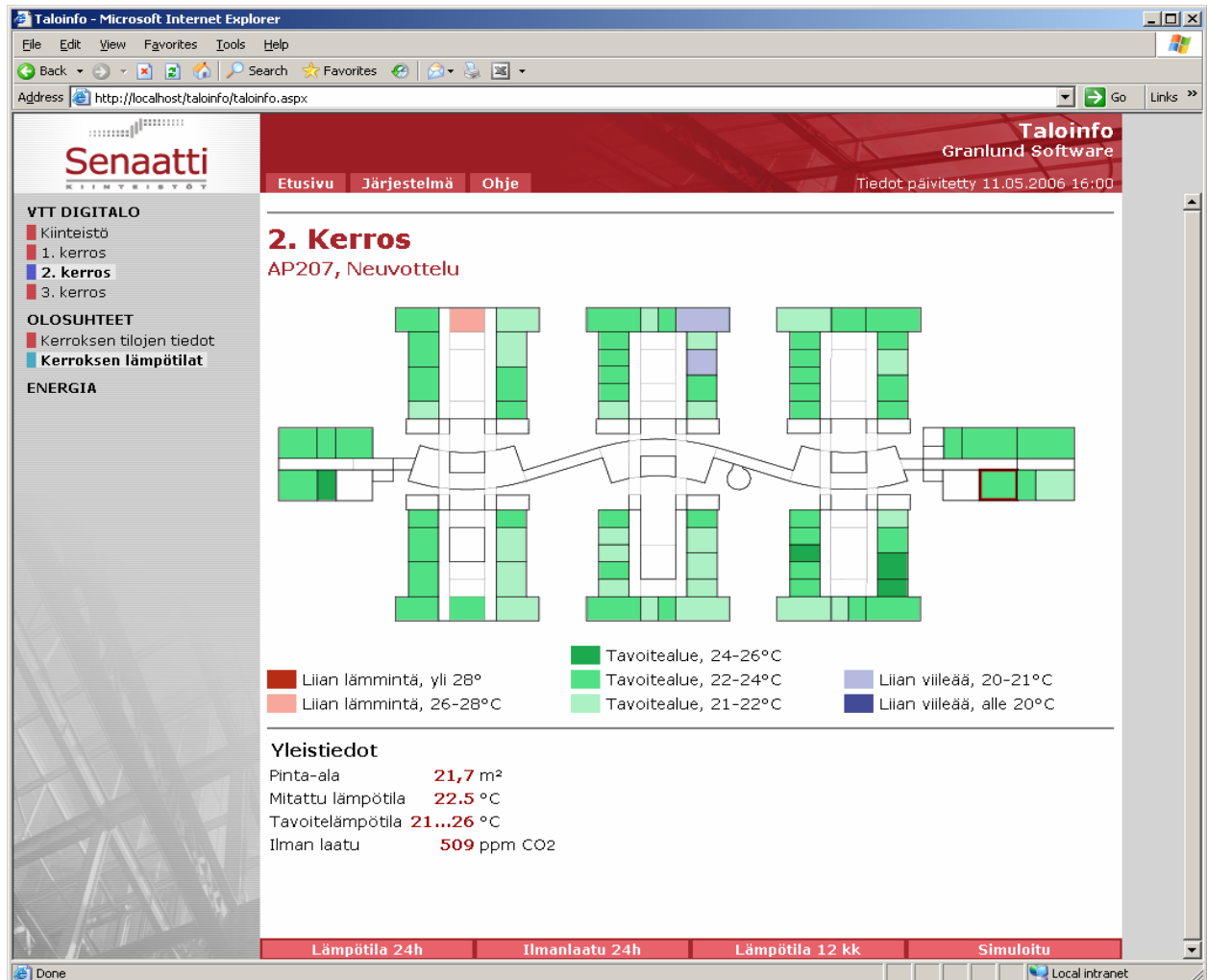
Digitalon kesäajan lämpötilojen hallinta on otettu huomioon arkkitehtonisin keinoin, ulkopuolisin aurinkosuojauksin (ulkopuoliset säleet) ja rakennuksen geometrisin ratkaisu-in. Passiivisten keinojen lisäksi kesäajan lämpötiloja hallitaan koneellisella jäähdyt-tyksellä. Koneellisella jäähdytyksellä hallitaan keskitetysti ilmanvaihtoilman sisään-puhalluslämpötilaa ja huonekohtaisesti lämpötilaa säädetään jäähdytyspalkein, mikä mahdollistaa yksilöllisen lämpötilan säädön huonekohtaisesti. Koneellinen jäähdytys-järjestelmä on varustettu vapaajäähdytyksellä, eli ulkoilman jäähdytysenergiaa hyödyn-netään aktiivisesti silloin kun ulkoilman lämpötila on riittävän viileää jäähdytyskäyt-töön.

Digitalossa sisälämpötilaolosuhteita voidaan seurata havainnollisesti TaloInfon graa-fisen käyttöliittymän ja mittaustulosten käsittelyn mahdollistamin keinoin.

Digitalossa sisälämpötilaolosuhteita, energiankulutusta ja ympäristövaikutuksia voidaan seurata TaloInfon graafisen käyttöliittymän ja mittaustulosten käsittelyn mahdollistamin keinoin. TaloInfo kerää reaaliaikaista tietoa rakennusautomaatiosta, kulunvalvonnasta, energiamittauksista ja ylläpidon hallintajärjestelmästä sekä tuottaa niistä visuaalisessa ja ymmärrettävässä muodossa informaatiota toisaalta kiinteistön huollon ja ylläpidon tarpeisiin ja toisaalta kiinteistössä työskenteleville. (Ks. kuva 7.) Toistaiseksi TaloInfon pääsee käsiksi vain teknisessä tilassa olevalla laitteistolla. Alkuperäisten suunnitelmien mukaan TaloInfo olisi kaikkien talossa asioivien henkilöiden nähtävillä sisääntuloaulassa, ja jokaisella talossa työskentelevällä olisi pääsy järjestelmään Internetin välityksellä. Tieto rakennuksen ja kunkin henkilökohtaisen työtilan olosuhteista, energiankulutuksista ja ympäristövaikutuksista vaikuttaa myönteisesti kiinteistön elinkaaritavoitteiden saavuttamiseen. Lisäksi aulatiloihin sijoitettu TaloInfo-näyttö vahvistaisi asiakkaiden mielikuvaa VTT:stä innovatiivisten toimintamallien käyttäjänä ja kehittäjänä. Tästä syystä olisi tärkeää toteuttaa TaloInfo-järjestelmä suunnitellussa laajuudessaan mahdollisimman pikaisesti. TaloInfosta saadaan nykyisin tietoa ainakin seuraavista mittauksista:

- ulkoilman sääolosuhteet
- rakennuskohtaisesti lämmön-, sähkön- ja vedenkulutukset sekä tavoitearvot
- tilakohtaiset mitatut lämpöolosuhteet ja tilakohtaiset tavoitelämpötilat kerroksittain (mittaustietoja voidaan tarkastella reaaliaikaisesti, viimeisen vuoro-kauden tai koko vuoden tarkastelujaksolla)

- tilakohtaiset ilmanlaatumittaukset (toteutettu rajoitetusti joidenkin neuvotteluhuoneiden hiilidioksidipitoisuusmittauksina)
- rakennuksen ympäristövaikutukset (lasketaan rakennuksen hiilidioksidipäästöinä energiankäytön perusteella).



Kuva 7. Esimerkki Taloinfon havainnollisesta sisälämpötilakartasta. Kuvassa yhdessä huoneessa on tarkasteluhetkellä (11.5.2006) liian lämmintä ja kahdessa huoneessa liian kylmää. Kuvassa näkyvä ilmanlaatumittaus on mahdollista vain joistain neuvotteluhuoneista.

5.2.3 Tulokset

Rakennuksen muuntojoustavuus ja sisäilmasto, tavoitteiden saavuttaminen

Ensimmäisen käyttövuoden aikana rakennuksen lämpöolosuhteet on saatu säädettyä pääsääntöisesti tavoitteiden ja työntekijöiden mieltymysten mukaisiksi. Yksittäisten

tilojen osalta on kuitenkin esiintynyt valituksia lähinnä liiasta viileydestä sekä lämmitys- että jäähdytyskaudella. Tässä kohdassa esitettävät kommentit perustuvat SenaatTila-systeemissä esitettyihin valituksiin sekä tilojen tämän selvityksen yhteydessä tehdyn tarkastelun aikana esiin tulleisiin huomautuksiin. Ongelmat ovat liittyneet järjestelmä- ja laitevikoihin, joita on korjattu sitä mukaa kuin valituksia tai havaintoja on tullut. Automaatiojärjestelmän keräämät lämpötilatiedot on koettu huoltohenkilöstön mielestä osin epäluotettaviksi lämpötilaa mittaavien anturien sijoituksen vuoksi (anturit katonrajassa).

Jäähdytyskaudella on lisäksi tullut joitain valituksia vetoisuudesta. Veto-ongelmat ovat olleet työpistekohtaisia sellaisissa paikoissa, joissa jäähdytyspalkin sijoittelu on sattunut työpisteen yläpuolelle. Joitain valituksia työhuoneiden huonosta ilmanlaadusta ja epäilyjä ilmanvaihdon riittävydestä on esiintynyt.

Talossa työskentelevät ovat kritisoineet tilojen, niin yhteisten tilojen kuin työhuoneiden, meluisuutta. Työhuoneiden akustisia ominaisuuksia on saatu parannettua asentamalla akustiikkalevyjä kattoon.

Valaistuksen osalta moitteita käyttäjien taholta on saanut läsnäolotunnistimien toiminta. Käytännössä on esiintynyt tilanteita, joissa työhuoneen valaistus on sammunut omia aikojaan eikä ole suostunut tämän jälkeen syttymään normaalein keinoin. Myös käytävävalaistuksen liiketunnistimien toimintaa (väärä sijoitus aiheuttaa valojen turhaa syttymistä) on kritisoitu.

Kosteusongelmiltakaan ei ole täysin välttytty. Ongelmia on esiintynyt ilmeisesti rakennusaikana ontelolaattoihin jääneen veden tihkuessa joidenkin tilojen katosta. Toinen ongelma on ollut jäähdytysverkoston eristämättömien kohtien (esimerkiksi venttiilikarat) aiheuttama kondenssiveden tippuminen katosta.

Yhteenvedona sisäympäristöstä voidaan todeta, että järjestelmien osalta (lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmä sekä rakennusautomaatio) on kaikki edellytykset täyttää vähintään tavoitteena ollut sisäilmastoluokituksen taso S2 lämpöolosuhteiden osalta. Lämpöolojen osalta on myös työn tuottavuus maksimoitavissa mitattavissa olevin kriteerein. Myös valaistus on pääosin toteutettu asetettujen tavoitteiden mukaisesti. Sen sijaan yhteisten tilojen meluisuuden vähentäminen edellyttää jatkotoimenpiteitä. TaloInfo-palvelu pitäisi laajentaa suunnitelmien mukaiseen käyttöön palvelemaan niin rakennuksessa työskenteleviä kuin rakennuksessa vierailevia asiakkaita.

Sisäympäristön arviointia hankaloitti järjestelmien käyttöönoton keskeneräisyys ja huoltohenkilöstön keskeneräinen koulutustilanne (huoltohenkilö on vaihtunut kolmesti vuoden sisällä).

6. Käyttöikä

6.1 Tausta

Järjestelmien käyttöikä sekä niiden huollon ja kunnossapidon vaatimukset vaikuttavat rakennuksen elinkaarikustannuksiin ja ympäristövaikutuksiin.

Digitalon suunnitteluohjelmassa esitetään tavoitteena, että tärkeimpien rakenteiden, rakennusosien ja teknisten järjestelmien valinnat suoritetaan ratkaisujen koko elinkaaren aikaisten kustannusten perusteella. Sisärungon ja julkisivujen tavoitekäyttöiksi asetettiin 100 vuotta. Suunnitteluohjelman mukaan tavoitteiden toteutumista tuli arvioida hankkeen luonnossuunnitelman hyväksynnän yhteydessä.

Digitalon ekotehokkuuden arvioinnin yhteydessä tehtiin rakennuksen betonirungon ja muuratun julkisivun käyttöiän arviointi. Arviointi tapahtui asiantuntija-arviona siten, että aineistona ja menetelminä käytettiin suunnitteludokumentteja ja rakenteiden silmämääräistä tarkastelua. Viiteaineistona käytettiin VTT:n LifePlan-hankkeessa (Häkkinen ym. 2002) laadittua tietokantaa (LifePlan 2002) rakenteiden ja tuotteiden käyttöikävaatimuksista.

6.2 Digitalon rungon rakenteet 100 vuoden käyttöaikaa silmällä pitäen

Seuraavat näkökohdat perustuvat tutustumiseen Digitalon suunnitteludokumentteihin ja rakennuksen rakennesuunnittelusta vastanneen Pentti Leinon haastatteluun 6.10.2006.

Digitalon rakenteelliset ratkaisut voidaan lyhyesti kuvata seuraavasti:

- ”Kantavat ja jäykistävät väliseinät sekä porras-, hissi- ja LVI-kuilujen seinät, jotka myös toimivat rakennuksessa kantavina ja jäykistävinä seininä, on tehty pääosin teräsbetonielementeistä.
- Portaat on tehty teräsbetonielementtirakenteisina kierreportaina.
- Kantavat pilarit ovat yleensä teräksisiä liittopilareita.
- Ontelolaattoja kantavat palkit ovat yleensä teräksisiä liittopalkkeja (deltapalkkeja).
- Aulan kulkusillat on tehty teräsrakenteisina.
- Osa palkeista on jännitettyjä betonielementtipalkkeja. Väli- ja yläpohjien kantavat laatat ovat yleensä 320 mm korkeita ontelolaattaelementtejä, joiden päälle on valettu ≤ 50 mm:n paksuinen tasausbetonikerros. Toimistonoppien väli- ja yläpohjissa on käytetty reuna-alueilla 500 mm korkeita ontelolaattaelementtejä ja keskialueella TT-laattoja, joiden päälle on valettu ≥ 80 mm:n paksuinen raudoitettu pintabetonilaatta.

- Aulan kulkusiltojen laatat ovat Steelcomp-liittolaattoja.
- Ei-kantavat seinät ovat muurattuja tai levyrakenteisia seiniä.”

Perustukset ja kantava runko on suunniteltu 100 vuoden käyttöikää varten. Toteutustapa huomioon ottaen on vaikea keksiä kummallekaan mitään erityistä vaurioitumismekanismia, joka aiheuttaisi huollon tarvetta tänä aikana. Tämäntapaisissa rakennuksissa jännitetyt ontelo- ja TT-laatat voivat kaareutua betonin ja jänneteräksen pitkällä aikavälillä tapahtuvien muodonmuutosten johdosta. Kaareutumisen voimakkuus ja jopa etumerkki (ylös vai alas) riippuu mitoituksesta ja todellisesta kuormituksesta. Jotta Digitalossa kaareutumisesta ei aiheutuisi vaurioita muille rakenteille, muodonmuutoksille herkät lasiseinät ja ikkunat ovat sillä tavalla erillään kantavasta rungosta, etteivät betonielementtien pitkän ajan kuluessa tapahtuvat muodonmuutokset pysty aiheuttamaan niihin ylimääräisiä rasituksia.

6.3 Digitalon muurattu julkisivu 100 vuoden käyttöikätaoitetta silmällä pitäen

Julkisivumuuraus on poltettua tiiltä (valmistaja Wienerberger). Tiilien polttoaste on korkea, joten pakkasenkestävyys on todennäköisesti hyvä. (Kuva 8.) Saumalaasti on sementtillaastia. Sokkelin päällä avoimiksi jätetyt pystysaumot toimivat tuuletusrakoina (kuva 9).



Kuva 8. Digitalon muurattu julkisivu.



Kuva 9. Avoimet pystysaumamat sokkelin päällä.

Räystääsleveys on muutaman senttimetrin luokkaa. Räystäät eivät suojaa sateilta käytännöllisesti katsoen lainkaan (kuva 10). Julkisivun altistuminen sateille voi johtaa saumojen rapautumiseen ja uusimistarpeeseen ennen 100 vuoden ikää ainakin etelän ja lännen puoleisilla julkisivun osilla. Tiilien voidaan olettaa kestävän 100 vuotta. Toistaiseksi ei ole näkyvissä vaurioita.

Osalla julkisivua on pidemmät ”räystäät”, jotka eivät ole kuitenkaan tiiviit (kuva 11). Ikkunapellitykset ovat normaalit, mutta eivät estä veden valumista julkisivupinnoille.

Osalla julkisivua muuraus ulottuu maahan asti. Sokkelimuuraus joudutaan uusimaan vähintään kerran 100 vuoden aikana (kuva 12). Julkisivussa on laajoja ikkunapintoja, jotka on peitetty maalatulla teräsritilällä. Viistosateiden aikana ikkunaseinät keräävät paljon vettä, joka valuu kapeille muuratuille seinän osille. Nämä ovat erityisen alttiita pakkasrapautumiselle. Muuratuilla seinän osilla nähdään sadeveden liuottamaa kalkkia (kuva 13).



Kuvat 10 ja 11. Digitalon räystäät.

100 vuoden käyttöikä muuratulla julkisivuseinällä voidaan saavuttaa lukuun ottamatta sokkelimuurauksia. Sokkelimuuraukset jouduttaneen uusimaan, mutta siihen on varauduttu, koska varsinainen verhomuurauksen kannatus betonisesta sisäkuoresta sijaitsee sokkeliverhouksen yläpuolella. Tiilien väliset saumat jouduttaneen uusimaan eteläisillä julkisivun osilla ja suurten ikkunoiden alapuolisilla muuratuilla kaistaleilla ainakin kerran sadan vuoden aikana.



Kuvat 12 ja 13. Digitalon muurauksen ulottuminen maahan asti. Digitalon ikkuna-
seiniä.

7. Elinkaarietodullisuus

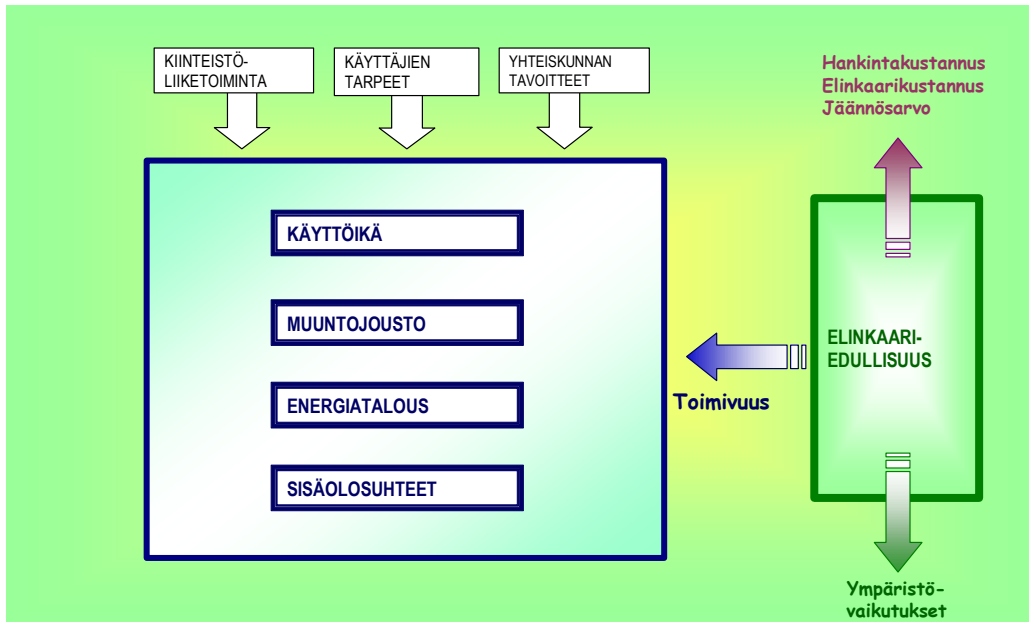
7.1 Tausta

VTT:n käyttämien tilojen kokonaispinta-ala on noin 250 000 bruttoneliometriä, mistä Senaatti-kiinteistöjen hallinnassa noin 140 000 m². Tilakustannusten osuus liikevaihdosta on noin 11 % (yhteensä 24 milj. euroa). Tilakustannukset ovat kohonneet henkilöstön samanaikaisesti hieman vähetessä vuoden 2000 (alle 6 %:n tuottoaste) 6 000 eurosta vuoden 2004 (liiketalouden edellyttämä 7 %:n tuottoaste) 9 000 euroon työntekijää kohti vuodessa. Samanaikaisesti tilankäyttö on huomattavasti tehostunut (mm. Optimaze.net-työkalua hyödyntäen) ja on tuotettu parempia toimitiloja uudis- ja kiinteistökehitystoiminnan keinoin, kuten tässä arvion kohteena oleva muuntojoustava ja korkeatasoisesti tietoverkottunut VTT Digitalo. Työpisteperustainen vajaakäyttö on silti edelleen yli 30 %. Käyttösähkökulutus on myös merkittävästi lisääntynyt.

Toimitilakustannusten alentaminen ja toimitilojen tuottavuusvaikutusten hallinta muodostavat jatkossa yhä merkittävämmän menestystekijän VTT:llä. Tilatarve tulee vähenemään huomattavasti; arvion mukaan tilatarve vähenee 25 000...50 000 m² vuosikymmenen vaihteeseen mennessä. Syynä on palvelutoimintojen ulkoistaminen, yrityskehitystä tukevien toimien yhtiöittäminen, siirtyminen muuntojoustavaan tiimityöskentelyyn, etätyön lisääntyminen sekä uudet alueellistamis- ja tuottavuusstrategiat.

7.2 Laskentatapa

Digitalon elinkaarietodullisuus on määritetty vertailutilanteeseen räätälöityä SeneCost-sovellusta hyödyntäen (kuva 14). Tarkasteluvaihtoehtojen energiankulutukset ja -kultuserot sekä hankinta- ja elinkaarikustannuserot on määritetty suhteessa tavanomaiseen toimistorakennukseen. Yhteenlaskettuja rakennuskustannuseroja on verrattu tavoitehintaan. Etodullisuutta on analysoitu suhteellisten energiankulutusvaikutuksen, rakennuskustannusvaikutuksen ja elinkaarikustannusvaikutuksen pohjalta. Laskennassa ei oteta huomioon mahdollisia käyttäjien terveys- ja tuottavuusvaikutuksia. Liitteessä 3 esitetään elinkaarietodullisuuden tausta-aineistoa ja käsitteiden määrittelyjä. Liitteessä 4 esitetään Digitalon parannusehdotuksia elinkaarietodullisuuden suhteen.



27.11.2006

10

Kuva 14. SeneCost-sovelluksen rakenne.

7.3 Tulokset

Digitalon arvonlisäveroton hankintakustannus on noin 18 milj. euroa ja tonttipääoma noin 3 milj. euroa. Riittävät elinkaaritulot kattava vuokrasopimus on laadittu kaavamaisesti Senaatti-kiinteistöjen hallituksen asettamasta 7 %:n rakennuspääoman (jaottelu taulukossa 2) ja 3 %:n tonttipääoman tuottovaatimuksesta (taulukko 5):

- pääomavuokra 1,37 milj. euroa/vuosi ($0,07 \times 18 + 0,03 \times 3,5$)
- käyttö- ja ylläpitokustannukset 0,27 milj. euroa/vuosi.

Taulukko 5. Rakennuspääoman nettotuottovaatimuksen erittelyesimerkki.

	Prosenttia hankinnan arvosta
Hankintakustannusten kuuletuosuus (poistot)	3,0 %
Rahoituskustannus (korot)	0,3 %
Kiinteistöhallinto ml. verot	0,8 %
Kustannustason nousu-, vaurioitumis-, sijainti-/arvonmenetykset yms. riskit	1,2 %
Tuloutus valtiolle	0,7 %
Tulos	1,0 %
TUOTTOVAATIMUS	7,0 %

Digitalon laskennallinen elinkaarietiedullisuus esitetään taulukossa 6.

Keskeisiä päätelmiä ovat seuraavat

- Digitalo on tilatehokkuudeltaan noin 15 % tavanomaista toimitaloa parempi.
- Digitalon hyvä käytettävyys ja muuntojousto sekä energiatalous merkitsevät suhteellisen hyvää arvonsäilyvyyttä pidemmälläkin elinkaarella.
- Hyvä energiatalous merkitsee huomattavasti alhaisempia energiakustannuksia ja päästövaikutuksia suhteessa tavanomaiseen toimitaloon.
- Pääomakustannusten osuus on yli 2/3 elinkaarikustannuksista, joten elinkaari-kustannusten optimointi on yleensäkin tarpeen toteuttaa pääomakustannus-vaikutusten kautta eikä ainakaan alimitoittamalla sekä arvoon että sisäolo-suhteisiin vaikuttavia huolto- ja kunnossapitokustannuksia. Energiakustannusten osuus on suuruusluokkaa 5 %, joten vaikuttavin energiansäästön motiivi tulee sitoumusten sekä käyttäjäsähkön ja kiinteistönhoidon palkkio-sanktiomallin kautta.

Taulukko 6. Digitalon elinkaariedullisuus suhteessa tavanomaiseen toimitaloon.

Päiväys ja laatija:	<h1>SeneCost</h1>	Elinkaari/nimelliskorko:	15v/3 %
SP. 4.9.2006		Rahoitusaste/rahoitusaika:	35%/15v
		Vuokramalli:	Kokonaisvuokra
		Poisto aika:	30 v (4% hankintamenosta)
		Inflaatio:	2 %
Kohdekuvaus	Perinteinen toimitalo	Digitalo	
Muuntojoustava, tulevaisuuden tekniikoita ja uutta toimintaympäristöä tukeva Digitalo muodostuen 18 työalueyksiköstä.			
Laajuus htm ² /brm ² /rm ³	8 500/11 000/38 000	7 000/9 000/30 800 (-15 %)	
Välitön tilatehokkuus (hyötyala/henkilö):	30	25	
Henkilömäärä	280...550	280...550	
Investointikustannus (milj. euroa)	20	18	
Jäännösarvo (milj. euroa):	16	16	
TOIMIVUUS			
Käyttöikä/Kiinteistökehitysväli (v)	100/40	100/40	
Käytettävyys ja muuntojousto	3...6 käyttäjän toiminta-alueet.	Muuntojoustavat usean (18) eri käyttäjän itsenäiset toiminta-alueet.	
Energiankulutus ja päästöt vuosiarvoina			
– Lämpöenergia (kWh/rm ³ tai kokonaiskulutus MWh)	28/1060	18/550 (-35%/-48%)	
– Kiinteistösähkö (kWh/ rm ³ tai kok.kulutus MWh)	9,5/360	9/280 (-5%/22%)	
– Päästöt ilmakehään CO ₂ tn	580	340 (-41 %)	
Tilojen sisäilmaluokka (S1/S2, S2 tai S2/S3)	S2	S1/S2	
RAHALLISET VAIKUTUKSET			
	1 000 €/v	1 000 €/v	
Pääomakustannus	670	600	
Rahoituskustannus	60	50	
Kiinteistöhallintokustannus	90	80	
Kiinteistövero	55	50	
Käyttö- ja ylläpitokustannus			
Huoltokustannus	65	60	
Kunnossapitokustannus	90	80	
Lämpöenergia	50	25	
Kiinteistösähkö	40	30	
Puhtaanapito (yleis- ja ulkoalueet)	25	30	
Muu vuokravaikutteinen käyttökustannus	30	30	
Tilamuutokustannus	40	10	
Ympäristökustannus	10	10	
Vuokravaikutteinen elinkaarikustannus LCC	1 225	1 055	
- euroa/henkilö/vuosi	4 400	3 800	
- euroa/brm ² /vuosi	110	117	
Elinkaaritulot (vuokrat) LCI	1 770	1 640	
(Tontin osuus	50	50)	
Tuloutus valtiolle Tu	110	100	
Tulos Senaatille/Rakennus (LCE = LCI – LCC-Tu)	435	485	
EDULLISUUS			
Hankintakustannusindeksi Aq _i	1,00	0,88	
Elinkaarikustannusindeksi LCC _i	1,00	0,84	
Vuokraindeksi LCI _i	1,00	0,90	
Jälleenmyyntiarvoindeksi RV _i	1,00	1,00	
Päästöindeksi EH	1,00	0,74	
Elinkaariedullisuus (RV _i)/(Aq _i x LCC _i x EH x LCI _i)	1,00	0,49	
Tuottoaste (Tulos/elinkaaritulot) %/v	24	29	

Taulukossa 7 ennakoidaan Digitalon elinkaarikustannukset 25 vuoden ja 50 vuoden elinkaarilla sillä oletuksella, että Digitalolle toteutetaan kiinteistökehitys ao. elinkaaren lopulla, jolloin on uusi lähtötilanne arvonmääritykselle ja elinkaarikustannusten laskennalle.

Taulukko 7. Digitalon odotettavissa olevat elinkaarikustannukset nykyarvona.

Elin- kaari	Hankinta- kustannus	Huolto	Kunnos- sapito	Kiinteistö- kehitys- investointi	Lämpö- energia	Sähkö- energia	Muu kustan- nus	Elinkaari- kustannus yhteensä
25 v	22,0	1,5	2,5	0	0,7	1,8	3,0	31,5
50 v	22,0	3,0	4,0	15,0	1,4	3,5	6,5	57,4

Taulukossa 8 tarkastellaan edullisuusanalyysin riskitekijöitä ja niiden hallintakeinoja.

Riskien kantaminen ja hyötyjen jakaminen optimoidaan siten, että esimerkiksi

- käyttäjämuutokset mahdollistetaan ja yksilöidään riittävän tarkasti
- energiankulutusta alentavat ohjelmoitua korkeammat ns. aktiiviset huolto- ja kunnossapitokustannukset hyvitetään kannustavana palkkiona
- sisäolosuhteita parantavat aktiiviset huolto- ja kunnossapitokustannukset hyvitetään kannustavana palkkiona.

Vuokra-ajan päätyttyä Senaatilla on omistuksessaan lähes arvonsa säilyttänyt rakennus ja todennäköisesti arvoaan kohottanut tontti. Senaatin kannalta yksittäisen kiinteistön (Digitalo) suhteellisen hyvällä tuottoasteella kyetään paikkaamaan mm. tyhjilleen jäävien (VTT:n) tilojen mahdollisia myyntitappioita ja ennakoimattomien vaurioiden korjauskustannuksia ym., jolloin Senaatin kokonaistulos on valtiovarainministeriön vaatimusten mukaisella tasolla.

Taulukko 8. Kustannusperustaiset kriittiset riskit. Lyhenteet ja merkinnät:

Toimijat

Ti Tilaaja (Senaatti)

Tu Tuottaja

Kä Käyttäjä (VTT)

Riskin todennäköisyys

1 Epätodennäköinen

2 Mahdollinen

3 Todennäköinen

Hyöty/ Riski	Hyödyn/ Riskin jako	Merkitys	Riskin toden- näköi- syys	Riskin hallinta
Tavoitteiden asettamisen onnistuneisuus alkuvaiheessa / suunnittelu-prosessin kesto	Ti, Tu	Epärealistiset tavoitteet voivat johtaa suunnitteluprosessin pitkään keston ja huomattaviin kustannusylityksiin	2	Vaatimusten hallinta, tavoitteiden realismisuus
Ennakoidun käyttöiän ja jäännösarvon toteutuminen	Ti, Tu, Kä	Odotettua aiemmin vanhentunut tekniikka / uusiutuneet käyttäjätarpeet	2	Kelpoisuuden varmistaminen, käyttö- ja huolto-ohjeet
VTT:n pysyvyys Digitalossa	Ti, Kä	Uudelleenvuokrattavuus, myytävyyys	1	Hyvä sijainti, Asiakasläheisyys, palvelutarjonnan monipuolisuus, vuokrien kohtuullisuus
Hankintahinnan hallittavuus	Ti, Kä	Tarpeettoman tiukka kustannuspuite	2	Tarjouspyynnöt, suunnittelun pullonkaulojen tunnistus
Rahoituskustannusten ennakoimaton nousu	Ti	Tuottoaste	2	Rahoitussopimus
Huoltokustannusten ennakoimaton nousu	Ti, Tu	Käyttökustannukset, tuottoaste	3	Huolto-ohjelmointi ja sen toteutumisen seuranta
Kunnossapitokustannusten ennakoimaton nousu	Ti, Tu	Kunnossapitokustannukset, tuottoaste, käyttäjätyytyväisyys	3	Vauriomekanismien hallinta, ennakoida ja optimaalinen kunnossapito, markkinaennusteet
Lämpöenergiakulutustavoitteiden toteutuminen	Ti, Tu, Kä	Käyttökustannukset, tuottoaste	2	Energialaskenta, opastus, palkkio-sanktio
Sähköenergiakulutustavoitteiden toteutuminen	Ti, Tu, Kä	Käyttökustannukset, tuottoaste	2	Energialaskenta, opastus, palkkio-sanktio
Sisäolosuhdetavoitteiden toteutuminen	Ti, Tu, Kä	Kunnossapitotarpeet, Asiakastyytyväisyys, asiakaspysyvyys, tuottoaste	3	ToVa, palkkio-sanktio
Lämpötariffien ennakoimaton kustannustason nousu	Ti, Kä	Käyttökustannukset, tuottoaste	3	Energialoudellisuus, vuokrasopimus
Sähkötariffien ennakoimaton kustannustason nousu	Ti, Kä	Käyttökustannukset, tuottoaste	3	Sähköpörssi, vuokrasopimus

8. Ympäristövaikutukset

8.1 Tausta

Rakennusten ympäristövaikutukset aiheutuvat rakennusten tuotannon ja käytön materiaali- ja energiavirroista ja maankäytöstä. Ympäristökuormituksia aiheutuu rakennuksessa käytettyjen materiaalien ja rakenteiden valmistuksesta ja kuljetuksesta, rakentamisessa käytettyjen koneiden ja laitteiden energiankulutuksesta, rakennuksen käytön energiankulutuksesta sekä huollon ja kunnossapidon materiaaleista ja energiankäytöstä. Lisäksi ympäristövaikutuksia aiheutuu rakennuksen käytönaikaisista jätteistä. Rakennus vaikuttaa ympäristöön välillisesti myös sijaintinsa kautta. Hyvä saavutettavuus julkisen ja kevyen liikenteen keinoin ja rakennuksen käyttäjien tarvitsemien palvelujen helppo saavutettavuus vaikuttavat edullisesti rakennuksen aiheuttamiin välillisiin ympäristövaikutuksiin.

Ympäristövaikutusten arviointia varten kehitettiin Suomessa ”Menetelmä rakennustuotteiden ympäristöselosteiden laadintaan ja rakennusten ympäristövaikutusten arviointiin” (EKA 2004). Menetelmä antaa ohjeet rakennustuotteiden ympäristöselosteiden laadintaan sekä rakennusten elinkaaren aikaisten ympäristövaikutusten arviointiin. Digitalon ympäristövaikutuksien arvioinnissa noudatettiin EKA-menetelmää. Liitteessä 5 esitetään lyhyt selostus menetelmän pääperiaatteista.

Rakennus- ja kiinteistöala on kehittänyt kiinteistöjen ympäristöluokitusjärjestelmän, ns. PromisE-järjestelmän, uusille ja vanhoille kiinteistöille. Luokituksen mukaan rakennus voidaan arvioida ja luokitella rakennuksen terveydellistä haitattomuutta, ekologiaa vaikuttaviksi, resurssien käyttöä ja ympäristöriskejä indikoivien muuttujien avulla. Arviointitulokset pisteytetään ja rakennukselle annetaan arvosana, joka kuvaa rakennuksen ympäristövaikutuksia. PromisE-järjestelmä on laadittu asuin- ja toimistorakennuksille sekä kauppakiinteistöille. Käytetyssä arviointiasteikossa paras arvosana on A, joka edustaa erinomaista tasoa. B-luokka edustaa kiitettävää tasoa. Arvion mukaan noin 10–15 % uusista kiinteistöistä kuuluu jompaankumpaan näistä luokista. Systemi on laadittu siten, että E-luokka vastaa normaalia nykytasoa. Sen alle jäävät kiinteistöt eivät saa luokitusta. Järjestelmä jakautuu seuraaviin pääluokkiin ja kategorioihin:

- käyttäjien terveys (sisäilmaston hallinta, ilmanlaatu, kosteuden hallinta, valaistus)
- luonnonvarojen kulutus (energiankulutus, vedenkulutus, maankäyttö, materiaalit, käyttöikä)
- ekologiset vaikutukset (päästöt ilmakehään, kiinteät jätteet, tonttियmpäristön monimuotoisuus, liikenteen ympäristövaikutukset)
- ympäristöriskit (tontin ympäristöriskit, rakennuksen ympäristöriskit, rakennustyömaa).

Digitalon ympäristövaikutuksia arvioitiin elinkaariarviomenetelmän mukaisesti ja hyödyntämällä PromisE-järjestelmän indikaattoreita. Rakennuksen tekniset parametrit esitetään taulukossa 9.

Taulukko 9. Digitalon tekniset parametrit perinteiseen toimistotaloon verrattuna.

	Perinteinen toimistotalo	VTT:n Digitalo (runko ja vaippa)
htm ²	8 500	7 000
brm ²	11 000	9 000
Kerrosala m ²		
rm ³	38 000	30 800
Tilatehokkuus (hyötyala/henkilö)	30	25...13
Henkilömäärä	280...550	280...550
Käytettävyys	3...6 eri käyttäjän itsenäiset toiminta-alueet	18 eri käyttäjän itsenäiset toiminta-alueet
Käyttöikätaivoite		100 v

8.2 Rakennuksen käytön energiankulutus ja ympäristövaikutukset

Digitalon hankesuunnitelmassa esitetään tavoitteet energiankulutukselle. Lämpöenergiankulutuksen tavoitearvo on 18 kWh/rm³ ja sähköenergiankulutuksen tavoite 27 kWh/rm³.

VTT:n Digitalon energiankulutuksen arviot on tehty elinkaarisuunnittelun yhteydessä (TTY 2002). Taulukossa 10 esitetään kohteen simuloinnin avulla arvioitu energiankulutus, energiankulutuksen tavoitearvo ja vertailuna keskimääräinen energiankulutus uusissa toimistotaloissa (Motiva Oy:n tilastot).

Taulukko 10. Toimistotalon energiankulutus simuloinnin, hankesuunnitteluarvon ja vertailun mukaan.

Energia	Yksikkö	Simulointi	Hankesuunnitelman tavoitearvo	Uudet toimistotalot
Lämpö	kWh/rm ³ /a	16	18	28
Sähkö	kWh/rm ³ /a	14	27	28

VTT:n Digitalo kuuluu PromisE-hankesuunnitelmassa esitetyn lämmönkulutuksen tavoitearvon 18 kWh/rm^3 perusteella luokkaan C. Luokassa C lämmönkulutuksen vaatimuksena on enintään 70 % keskikulutuksesta ($19,6 \text{ kWh/rm}^3$). Jos luokituksen kohteeksi otetaan simulointiarvo, Digitalo kuuluu luokkaan B (60 % keskikulutuksesta). Lopullinen luokitus tulee kuitenkin tehdä toteutuneiden kulutusarvojen mukaan. Digitalon arvioitu kiinteistösähkönkulutus on 9 kWh/rm^3 , minkä nojalla rakennus kuuluu sähkönkulutuksessa PromisE-luokkaan B.

VTT:n Digitalon ympäristökuormituksen laskennassa on otettu huomioon lämmön ja sähkönkulutuksen hankesuunnittelun tavoitearvot (taulukko 11). Vertailuna on käytetty tavanomaista uutta toimistotaloa, jossa sähkön ja lämmön kulutus ovat kumpikin 28 kWh/rm^3 (Motiva Oy:n tilastonmukainen keskiarvo). Sähkön ja lämmön ympäristöprofiileina on käytetty keskimääräisen suomalaisen sähkön sekä lämmön ympäristöprofiilia vuoden 2000 tuotannon mukaan (EKA 2004). Energiankulutuksen ympäristökuormituksen tulokset esitetään taulukossa 3.

Taulukko 11. Sähkön ja lämmön vuosikäytön ympäristöprofiili (sähkön ja lämmön-kulutuksena arvoina VTT:n Digitalon osalta on käytetty suunnitteluarvoja, tavanomaisen toimistotalon osalta Motiva Oy:n ilmoittamia keskimääräisiä kulutuksia).

Ympäristöparametri	Tavanomainen toimistotalo	DIGITALO	Digitalon %-osuus tavanomaisesta tasosta
Energia			
Uusiutumaton energia (GJ/a)	8 451	7 234	86 %
Uusiutuva energia (GJ/a)	2 242	1 968	88 %
Raaka-aineet			
Uusiutumaton raaka-aine (t/a)	160	128	80 %
Uusiutuva raaka-aine (t/a)	-	-	
Päästöt ilmaan			
CO ₂ (t/a)	392	313	80 %
CO (kg/a)	761	626	82 %
SO ₂ (kg/a)	741	589	79 %
NO _x (kg/a)	877	706	81 %
CH ₄ (kg/a)	1 256	1 006	80 %
NMVOOC (kg/a)	60	48	80 %
N ₂ O (kg/a)	38	31	81 %
Raskasmetallit (kg/a)	0,172	0,140	80 %
PM ₁₀ (kg/a)	1 050	869	83 %

8.3 Rakennuksen tuotannon ja kunnossapidon ympäristövaikutukset

VTT:n Digitalon tuotannon ympäristövaikutusten arvio perustuu JP Talotekniikka Oy:n laskentaan (JP 2004). Taulukossa 12 on VTT:n Digitalon ympäristökuormitus 100 vuoden käyttöiän aikana jaoteltuna rakennusvaiheeseen ja kunnossapitoon. Laskennassa ovat mukana seuraavat työt, rakenteet ja järjestelmät:

- 112 Kaivannot ja täytöt
- 113 Kuivatusrakenteet
- 114 Tuennat ja vahvistukset
- 115 Alueen päällysrakenteet

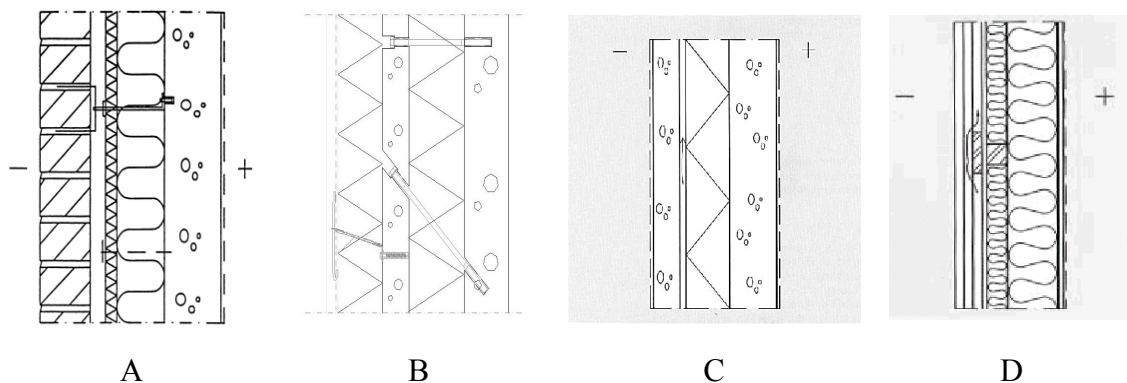
- 117 Aluerakenteet
- 122 Perustukset ja alapohjat
- 123 Runko
- 124 Julkisivu
- 125 Ulkotasot
- 126 Vesikatot
- 132 Tilajako-osat
- 133 Tilapinnat
- 221 LVV-järjestelmät
- 222 Ilmastointijärjestelmät
- 223 Sähköjärjestelmät.

Taulukko 12. Digitalon tuotannon ja kunnossapidon ympäristöprofiili. Suunniteltu käyttöikä 100 vuotta.

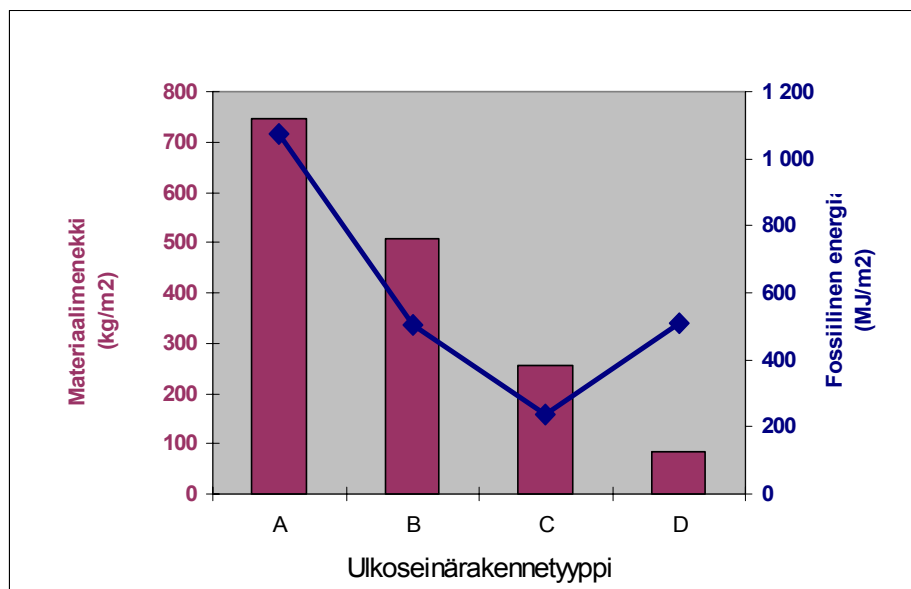
Ympäristöparametri	Rakennus	Työmaa	Kunnossapito	Digitalo (yhteensä)
Energia				
Uusiutumaton energia (GJ/100 v)	37 638	18 119	18 240	73 996
Uusiutuva energia (GJ/100 v)	3 679	235	2 663	6 576
Fossiilinen energia raaka-aineissa (GJ/100 v)	2 254*	1 212*	1 372*	4 838*
Bioenergia raaka-aineissa (GJ/100 v)	-	-	-	-
Raaka-aineet				
Uusiutumaton raaka-aine (t/100 v)	32 407	195	14 041	46 642
Uusiutuva raaka-aine (t/100 v)	121	52	129	303
Piilovirrat (t/100 v)	121	13	89	223
Päästöt ilmaan				
CO ₂ (t/100 v)	2 857	308	1 185	4 350
CO (kg /100 v)	22 341	1 459	6 466	30 267
SO ₂ (kg/ 100 v)	4 922	366	3 079	8 368
NO _x (kg/100 v)	9 641	2 182	3 919	15 741
CH ₄ (kg/100 v)	5 884	374	1 657	7 915
NMVOOC (kg/100 v)	5 455	358	9 627	15 440
HC (kg/100 v)	107	0,274	299	406
N ₂ O (kg/100 v)	373	14	38	424
Raskasmetallit (kg/100 v)	4,3	18	1,6	24,2
PM ₁₀ (kg/100 v)	7 974	314	6 236	14 524
HCl (kg/100 v)	53	4	70	127
HF (kg/100 v)	2, 9	0,257	2, 8	6,0
NH ₃ (kg/100 v)	57	-	169	226
Päästöt veteen				
COD (kg/100 v)	182	8, 7	182	372
BOD (kg/100 v)	22	5, 1	22	49
N _{tot} (kg/100 v)	15	5,5	15	36
P _{tot} (kg/100 v)	2, 2	0,88	2, 2	5, 3
Jätteet				
Kaatopaikkajätteet (t/100 v)	379	56	379	815
Ongelmajätteet (t/100 v)	0,20	0,12	0,20	0,53

- Oletettu, että kaikki sitoutunut energia on fossiilista.

Rakennuksen ympäristöprofiili (taulukko 4) voidaan ns. DAIA-menetelmän avulla supistaa yhteen lukuun (ks. tarkemmin liite 5). Näin menetellen VTT Digitalon kokonaisvaikutukseksi saadaan 3,9 DAIA-yksikköä huoneistoneliötä. PromisE-luokituksessa A-luokan vaatimuksena on $< 2,3/h\cdot m^2$ ja B-luokan vaatimuksena on $< 3/h\cdot m^2$. C- ja D-luokassa ei esitetä raja-arvoja, mutta vaatimuksena on, että ympäristövaikutukselle on esitetty tavoitearvo. Digitalon suunnitteluohjelmassa ei ole esitetty tavoitearvoa ja kokonaisvaikutus on kohtalaisen korkea, joten rakennusosien ympäristövaikutusten suhteen rakennus kuuluu E-luokkaan PromisE-järjestelmän mukaisesti. Korkea kokonaisvaikutus aiheutuu Digitalon rakentamiseen käytettyjen materiaalien määrästä ja laaduista, mitä havainnollista kuvan 15 julkisivuesimerkki.



Ulkoseinärakenteet: A – muurattu julkisivu + kantava teräsbetoni, B – rapattu teräsbetonielementti, C – teräsbetonielementti, D – lomalaudoitettu julkisivu puurungolla.



Kuva 15. Neljän vaihtoehdoisen julkisivurakenteen materiaalimenekki ja energiasisältö fossiilisen energian suhteen.

Taulukossa 13 esitetään VTT:n Digitalossa käytettyjen rakenteiden ympäristövaikutusten vertailu Joensuuhun rakennettuun Metlan tutkimuskeskuksen vastaaviin

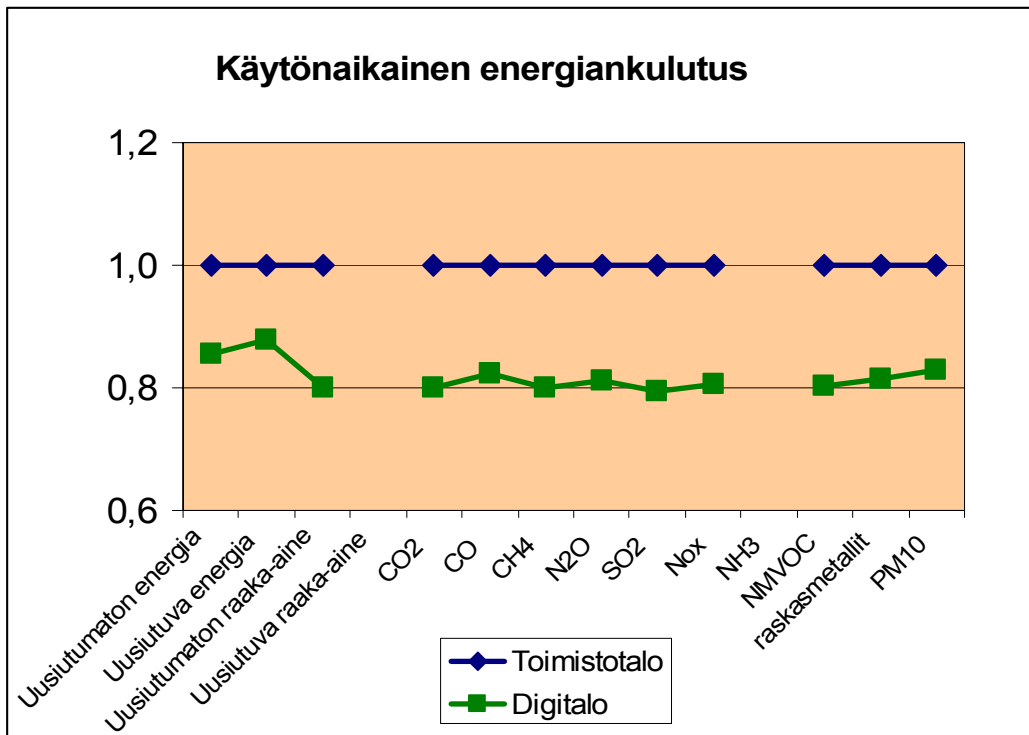
rakenteisiin. VTT Digitalo on tässä vertailussa mukana tiili-/betonivaihtoehtona. Tulokset esitetään m^3 kohden, brm^2 kohden sekä tutkimuskeskuksen rakennuksiin suunniteltujen käyttäjämäärien suhteen. Ympäristövaikutuksien vertailu esitetään kolmen parametrin (uusiutumaton energia, uusiutumattomat raaka-aineet, CO_2) avulla.

Taulukko 13. VTT:n Digitalossa käytettyjen rakenteiden ympäristövaikutuksien vertailu Joensuuhun rakennettuun Metlan tutkimuskeskuksen vastaaviin rakenteisiin.

	Metlan tutkimuskeskus toteutettuna puurakennuksena (runko ja vaippa)	Metlan tutkimuskeskus, vaihtoehtoinen tarkastelu betonirakennuksena (runko ja vaippa)	VTT:n Digitalo (runko ja vaippa)
Vertailtavien toimistotalojen vaipan ja rungon ympäristökuormat laskettuna rakennuskuutiota kohden			
Uusiutumaton energia (MJ/m^3)	100	220	440
Uusiutumaton raaka-aine (kg/m^3)	44	150	250
CO_2 (kg/m^3)	9,6	24	40
Vertailtavien toimistotalojen vaipan ja rungon ympäristökuormat laskettuna brutto- m^2 kohden			
Uusiutumaton energia (MJ/brm^2)	460	980	1 500
Uusiutumaton raaka-aine (kg/brm^2)	200	650	850
CO_2 (kg/brm^2)	42	110	140
Vertailtavien toimistotalojen vaipan ja rungon ympäristökuormat laskettuna suunniteltujen käyttäjämäärien suhteen			
Uusiutumaton energia ($\text{GJ}/\text{henkilö}$)	33	48	25
Uusiutumaton raaka-aine ($\text{t}/\text{henkilö}$)	22	27	14
CO_2 ($\text{kg}/\text{henkilö}$)	3 600	4 400	2 200

8.4 Yhteenveto

Rakennuksien ympäristövaikutuksista merkittävä osa syntyy rakennuksen käyttön aikaisesta lämmön- ja sähkönkulutuksesta. Hankesuunnitelman tavoitteiden mukaan VTT:n Digitalo suunniteltiin tavanomaisiin toimistotaloihin verrattuna vähemmän energiaa kuluttavaksi. Tähän saakka reaaliaikaisia energiankulutustietoja ei ole ollut saatavana, joten laskennassa käytettiin hankesuunnittelun tavoitearvoja. Tämän mukaan Digitalon energiankulutus ja päästöt (lämmityksessä ja sähkönkäytössä) ovat noin 20 % pienemmät tavanomaiseen toimistotaloon nähden (kuva 16).



Kuva 16. Digitalon käytönaikaisen energiankulutuksen vertailu tavanomaiseen toimistotaloon.

Digitalon edullisuutta ympäristövaikutuksien suhteen lisäävät myös seuraavat tekijät:

- Rakennus sijaitsee erittäin hyvien julkisen liikenteen ja kevyen liikenteen yhteyksien varrella.
- Rakennuksen lähistöllä sijaitsee monia rakennuksen käyttäjien tarvitsemia palveluja.
- Rakennus on rakennettu entuudestaan rakentamisella käyttöönotetulle tontille.
- Rakennuksen suunnittelussa on otettu huomioon muuntojoustavuuden tavoitteita (vrt. kohta 5.1).
- Rakennuksen rungolle ja julkisivulle asetettiin 100 vuoden käyttöikätaavoite, mikä otettiin suunnittelussa huomioon.

9. Päätelmiä

Euroopan rakennusteknologisen foorumin (ECTP, European Construction Technology Platform) visiossa ”Vision for a Sustainable and competitive construction sector” todetaan, että rakennusala on muuttumassa asiakaslähtöiseen, kestävään ja tietointensiiviseen suuntaan. ECTP:n vision mukaan (ECTP 2006)

In the year 2030, Europe's built environment is designed, built and maintained by a successful knowledge- and demand driven sector, well known for its ability to satisfy all needs of its clients and society, providing a high quality of life and demonstrating its long-term responsibility to the mankind's environment. ...In order to meet this vision, objectives and research targets are specified for two key aspects of construction: Meeting client requirements and reaching sustainability....

Palvelut ovat yksi kolmesta strategisesta tutkimusteemasta: Service issues include the pursuit of health, safety and sustainability by meeting human needs and improving accessibility, quality of life and work.

VTT Digitalo on yksittäinen esimerkki, mutta sekä hankkeen lähtökohdat että tulokset painottavat kestäväen kehityksen mukaisten palvelujen kehittämistä asiakkaan tarpeiden ja vaatimusten täyttämiseksi.

Tilapalvelut ovat tilojen ominaisuuksiin kohdistuvia ja käyttäjän toimintaa tukevia palveluja (Rakli 2001). Ydinkysymyksenä tilapalvelujen kehittämisessä on vaatimushallinnan kehittäminen sellaiseksi, että sen avulla voidaan tunnistaa erilaiset käyttäjätarpeet sekä suhteessa tilojen käytettävyyteen että niiden toimivuuteen. Vaatimushallinnan avulla tulisi myös kyetä hallitsemaan kestäväen rakentamisen tavoitteita. Syvälinen vaatimushallinta merkitsee informaationhallintaa ja vaatii tuekseen prosessia avustavia informaatioteknologisia ratkaisuja.

Käyttäjätarpeiden tunnistamista varten on käytössä hyvin puutteellisia menetelmiä. Olemassa olevat menetelmät tukevat lähinnä käyttäjätyytyväisyyden selvittämistä, minkä avulla toimija tosin voi pitkäjänteisesti kehittää osaamistaan käyttäjätyytyväisyyden hallinnassa. Kestäväen kehityksen ja toimivuus- ja laatuvaatimusten tavoiteasetantaa varten on kehitetty lähinnä rakennuskohtaisia menetelmiä ja työkaluja. Näitä ovat esimerkiksi suomalaiset PromisE-menetelmä ja EcoProP-työkalu (EcoProP 2006). Näitä menetelmiä tulisi kehittää eteenpäin toiminto- ja tilakohtaisten tarpeiden ymmärtämiseksi ja niitä vastaavien tavoitteiden hallitsemiseksi. Tilojen toimivuustarpeiden tunnistamista tukevia menetelmiä on jonkin verran, mutta sen sijaan tilojen kelpoisuutta käyttäjän strategian ja toimintamallien kannalta sekä tilojen käytettävyyttä koskevat vaatimushallinnan systematiikat puuttuvat lähes kokonaan.

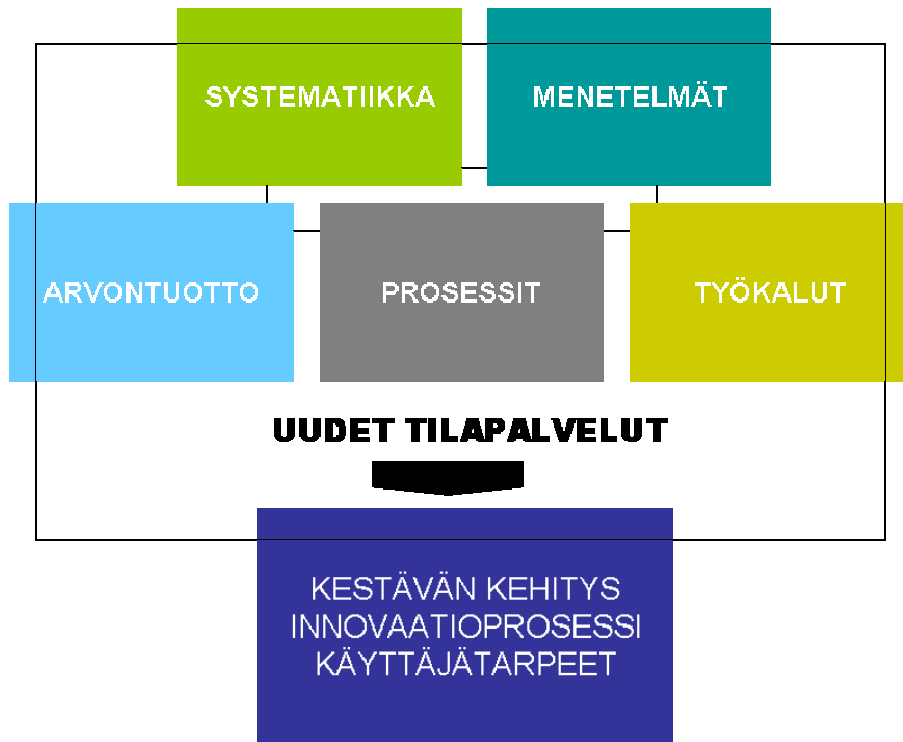
Tarpeen on myös kehittää menetelmiä käyttäjätarpeiden ymmärtämiseen. Suunnittelu- vaiheessa tulisi pystyä luomaan ymmärrys siitä, millaista on käyttäjien toiminta päivittäisen työn näkökulmasta ja mitä organisaation tavoitteleva strateginen toimintatapa tarkoittaa käytännön tekemisessä. Lähtökohtana pitäisi olla käyttäjien näkemys omasta työstään ja sen vaatimuksista eikä niinkään käyttäjien suoraan ilmaisemat tarpeet työympäristölle. Kun lähtökohta on selvitetty, voidaan tulkita tarpeita työympäristölle. Tarvitaan menetelmiä, joilla voidaan mallintaa, analysoida ja arvioida työn luonteen ja tavoiteltavan muutoksen asettamia vaatimuksia työympäristölle.

Kun tavoitteeksi asetetaan asiakaslähtöisten ja kestävien tilapalvelujen kehittäminen, lähtökohtana tulisi olla kiinteistöjen käytettävyyden ja toimivuuden problematiikan kokonaisvaltainen ymmärtäminen. Tämä vaatii olemassa olevien systematiikkojen ja jäsentelyjen analyysiä ja asetettuja tavoitteita paremmin palvelevien uusien systematiikkojen kehittämistä. Uusissa systematiikoissa tulisi kyetä ottamaan huomioon tilojen kelpoisuus käyttäjän strategian ja keskeisten toimintamallien kannalta, soveltuvuus käyttötärpeisiin, toiminnan luonteen aiheuttamat hienopiirteiset erityisvaatimukset, ihmisen ja teknologian rajapinnan problematiikka, käyttäjän sietokyky toimimattomuuden riskien suhteen ja soveltuvuus toiminnan haluttuun imagoon ja mahdolliseen brändiin. Käyttötärpeiden ymmärtäminen tulisi kyetä tulkitsemaan tilakohtaisiksi vaatimuksiksi, joiden tulisi ohjata sekä rakennuksen suunnitteluprosessia että käyttövaiheen palvelujen suunnittelua. Vaatimukset tulisi kytkeä rakennuksen tai sen korjauksen suunnitteluun niin kiinteästi, että ratkaisuja peilattaisiin luontevasti koko suunnittelu- ja rakentamisprosessin aikana näihin vaatimuksiin.

Tämän julkaisun luvussa 2 esitettyjen lähtökohtaisten määritelmien mukaan kestävä kehityksen mukaisesta rakentamisesta ja kestävä kehityksen mukaisista tilapalveluista voidaan laajassa mielessä puhua vasta, kun rakennettu ympäristö ja rakennetut tilat tukevat käyttäjien tarpeiden mukaista toimintaa ja erityisesti mahdollista roolia innovaatioprosessissa ja samalla aiheuttavat mahdollisimman pienen ympäristövaikutuksen.

Jotta kokonaisvaltaisten tilapalvelujen kehittäminen tulisi houkuttelevaksi, pitäisi kehittää ymmärrys tilapalveluiden suorista ja epäsuorista vaikutuksista arvontuottoon. Tämä edellyttäisi problematiikan jäsentämistä, vaikuttavien tekijöiden ja vaikutusmekanismien pohdintaa, case-selvityksiä ja indikaattoreiden kehittämistä.

Toimivien tilapalvelujen mahdollistamiseksi tulisi kehittää paitsi käyttäjätarpeiden ymmärtämistä ja vaatimushallintaa myös uusien tilapalvelujen implementoinnin prosesseja. Tulisi määritellä prosessin vaiheita ja niihin liittyviä tehtäviä, eri toimijoiden rooleja ja toiminnallisia vastuita, tiedonkulun, päätöksenteon sekä tarkistuksien, monitoroinnin ja varmistuksien tapahtumasarjoja jne. Lisäksi tulisi kehittää työkaluja näiden prosessien ja prosesseihin liittyvän tiedonhallinnan avuksi (kaavio 13).



Kaavio 13. Uusien tilapalvelujen kehittämistarpeita.

10. Yhteenveto

Työympäristöjen uudistamisen tavoitteet

Työympäristöjen uudistamisessa voidaan saavuttaa hyötyjä niin yhteiskunnan, organisaatioiden kuin yksilöiden näkökulmasta. Yhteiskunnan kannalta tavoiteltavia asioita ovat tietoyhteiskunnan ja kestävä yhdyskunnan tavoitteet. Joustavien ja informaatioteknologiaa tehokkaasti hyödyntävien ratkaisujen avulla voidaan säästää tiloja ja niiden tekemiseen ja ylläpitämiseen tarvittavia resursseja. Uudet työn tekemisen muodot voivat vähentää työntekijöiden päivittäistä työmatkaliikkumista ja säästää liikenteen ympäristökuormituksia. Organisaatioiden tasolla tavoitellaan yhteiskuntavastuullista toimintamallia, parempaa työn tehokkuutta ja tuottavuutta, yhteistyötä, hyvää vuorovaikutusta ja hyvää ympäristöä luovuudelle ja innovaatioille. Organisaation tasolla voidaan myös tavoitella ekotehokkaita ja terveydelle haitattomia kiinteistöjä. Yksilön tasolla työympäristöjen kehittämisessä tavoiteltuja etuja ovat parempi työviihtyvyys, terveelliset työympäristöt ja yksilöllisten valintamahdollisuuksien paraneminen.

Moderni työympäristö

Organisaatioiden innovatiivisuus on merkityksellistä ja välttämätöntä yhteiskunnan kestävä kehityksen kannalta. Jatkuva innovaatioprosessi on välttämätöntä kestävä kehityksen haasteiden ratkaisemiseksi. Rakennetun ympäristön tulisi tarjota hyvät olosuhteet organisaatioiden toiminnalle innovaatioprosessissa. Kysymyksenä on, kuinka merkityksellisesti rakennetun ympäristön ja rakennuksien ratkaisulla on mahdollista tukea organisaatioiden innovatiivista toimintaa.

Modernin työympäristön yhtenä olennaisimpana piirteenä pidetään sen kykyä tukea vuorovaikutusta ja viestintää. Hyvän vuorovaikutuksen ja viestinnän avulla tieto kulkee, päätöksiä voidaan tehdä nopeasti ja mahdollisuuksia hyödyntää tehokkaasti. Sen sijaan työpaikan merkityksellisyys paikkana, jossa käytetään sinne konkreettisesti varastoitua informaatiota, vähenee; informaatiota voidaan käyttää lähes missä tahansa. Keskeinen syy tuoda ihmiset työskentelemään samaan rakennukseen on sosiaalinen vuorovaikutus, mahdollisuudet tiedonvaihtoon, inspiroiintiin ja inspiroitumiseen, ohjaukseen ja palautteeseen. Toisaalta osa työstä vaatii syvällistä, yksinäistä keskittymistä. Haasteena on kehittää sellaisia työympäristöjä, jotka tarjoavat mahdollisuudet tehokkuuden ja tuottavuuden edellyttämään hyvään vuorovaikutukseen ja viestintään ja luovat riittävät edellytykset myös häiriöttömälle ja keskittyneelle työlle. Tämä lähtökohta tunnustetaan yleisesti.

VTT Digitalon arviointi

Tässä selvityksessä arvioitiin VTT:n tietotekniikkatutkimuksen ja tutkimuksen johdon käytössä olevan VTT Digitalon laatua kestäväen kehityksen vaatimuksien näkökulmasta. Rakennuksen suunnittelussa oli alusta alkaen tavoitteena luoda moderni, vuorovaikutteista toimintaa tukeva työtilaratkaisu. Rakennuksen suunnittelussa tavoiteltiin lisäksi edullisia elinkaarikustannuksia, muuntojoustavuutta ja pitkää käyttöikä. Selvityksen lähtöoletuksena oli, että

- kestävä kehitys liittyy tiiviisti innovaatiotoimintaan; kestävä kehitys vaatii innovaatioita
- rakennuksen tila- ja toimivuusratkaisuilla voidaan tukea ja luoda edellytyksiä innovatiiviselle työlle
- VTT:n toimitiloille asettama käyttäjävaatimus koskee ennen muuta hyviä sisäolosuhteita ja tilojen kykyä tukea vuorovaikutteista ja innovatiivista tutkimustyötä ja tutkimuksen johtoa
- rakennuksen hyvä ekotehokkuus merkitsee käyttäjätarpeiden ja halutun toimivuuden toteutumista mahdollisimman vähäisillä ympäristövaikutuksilla
- rakennuksen ympäristövaikutuksiin vaikuttavat sen käyttöikä ja muuntojousto, rakentamisen ja käytön aikaisen materiaali- ja energiavirrat sekä sijainti.

Käyttäjätyytyväisyys ja sisäolosuhteet

Selvityksen yhteydessä tehdyn käyttäjätyytyväisyystutkimuksen perusteella Digitalo onnistui osittain tavoitteessa tukea VTT:n uuden strategian mukaista toimintamallia, mutta kehitettävää on vielä. Halutun toimintamallin keskeisiä tavoitteita ovat vuorovaikutuksen edistäminen ja osaamisen yhdistäminen. Merkittävimmät koetut vuorovaikutusta vaikeuttavat asiat olivat spontaaniin keskusteluun ja työskentelyyn tarvittavien tilojen vähyys sekä vapaamuotoiseen kokoontumiseen sopivien tilojen puute. Haastattelujen perusteella suunnittelun lähtökohtana olevat ideat eivät käytännössä toteudu Digitalossa. Toisaalta Digitalon tiloissa on käyttämätöntä potentiaalia. Tämän potentiaalın realisoimiseksi tarvitaan ehkä sopimista uusista pelisäännöistä, tilojen ja varusteiden käytön opastusta ja tiedotusta sekä tilojen nykyisten käyttötarkoitusten tarkistusta. Myös muutostöitä voidaan tarvita, jotta tilat saadaan tehokkaaseen käyttöön. Noppien keskitilan muuttaminen omaksi projekti- ja neuvotteluhuoneeksi vaikutti olevan selkeästi käyttäjätyytyväisyyttä lisäävä tekijä niillä tiimeillä, joilla oli mahdollisuus tilan hyödyntämiseen ja jotka käyttivät sitä yhteistyötarkoituksessa. Tila mahdollistaa spontaanit kokoontumiset. On mahdollista, että korkeat tietoturvan ja muut turvallisuuden vaatimukset ovat osittain vaikeuttaneet tavoiteltujen ideoiden toteuttamista. Talon tarjoamien ICT-mahdollisuuksien käyttöä, tilojen käyttöä – erityisesti noppien keskitilan ja talon keskikäytävällä olevien pyöreiden pöytien käyttöä – ja tavoitteiden toteutumista pitäisi edistää aktiivisella viestinnällä

niiden tarkoitettu käytöstä ja käyttäjiä tulisi rohkaista etsimään tiloille uusia, vuorovaikutusta edistäviä käyttötapoja.

Rakennuksen suunnitteluvaiheeseen kuului vuoropuhelu käyttäjän edustajan kanssa ja toiveiden huomioon ottaminen kustannustavoitteiden rajoissa. Tämä prosessi ei kuitenkaan ilmeisesti täysin kyennyt varmistamaan käyttäjätyytyväisyyttä. Jatkossa olisi siis tarpeen kehittää parempia menetelmiä käyttäjätarpeiden selvittämiseen, ymmärtämiseen ja mahdollisesti ristiriitaisten toiveiden käsittelyyn siten, että lopputulos kuitenkin tyydyttää käyttäjää sekä strategisten toimintamallien kannalta että tilojen konkreettisten käyttöprosessien kannalta.

Tilaratkaisujen yksityiskohtiin liittyvällä suunnittelulla tulisi myös etsiä apua joihinkin tunnistettuihin, VTT:n tutkijoiden työtä haittaaviin asioihin. Yksi keskeinen haaste VTT:n tutkijoiden moniprojektityössä on esimerkiksi sen sirpalemaisuus. Työn tehokkuutta ja työhyvinvointia vaikeuttaa se, että on toistuvasti ja tiheästi siirryttävä asiasta ja projektista toiseen. Siirtymistä voisi helpottaa, jos projekteille olisi käytössä omat fyysiset työtilat, jossa myös materiaali voisi olla jatkuvasti esillä.

Haastattelujen perusteella näyttää kuitenkin siltä, että haastateltavien mielipiteet tilojen halutuista ominaisuuksista ja palveluista ovat hyvin samansuuntaisia kuin tämän selvityksen kirjallisuustutkimusosaan kootut tulokset muista vastaavista tutkimuksista. Haastateltavat korostivat yhteistyön ja erityisesti spontaanin vuorovaikutuksen merkityksellisuutta ja toisaalta tähdensivät keskittyneen ja häiriöttömän yksilötyöskentelyn mahdollistamisen tärkeyttä.

VTT Digitalon sisäolosuhteista voidaan yhteenvedona todeta, että järjestelmien osalta on kaikki edellytykset täyttää vähintään tavoitteena ollut sisäilmastoluokituksen taso S2 lämpöolosuhteiden osalta. Lämpöolojen osalta on myös työn tuottavuus maksimoitavissa mitattavissa olevin kriteerein. Myös valaistus on pääosin toteutettu asetettujen tavoitteiden mukaisesti. Sen sijaan yhteisten tilojen meluisuuden vähentäminen edellyttää jatkotoimenpiteitä. VTT Digitalo on varustettu rakennuksen käyttöä ja huoltoa tukevalla innovatiivisella TaloInfo-järjestelmällä, joka kerää automaattisesti tietoa rakennuksen teknisistä järjestelmistä ja antaa informaatiota energiankulutuksesta, lämpöolosuhteista, kulunvalvonnasta ja ympäristövaikutuksista. Järjestelmä on toteutukseltaan kuitenkin tällä hetkellä suppea; palvelun pitäisi olla kaikkien rakennuksessa asioivien ulottuvilla alkuperäisten suunnitelmien mukaisesti.

Elinkaarivaikutukset

Rakennuksen kokonaisvaltaiseen elinkaari- ja ekotehokkuuteen vaikuttavat toisaalta rakennuksen käyttöarvo ja käyttäjätarpeiden vastaavuus ja toisaalta näiden tarpeiden

toteuttamiseksi tarvittavat ympäristöpanokset ja elinkaarikustannukset. Rakennuksen ympäristövaikutuksiin vaikuttavat paitsi rakennuksen toteutuksen ja käytön maankäyttö, materiaali- ja energiavirrat myös käyttöikä ja muuntojousto.

Digitalon rungon ja julkisivujen suunniteltu käyttöikä on 100 vuotta. Tavoiteltu käyttöikä otettiin suunnittelussa huomioon, ja suunnitteludokumenttien ja rakennuksen toteutuksen tarkastelun nojalla näyttää siltä, että tekninen ja esteettinen käyttöikä tulee olemaan suunnitteluaikaa pitempi, mikäli se varmistetaan oikeilla kunnossapito-toimenpiteillä. Rakennuksen muuntojouston suhteen voidaan tavoitella eri tasoja: suunnittelunaikaisen muuntojouston ylin taso on rakennuksen uusiokäyttö, jossa käyttötarkoituksimuutoksiin varaudutaan jo suunnitteluvaiheessa minimoimalla kohteen käyttötarkoituksen muutoksen aiheuttamat kustannukset. VTT Digitalo on kuitenkin käyttäjälleen strategisesti tärkeä kiinteistö, eikä sen suunnittelussa ole varauduttu rakennuksen uusiokäyttöön. Käytetyt suunnitteluratkaisut ja tekniset järjestelmät on valittu hankkeen alussa siten, että ne tukevat muuntojoustavaa toimitilaa ja organisaation toimintakulttuurin kehittämistä johdon haluamaan suuntaan. Normaalisti poikkeavat rakenneratkaisut mahdollistavat toimistonoppien suuren muunneltavuuden ja monikäyttöisyyden. Rakennuksen runkoratkaisussa ja taloteknisissä järjestelmissä on varauduttu huoneistuttamiseen: toimistonopalla voi olla useita vuokralaisia ja samalla vuokralaisella voi olla hallinnassaan useita toimistonoppia. Mahdolliset muutokset on huomioitu myös kulunestojärjestelmässä, ja tietoturvaohyökietietoja voidaan päivittää.

VTT Digitalon elinkaariarvioinnin mukaan Digitalo on tilatehokkuudeltaan noin 15 % tavanomaista toimitaloa parempi. Digitalon hyvä käytettävyys ja muuntojousto sekä energiatalous merkitsevät suhteellisen hyvää arvonsäilyvyyttä pidemmälläkin elinkaarella. Rakennuksen hyvä energiatalous merkitsee huomattavasti alhaisempia energiakustannuksia ja päästövaikutuksia suhteessa tavanomaiseen toimitaloon.

Rakennuksien ympäristövaikutuksista merkittävä osa syntyy rakennuksen käytönai- kaisesta lämmön- ja sähkönkulutuksesta. Tätä selvitystä tehtäessä reaalisia energian- kulutustietoja ei ollut vielä saatavana, joten ympäristövaikutusten arvioinnissa käytettiin hankesuunnittelun tavoitearvoja. Hankesuunnittelun mukaan Digitalon energiankulutus ja siitä aiheutuvat haitalliset päästöt ovat noin 20 % pienemmät verrattuna tavanomaiseen toimistotaloon. Rakennuksen rakenneratkaisujen materiaali- ja energiavirrat ovat sen sijaan suurehkoja tavanomaisiin ratkaisuihin verrattuna ainakin, jos tulos suhteutetaan rakennustilavuuteen. Jos tilankäytön tehokkuus voidaan nostaa ylimmälle huomioon otetulle tasolle, rakennus on edullinen myös rakenneratkaisujen materiaali- ja energiavirtojen ja niihin liittyvien ympäristövaikutuksien kannalta. Energiankäytön lisäksi Digitalon edullisuutta ympäristövaikutuksien suhteen lisää se, että rakennus sijaitsee erittäin hyvien julkisen liikenteen ja kevyen liikenteen yhteyksien varrella ja monet rakennuksen käyttäjien tarvitsemat palvelut ovat hyvin saavutettavissa.

Maankäytön suhteen on huomattavaa, että rakennus on rakennettu entuudestaan rakentamisella käyttöönotetulle tontille. Ympäristövaikutusten kannalta edullista on myös, että rakennuksen suunnittelussa on otettu huomioon muuntojoustavuuden tavoitteita ja että rakennuksen rungolle ja julkisivulle asetettiin 100 vuoden käyttöikäavoite, mikä otettiin suunnittelussa huomioon.

Lähdeluettelo

Arkkitehti 2005. VTT:n Digitalo. Kirj. Tuomo Siitonen. Arkkitehti 6/2005. Suomen Arkkitehtiliitto. S. 38–43.

Banbury, S. P., Macken, W. J., Tremblay, S. & Jones, D. M. 2001. Auditory distraction and short term memory: phenomena and practical implications. Human factors. Vol. 43. S. 12–29.

Becker, F. 2002. Organisational dilemmas and workplace solutions. Journal of corporate Real Estate. Vol. 4. Iss. 2. S. 129–149.

Charles, K. E. & Veitch, J. A. 2002. Environmental satisfaction in open-plan environments: 2. Effects of workstation size, partition height and windows. National research council Canada. Institute for research in construction. Internal report No. IRC-IUR-845. 39 s.

Darroch, J. & McNaughton, R. 2002. Examining the link between knowledge management practices and types of innovation. Journal of intellectual capital. Vol. 3. Iss. 3. S. 210–222.

Duffy, F. 1997. The New Office. London: Conran Octopus Ltd.

Drucker, P. 1959. Landmarks of tomorrow. New York: Harper.

EcoProP 2006. Sovelluksen esite http://cic.vtt.fi/eco/ecoprop/suomi/EcoProp_esite.pdf. Lisätietoja suomeksi <http://virtual.vtt.fi/environ/vaaimus.html> ja englanniksi http://www.pebbu.nl/resources/allreports/downloads/23_dst_finalreport.pdf.

ECTP 2006. European Construction Technology Platform. Vision for a Sustainable and competitive construction sector. <http://www.hyperion.ie/TP-Construction.htm>, <http://www.ectp.org/documentation/ECTP-Vision2030-25Feb2005.pdf>.

EKA 2004. Menetelmä rakennustuotteiden ympäristöselosteiden laadintaan ja rakennusten ympäristövaikutusten arviointiin. Kirjoittajat Häkkinen, T., Vares, S., Tattari, K. Laitinen, A. ja Hyvärinen, J. Helsinki: Rakennusteollisuus RT ry.

Elinkaariselvitys 2000. Rakennusrungon monikäyttöisyys ja muuntojousto. Valtion kiinteistölaitos / Kestävä Kivitalo-työryhmä.

EVATA 2002. Teoreettiset tilamallit. EVATA Finland Oy. 20.11.2002, PowerPointesitys. Synteesiä tutkimusten tuloksista. Sisäinen raportti.

Gerlach, A. 2000. Sustainable entrepreneurship and innovation. Centre for sustainability management, University of Lueneburg. 9 s.

Hakkarainen, K., Lonka, K. & Lipponen, L. 1999. Tutkiva oppiminen. Älykkään toiminnan rajat ja niiden ylittäminen. Porvoo: WSOY.

Haynes, B. & Price, I. 2004. Quantifying the complex adaptive workplace. *Facilities*. Vol. 22. S. 8–19.

Heerwagen, J., Kampschroar, K., Powell, K. & Loftness, V. 2004, Collaborative knowledge work environments. *Building Research & Information*. Vol. 32. No. 6. S. 510–528.

Huber, J. 1995. Nachhaltige Entwicklung: Strategien für eine ökologische und soziale Erdpolitik. Berlin: Ed. Sigma.

Häkkinen, T., Vares, S. & Siltanen, P. 2004. Tuotteiden käyttöikäinformaatio ja sen käyttö rakennushankkeessa. VTT Tiedotteita 2231. 54 s. + liitt. 32 s. Espoo: VTT. <http://virtual.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2004/T2231.pdf>.

Ilozor, B. D., Love, P. E. D. & Treloar, G. 2006. The impact of work settings on organisational performance measures in built facilities. *Facilities*. Vol. 20. S. 61–67.

ISO 2005. ISO TS 21929. Building Construction – Sustainability in Building Construction – Sustainability Indicators. Part 1 – Framework for the development of indicators for buildings.

JP 2004. Rintala, Timo. Digitalon ympäristöprofiili. Raportti 6TY7145-409.

Keller, R. T. 2001. Cross functional project groups in research and new product development: diversity, communications job stress, and outcomes. *Academy of Management Journal*. Vol. 44. S. 542–561.

Lee, S. Y. & Brand, J. L. 2005. Effects of control over workspace on perceptions of the work environment and work outcomes. *Journal of environmental psychology*. Vol. 25. S. 323–333.

LifePlan 2002. Käyttöikäinformaatioiden tietokanta. http://ce.vtt.fi/lifeplan_iw/.

Mass.Be 2005. Mass Customization in Built Environment. Project Material / Reports & Presentations. CD.

McKenna, E. F. 2000. Business Psychology and Organisational Behaviour: a student's handbook. 3rd. ed. Hove: Psychology Press.

Nenonen, S. 2004. Analysing the intangible benefits of work space. Facilities. Vol 22. S. 233–239.

Norros, L. 2004. Acting under uncertainty. The core-task analysis in ecological study of work. VTT Publications 546. 241 s. Espoo: VTT.
<http://virtual.vtt.fi/inf/pdf/publications/2004/P546.pdf>.

Norros, L. & Nuutinen, M. 2002. The concept of the core task and the analysis of working practices. In: Borehamn, N., Samurcay, R., Fischer, M. (Eds.). Work process knowledge. London: Routledge. S. 25–39.

Olson, J. 2002. Research about office workplace activities important to US businesses – And how to support them. Journal of Facilities Management. Vol. 1. No. 1. S. 31–47.

Rakli 2001. Kiinteistöliiketoiminnan sanasto. 2001-05-25. Helsinki. 34 s. + liitt. 11 s.

Reunanen, J., Nenonen, S. & Eskelinen, M. 2006. Kiinteistöjohtamisen vaikutusmahdollisuuksista organisaation toimintaa. Kiinteistöopin ja talousoikeuden julkaisuja. Espoo: TKK, Maanmittausopisto. 75 s.

Senaatti-kiinteistöt 2002. VTT Tietotekniikkatalo. Suunnitteluohjelma.

Seppänen, O. 1999. Estimated cost of indoor climate in Finnish buildings. Proceedings of Indoor Air '99, Vol. 3, s. 13–18.

Seppänen, O. 2004. Tuottava toimisto 2005, loppuraportti. Raportti B77. Espoo: TKK, LVI-tekniikan laboratorio.

Suchman, L. 2000. Making a case: knowledge and routine work in document production. In: P. Luff, J. Hindmarsh and C. Heath (eds.): Workplace studies: Recovering work practice and informing system design. Cambridge University Press. S. 29–45.

Sundström, P. 2005. Innovativeness in product development – Studies on industrial project work. KTH Industrial engineering and Management. Doctoral thesis. Department of Machine design. TRITA – MMK 2005:12. 52 s.

TTY 2002. TTY:n Energia- ja prosessitekniikka. Raportti 6TY6022-320. Energiankulutuksen laskenta.

Valtio 2005. Valtion toimitilastrategia. Valtiovarainministeriö. 16.11.2005. 10 s. www.vm.fi/vm/fi/04_julkaisut_ja_asiakirjat/03_muut_asiakirjat/98229/98201_fi.rtf.

Veitch, J. A., Charles, K. E., Newsham, G. R., Marquardt, C. J. G. & Geerts, J. 2003. Environmental satisfaction in open-plan environments: 5. workstation and physical condition effects. National Research Council Canada. Institute for research in construction. Internal report No. IRC-RR-154. 55 s.

Voordt, T. J. M. van der. 2004. Productivity and employee satisfaction in flexible workplaces. *Journal of Corporate Real Estate*. Vol. 6. Iss. 2. S. 133–148.

Vos, P. & Voordt, T. van der. 2001. Tomorrow's offices through today's eyes: Effects of innovation in the working environment. *Journal of Corporate Real Estate*. Vol 4. S. 48–65.

VTT 2006. VTT:n strategia. Sisäinen raportti.

Liite 1: Haastattelukysymykset

A) Aloitus

- 0 Oletko ollut mitenkään mukana Digitalon suunnitteluvaiheessa? Millä tavalla?

B) Työn luonne

- 1 Kuvailenko aluksi, mikä on tehtäväsi ja mitä työhösi kuuluu?
2 Mikä on mielestäsi VTT:n tutkijan perustehtävä?
Mistä asioista huolehtiminen on kaikkein olennaisinta tässä työssä?
3 Mitkä asiat niiden hyvän suorittamisen kannalta on mielestäsi tärkeää?

C) Talon tarjoamat mahdollisuudet ja toteutunut käyttö

- 4 Millaiset edellytykset tämä talo antaa näiden asioiden tekemiselle hyvin?
Hyvää?
Huonoa?
5 Mitä tiloja ja mihin tarkoitukseen käytät? (pohjapiirustus apuna)
Päivittäin (Kuvaa tyypillinen päivä)?
Satunnaisesti
Keiden kanssa?
Missä tilanteessa?
Mitä hyvää/huonoa käyttämissäsi tiloissa?
Sisäilman laatu, akustiikka, valaistus...?

D) Haluttu toimintatapa

- (VTT:n strategiakalvo, EVATA-aineiston tilan ja toimintatavan vuorovaikutus -kalvo ja Yhteistyö – Osaaminen – Tehokkuus – Luovuus -kalvo apuna)
7 Miten mielestäsi Digitalo tukee tätä haluttua toimintatapaa? Mitä hyvää/huonoa?
Entä kun mietit
epämuodollisen vuorovaikutuksen
tiedonkulun
keskittymisen
yhdessä ideoinnin
vuorovaikutukseen perustuvan oppimisen kannalta?

E) Suunnittelun ideat

- (EVATA-aineiston ideakuvat apuna)
8 Mitä ajatuksia nämä herättivät?
Kuinka hyvin toteutuneet Digitalossa?

F) Muutos toimintatavoissa

- 9 Jos vertaat tätä ympäristöä edelliseen työympäristöösi, mitä eroja huomaat?
 - Onko oma työskentelytapasi muuttunut?
 - Entä tiimisi/ryhmäsi?
 - Osaamiskeskuksesi/alueesi?
 - Onko vuorovaikutuksesi muiden senttereiden kanssa muuttunut?
 - Eristäytyminen vähentynyt?
- 10 Jos muistelet ensikokemustasi tästä talosta ja käsitystäsi siitä nyt, miten suhtautumisesi tai talon käyttötapasi ovat muuttuneet?
 - Entä tiimisi?
 - Sentterisi?
 - Onko vuorovaikutuksesi muiden senttereiden kanssa muuttunut?

G) Lopetus

- 11 Mihin toivoisit jatkossa kiinnitettävän erityistä huomiota tilakysymyksissä VTT:llä?
- 12 Kiitos & haluatko kysyä minulta jotain tähän tutkimukseen liittyen?

Liite 2: Mihin haastateltavat toivoivat kiinnitettävän erityistä huomiota tilakysymyksissä

- Digitalo vaikutti ensi kylmältä, mutta ajan mittaan pehmenee ja muuttuu omannäköiseksi.
- Mitkä ovat Otaniemessä olemisen edut verrattuna siihen, että kaikki tai lähes kaikki VTT:läiset voisivat olla samoissa tiloissa? Kannattaisi miettiä myös vaihtoehtoisia paikkoja.
- Tukihenkilöiden, erityisesti sihteerien, sijoittuminen lähelle.
- Digitalo on hyvä konsepti, ei keksi, mitä kannattaisi tehdä eri tavalla. Verstaita ei löydy nykyisestä Digitalosta, mutta Valimo ja VTT:n päätalot täydentävät konseptin. Yksinään ei toimisi.
- Digitalo näyttää hienolta, kun tulee aamulla töihin.
- Miten huolehditaan siitä, että tarpeiden muuttuessa tilat mukautuvat (esimerkiksi organisaatioyksiköiden koko muuttuu)?
- Huomion kiinnittäminen sisäntuloon. Nyt asiakkaat eivät löydä sisäntuloa.
- Etätyöskentelymahdollisuuksien parantaminen ml. tietoliikenneyhteydet
- Huono asia, jos neliöhinta on peruste suunnittelulle.
- Hyvä, että ihmiset törmäilevät mutta pitäisi voida tehdä niin ettei häiritse muita.
- Nyt vaikuttaa siltä, että arkkitehti määrää eikä toimivuus.
- Huomion kiinnittäminen rakennuksen ulkonäköön. Digitalon ulkonäkö suljettu, kalterimainen ja laitosmainen.
- Varmistettava että rauhallista oleskelutilaa.
- Viihtyisyyden ja yksilöllisyyden huomioiminen.
- Jonkin verran yksityisyyttä tarvitaan.
- Viestinnän kehittäminen; nyt sääntöjä sanellaan perustelematta.
- Kaikkien tilojen tulisi olla joustavasti kaikkien VTT:läisten käytössä (esim. Valimo). Varauksen oltava helppoa ja neuvotteluhuoneita ei pitäisi varata yksistään tiimille tai sentterille.
- Pidemmän tähtäimen tehokkuusajattelua mukaan tilasuunnitteluun.
- Kuunneltaisi enemmän, mitä ihmiset tykkää.
- Verstas-idea hyvä; olisi alueella tiettyyn tarkoitukseen tilat.
- Infran pitäminen hyvänä.
- Suunnittelussa tulisi lähteä liikkeelle toimivuudesta projektityön kannalta. Sekä oman rauhan löytämisen että yhdessä miettimisen on oltava molempien helppoja.
- Kalusteiden yhteisosto hyvä.
- Huomion kiinnittäminen ilmanvaihtoon, jotta riittävä ja vastaa tekemistä (esim. tietokoneiden aiheuttama lämpö). Ilmanvaihdossa pitäisi myös huomioida se, että tutkijat ovat välillä pitkään töissä.

- Vaikka suunnitelmia kommentointiin paljon, vaikuttaa siltä, että arkkitehti laitto ne kaikki roskeen.
- Mahdollisimman vähän kulkukortin käyttöä rakennuksissa.

Liite 3: Elinkaariesidullisuus/Tausta-aineistoa

Standardit:

- ISO 15686 Buildings – Service life planning. Part 5 – Life Cycle Costing. (2006)
- CEN/TC 348 Facility Management (2006)
- NORDTEST Nordic LCC -model (2005)

Ohjeistus ja kehitystyö:

- Kiinteistöliiketoiminnan ympäristömittaristo. Kiinteistöalouden Instituutti (2004)
- CubeNet – Talotekniikan elinkaarimalit ja konseptit. TKK & VTT & Motiva 2007
- Rakenteiden elinkaaritekniikka: RIL 216-2001
- LifePlan-ohjeistus (VTT 2004)
- REM – Rakennusten elinkaarimittarit -projekti, REM (Rakennusteollisuus 2004)
- Rakennusten elinkaarikustannusten arviointimenetelmät. RAKET T608. (VTT 1997)
- INDUCON-rakennuskonseptit (VTT 2003)

Sovelluksia:

Kiinteistön tilat ja ominaisuudet:

- BS-LCB-tuottavuustyökalu (Olof Granlund Oy)
- EcoProp (VTT)
- Komartek Kiinteistönpito (Komartek Oy)
- EcoCost – Ekotehokkuuden elinkaariesidullisuus

Rakennetekniikka:

- Ekometri (Skanska)
- Ekoarvio (NCC)
- BeCost (VTT)

Talotekniikka:

- VTT Talo (VTT)
- Talotekniikan elinkaarityökalut LCA ja LCC (Talotekniikan Kehityskeskus TAKE)
- WinEtana-energiankulutus (VTT)
- CubeCost-elinkaariesidullisuus

Senaatin menettelytapoja:

- Ympäristökäsikirja (ISO14001)
- Optimaze.Net-tiedonhallintajärjestelmä
- Ekologinen rakennuttaminen
- SeneCost-elinkaariesidullisuus
- Senaatti-kiinteistöjen riskienhallinta
- ProjectInfo-projektipankki sekä FacilityInfo-huoltokirja

Elinkaariesidullisuuden arvioinnin käsite- ja laskentaperusta.

Tarveselvitys (*Requirement survey*). Tilantarvevaihtoehtojen ja toimivuusvaatimusten määrittely suhteessa kustannuksiin ja kokonaisedullisuuteen.

Kiinteistöliiketoiminta (*Real estate business*). Kiinteistön omistamiseen ja/tai hallintaan, hyödyntämiseen ja asiakaspalvelujen tuottamiseen liittyvät toiminnot.

Uudisrakentaminen (*New construction*). Tarveselvityksen kautta toteutettava uudisinvestointi.

Kiinteistökehitys (*Facility development*). Kuntoarvioinnin, työympäristömäärittelyn (WorkPlace) sekä käyttö- ja toimivuusvaatimusten uudelleenmäärittelyksen kautta toteutettava kehitysinvestointi. Kiinteistökehitysväli toimitiloille on keskimäärin 40 vuotta.

Elinkaarioptimointi (*Life-Cycle Optimazion*). Toimivuusvaatimusten hallinta elinkaarikustannuksiltaan optimoiduin toteutusratkaisuin.

Riskienhallinta (*Risk management*). Riskien tunnistus, arviointi ja hallinta.

Elinkaaritaloudellisuus (*Life-Cycle Economy*). Elinkaaritulon (Life-Cycle Income, LCI) ja elinkaarikustannuksen erotus tai elinkaarikustannusten säästö.

Elinkaariedullisuus (*Economic Efficiency*). Hankinta- ja elinkaarikustannusten sekä mahdollisten elinkaaritulojen, jälleenmyyntiarvovaikutuksen ja ympäristöhaitta-vaikutusten suhde.

Elinkaarikustannus kuvaa päätöksenteon tarpeita vastaavan elinkaaren kokonaiskustannuksia (esimerkiksi rahoitusajan, vuokrasopimusajan, kiinteistökehitysvälin, toiminnan pysyvyysvälin, käyttöiän, suunnitteluajan tai teknisen eliniän elinkaarikustannus). Kustannukset kootaan nykyarvoksi ja/tai vuosikustannuksiksi, jotka ovat lähtökohtana vuokraohteissa. Vuosikustannukset lasketaan nykyisen hintatason mukaisina elinkaaren (vuokra-ajan) puoliväliin, jolloin otettavissa huomioon keskimääräinen rahoituskustannus ja energiakustannusten reaalinousu.

- Hankinta(investointi)kustannuksina otetaan huomioon valitun elinkaaren ajalla poistettava osa, Digitalon pääomakustannus poistetaan laskennallisesti 30 vuoden (2 vuokrasopimusväliä) aikana tasapoistoina.
- **Jäännösarvo** elinkaaren lopulla voidaan 15 vuoden ajalta karkeasti laskea siten, että noin 30 % rakennuksesta on pysyvää ja noin 70 % uusittavaa siten, että rakennuksen kokonaisarvo alenee noin 20 %. Digitalon tapauksessa ko. arvon aleneminen on imagon, hyvän muuntojouston ja energiatalouden takia noin 10 %.
- **Rahoituskustannusten** määrittelyksen lähtökohtana on todellinen rahoitustarve: Senaatti-kiinteistöjen uudiskohdekohtainen rahoitustarve vaihtelee välillä 25...50 %, nimelliskorko Digitalon osalta 3 % ja reaalikorko 1,0 % ja laskennallinen rahoitustarve 35 %.
- **Kiinteistöhallinto-, käyttö- ja ylläpito- sekä ympäristökustannukset** määritetään viite- ja kokemusperäisen tiedon mukaan tai tilakustannuslaskentaan perustuen (Ryhti, KustannusBM, Optimaze.net).
 - Kiinteistöhallintokustannuksiin luetaan KustannusBM:n nimikkeet ”hallinto, vakuutukset ja vuokrat”; hallintokuluprosentti 5 %.
 - Kiinteistövero on suuruusluokkaa 0,58 euroa/htm²/kk.
 - Huoltokustannuksiin luetaan huoltokirjan mukaiset työt; keskimäärin 0,70 euroa/htm²/kk.

- Kunnossapitokustannuksiin luetaan ”korjaus ja kunnossapito”, keskimäärin 1,07 euroa/htm²/kk.
- Puhtaanapitokustannuksiin luetaan ns. yleisten tilojen ja ulkotilojen puhtaanapito.
- Muihin käyttökustannuksiin luetaan ”vesi ja jätevesi ja tilapalvelut”.
- Ympäristökustannuksiin luetaan ”jätehuolto”.

Tarpeenmukaisesti (etenkin korjaus ja kunnossapito) pyritään arvioimaan odotettavissa oleva reaalin kustannustason nousu.

Energiakustannukset

- Lämpökustannus kustannustasossa 6/2006 32 euroa/MWh
 - Sähkökustannus kustannustasossa 6/2006 85 euroa/MWh
- Nykyarvoa laskettaessa on otettu huomioon kustannustason reaalin nousu noin +3 %/v.

- **Tilamuutoskustannukset** arvioidaan odotettavissa olevien käyttötapamuutosten perusteella.
- **Elinkaaritulot (vuokratulot)** perustuvat tiedossa tai valmisteilla oleviin vuokrasopimuksiin.

Senaatti-kiinteistöt käyttää laskennan perusteena yleisimmin tavoitteellisen vuokrasopimuksen mukaisesti **15 vuoden elinkaarta**. Lisäksi voidaan suuntaa antavasti laatia **30 ja 45 vuoden** elinkaarikustannuslaskelmat sekä **5 vuoden käyttöönotto** elinkaaritalouslaskelmat.

Elinkaaritaloudellisuus lasketaan elinkaaritulon (Life-Cycle Income, LCI) ja elinkaarikustannuksen erotuksena tai elinkaarikustannusten säästönä:

LCI – LCC tai LCCero

EDULLISUUS määritetään suhteellisen ottaen huomioon tavanomaiseen ratkaisukoostumukseen verrattut erot ympäristöhaittoihin (ei välttämätöntä), hankinta- ja elinkaarikustannuksiin, elinkaarituloihin sekä mahdollisesti jälleenmyyntiarvoon. Niiltä osin kuin eroja ei ole, vertailuluvut ovat tavanomaiseen ratkaisuun nähden yhteneväiset. Mittareina käytetään

- ratkaisun suhteellisia vaikutuksia
 - hankintakustannuksiin (Aq_i)
 - elinkaarikustannuksiin (LCC_i)
 - jälleenmyyntiarvoindeksiin (RV_i)
 - elinkaarituloihin eli vuokra indeksiin (LCI_i)
- jälleenmyyntiarvoindeksin suhdetta hankintakustannusindeksiin, ympäristöhaitta indeksiin (Environmental Hazard, EH_i), elinkaarikustannusindeksiin sekä vuokratulo indeksiin tuloon (vuokrien hallittu aleneminen on sekä asiakkaan että Senaatti-kiinteistöjen etu ja suorassa riippuvuussuhteessa elinkaarikustannuksiin: $(RV_i)/(Aq_i \times LCC_i \times EH_i \times LCI_i)$).

Liite 4: Digitalon ominaisuudet, tekniset ratkaisut ja kehitysehdotuksia

Ominaisuus	Digitalossa käytetyt ratkaisut	Vaikuttavuus ja kehitysehdotukset
Energia-talous	<p>Ulkovaipan eristystaso pääosin Rakentamismääräysten mukainen (U-arvot alapohjalle ja seinille 0,25, ikkunoille 1,3 sekä yläpohjalle 0,15).</p> <p>Ulkovaipan raskas rakenne toimii passiivisena lämmönkerääjänä.</p> <p>Talotekniset (tarpeenmukaista käyttöä edistävät) ohjaus- ja säätölaitteet.</p> <p>Ilmanvaihtokojeissa pyörivä lämmöntalteenotto, jonka minimihyötysuhde 75 %.</p> <p>Putkistojen ja kanavistojen mitoitus tarpeenmukaisin pumppaus- ja puhallusenergiankulutuksin.</p> <p>Pumppujen ja puhaltimien mitoitus toimimaan parhaalla mahdollisella hyötysuhdealueellaan.</p> <p>Päällekkäisen lämmityksen ja jäähdytyksen estäminen toimistohuoneissa.</p> <p>Tarpeenmukainen jäähdytyksen ohjaus ja vapaajäähdytyksen hyväksikäyttö talviaikaan.</p> <p>Keinovalon ja luonnonvalon integroitu hyödyntäminen.</p> <p>Talolnfon (hankintakustannus noin 0,5 milj. euroa) ja Optimazen hyödyntäminen Kiinteistöjohtamisessa.</p>	<p>Lämpöenergiankulutus 18 kWh/m³ eli noin puolet suhteessa KRESS-tavoitteisiin ja 55 % alhaisempi kuin Senaatin olemassa olevilla kiinteistöillä keskimäärin. Kokonaissähköenergiankulutus 28 kWh/m³ eli 10 % korkeampi kuin Senaatin kiinteistöillä keskimäärin.</p> <p>Päästöt 11 kg CO₂/m³ eli 30 % pienemmät kuin tavoitteena ja 50 % vähemmän kuin Senaatin ylläpitämissä kohteissa keskimäärin.</p> <p>Digitalo ei ole ns. matalaenergiarakennus, koska vaipan lämmöneristävyys ei täytä tavoitteita. Vaippaa parantamalla myös talotekniikkakustannukset hieman alenisivat. Esimerkiksi 30 % parempi eristystaso maksaisi vain noin 0,2 milj. euroa ja vaikuttaisi pitkäjänteisesti myös rakennuksen käypään arvoon.</p>
Muuntojousto	<p>Laajennusvara. Toimistotilojen rakenneratkaisut perustuvat kantaviin ulkoseinälinjoihin ja pitkälaattaratkaisuun.</p> <p>Sähköasennusten laitetilat, kaapelihyllyt, johtokanavat ja nousukuilut mahdollistavat myöhemmin tehtävät muutokset rakenteita rikkomatta.</p> <p>Isot hyötykuormat.</p> <p>Ei-kantavat seinät kevytrakenteisia.</p> <p>Toimisto-osilla sähkön yläjakelu ja valaistus jalkalamppuvalaisimin.</p> <p>Käytävävyöhykkeillä kaapelihyllyt.</p> <p>Tilamuutokset edellyttävät vain jäähdytyspalkin, poistoilmaventtiilin ja sprinklerisuuttimen lisäystä tai poistamista keskimmaisesta huoneesta (toimistonoppa, jonka sivuille 2...3 huonetta).</p>	<p>Muuntojousto erinomainen sekä rakennuksen laajennettavuuden että koostumukseltaan muutettavien tiimien varalta.</p>

Ominaisuus	Digitalossa käytetyt ratkaisut	Vaikuttavuus ja kehitysehdotukset
Sisäolosuhteet	Ratkaisut täyttävät sisäilmaluokan S2 vaatimukset ja lämpöolojen säädettävyyden osalta luokan S1 vaatimukset. M1-luokan materiaalit. Rakenteiden kosteusteknisen toimivuuden varmistus. Tilat ovat jäähdytettäviä.	Sisäolosuhteet ovat lähtökohtaisesti hyvät. Niiden pysyvyyteen pyritään vaikuttamaan huolto- ja käyttöpastuksella sekä huollon palkkio-sanktiomallilla.
Huollettavuus	Rakennus on suunniteltu käyttöikä tarkastelun mukaisesti siten, että siivous, korjaukset, rakennusosien uusimiset ja poistamiset voidaan toteuttaa kunkin järjestelmän osan elinkaaren mukaan rakenteita rikkomatta.	Kiinteistöhallinto, verot, yleiset vakuutukset ym.
Jätehuolto	Lähes kaikki jäte menee lajitteluun ja hyötykäyttöön jo sovellettavana osana Senaatin jätehuollon kehitysohjelmaa Otaniemen alueella. Uutena kokeiluna on biojätteiden laitosmainen kompostointi.	Otaniemen toimintamallia pyritään soveltamaan muihinkin Senaatin kohteisiin.

Liite 5: Ympäristövaikutuksien arviointi EKA-menetelmän mukaisesti

Menetelmän mukainen tuotteen ympäristöprofiili sisältää seuraavat kohdat:

- Energiaresurssien käyttö. Tämä lasketaan elinkaari-inventaarion perusteella. Laskelma kattaa raaka-aineiden hankinnan, valmistusprosessit ja kuljetukset, energian tuotannon ja siirrot. Energia-arvot ilmoitetaan energiaresurssin kulumisena (so. primäärienergiana). Energiaresurssien käyttö jaetaan seuraavasti:
 - uusiutumattoman ja uusiuvan energian kulutus prosesseissa ja kuljetuksissa
 - fossiilinen energia raaka-aineissa (esimerkiksi muovien valmistukseen raaka-aineina käytettyjen öljyn ja kaasun energiasisältö)
 - bioenergia raaka-aineissa (esimerkiksi puun polttoarvo).
- Raaka-aineresurssien käyttö. Raaka-aineet ovat elinkaari-inventaarion tuloksena laskettu arvo luonnon raaka-aineiden kokonaiskulutuksesta. Laskelma kattaa raaka-aineiden hankinnan, valmistusprosessit ja kuljetukset, energian tuotannon ja siirrot. Raaka-aine resurssien käyttö jaetaan seuraavasti:
 - uusiutumattomat luonnon materiaalit
 - uusiutuvat luonnon materiaalit
 - piilovirrat
 - materiaalivirrat.
- Päästöt
Elinkaari-inventaarion tuloksena laskettu arvo. Laskelma kattaa raaka-aineiden hankinnan, valmistusprosessit ja kuljetukset, energian tuotannon ja siirrot.
 - Päästöt ilmaan
 - hiilidioksidi, CO₂
 - hiilimonoksidi, CO
 - rikkidioksidi, SO₂
 - typen oksidit, NO_x
 - metaani, CH₄
 - muut haihtuvat orgaaniset yhdisteet kuin metaani, NMVOC
 - typpioksiduuli, N₂O
 - raskasmetallit
 - pienhiukkaset, PM₁₀
 - Päästöt veteen
 - kemiallinen hapenkulutus, COD
 - biologinen hapenkulutus, BOD
 - kokonaisfosfori, P_{tot}
 - kokonaistyyppi, N_{tot}
- Jätteet
 - Kaatopaikkajätteet
 - Ongelmajätteet

Rakennustuotteiden ympäristöprofiileista kootaan rakennuksen ympäristöprofiili ottaen huomioon massamenekit rakenteissa, rakennusaikainen hukka ja rakentamisen työko-
neiden aiheuttama energiankulutus. Rakennuksen vaihtoehtoisia ratkaisuja voidaan ver-
rata keskenään ottaen huomioon tuotteiden käyttöiät valitun tarkastelujakson aikana.
Kansallisen menetelmän mukaan rakennuksen ympäristövaikutusten tulos päästöjen
osalta voidaan ilmoittaa myös vaikutuspisteinä¹ (DAIA-menetelmä). DAIA-menetelmän
mukaan ympäristökuormat voidaan luokitella vaikutuspotentiaalinsa mukaan ilmaston
lämpenemisen vaikutukseksi, maaperän happamoitumisen vaikutukseksi ja oksidant-
tien muodostumisen vaikutukseksi. Taulukossa 1 esitetään ilmapäästöjen vaikutus-
kertoimet.

Taulukko 1. DAIA-menetelmän mukaiset vaikutusluokkakertoimet.

DAIA-menetelmä	Päästö	Kerroin
Ilmastonmuutos (CO ₂ -ekvivalentti)	CO ₂	1
	CH ₄	21
	N ₂ O	310
Happamoituminen (H ⁺ -ekvivalentti)	SO ₂	0,01635
	NO _x	0,00639
	NH ₃	0,02646
Otsonin muodostuminen	CO	0,064
	CH ₄	0,003
	NO _x	0,727
	NMVOG	0,209

Karakterisoinnin jälkeen inventaariotiedoista lasketut vaikutusluokkaindikaattoriarvot
suhteutetaan tietyn alueen vastaaviin tietoihin, toisin sanoen tehdään normalisointi
(taulukko 2).

¹ Menetelmä rakennustuotteiden ympäristöselosteiden laadintaan ja rakennusten ympäristövaikutusten
arviointiin. Julkaisija Rakennusteollisuus RT ry. Helsinki 2004. Kirjoittajat Häkkinen, T., Vares, S.,
Tattari, K. Laitinen, A. ja Hyvärinen, J. (Taulukko 9).

Taulukko 2. DAIA-mallissa käytetyt normalisointitekijät.

Vaikutusluokka	Normalisointitekijä
Ilmastonmuutos	76 258 kt CO ₂ ekv
Happamoituminen	4,212 kt H ⁺ ekv
Otsonin muodostuminen	253 kt POCP

Vaikutusarvioinnin viimeisenä vaiheena on vaikutusluokkaindikaattoritietojen yhdistäminen, mikäli tarkasteltavan kohteen vaikutukset halutaan ilmaista kokonaisvaikutusindikaattorina (taulukko 3).

Taulukko 3. DAIA-mallin vaikutusluokkapainot kokonaisvaikutusindikaattorin laskemista varten.

Vaikutusluokka	Kerroin
Ilmastonmuutos	0,24
Happamoituminen	0,14
Otsonin muodostuminen	0,07

Tekijä(t) Häkkinen, Tarja, Nuutinen, Maaria, Pulakka, Sakari, Porkka, Janne, Vares, Sirje, Laitinen, Ari, Vesikari, Erkki & Pajari, Matti		
Nimeke VTT Digitalo Tavoitteena kestävä rakennus ja moderni työympäristö		
Tiivistelmä Selvityksessä arvioitiin VTT:n tietotekniikkatutkimuksen ja tutkimuksen johdon käytössä olevan VTT Digitalon laatua kestävä kehityksen vaatimusten näkökulmasta. Selvityksessä arvioitiin rakennuksen toimivuutta, elinkaarivaikutuksia ja käyttäjätyytyväisyyttä. Haastattelututkimuksessa haastateltavat korostivat yhteistyön ja erityisesti spon-taanin vuorovaikutuksen merkityksellisyyttä ja toisaalta tähdensivät keskittyneen ja häiriöttömän yksilötyöskentelyn mahdollistamisen tärkeyttä. VTT Digitalossa todettiin puutteita mutta myös potentiaalia. Talon tarjoamien ICT-mahdollisuuksien käyttöä, tilojen monipuolista käyttöä ja tavoitteiden toteutumista pitäisi edistää aktiivisella viestinnällä, ja käyttäjiä tulisi rohkaista etsimään tiloille uusia, vuorovaikutusta edistäviä käyttötapoja. Toimivuuden arvioinnissa rakennuksen valmius muuntojoustoon ja hyvien sisäolosuhteiden tarjoamiseen todettiin hyviksi. Rakennuksen rakenteiden suunnittelussa on noudatettu käyttöikäsuunnittelun periaatteita, ja elinkaarivaikutuksien suhteen rakennuksen vahvuus perustuu siihen, että energiatehokkuuden vaatimukset on otettu suunnittelussa huomioon.		
ISBN 978-951-38-6892-5 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		
Avainnimeke ja ISSN VTT Tiedotteita – Research Notes 1455-0865 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		Projektinumero
Julkaisuaika Tammikuu 2007	Kieli Suomi, engl. abstr.	Sivuja 88 s. + liitt. 12 s.
Projektin nimi		Toimeksiantaja(t)
Avainsanat working environment, sustainable buildings, office buildings, sustainable construction, facility services, indoor air quality, acoustics, illumination, environmental impacts, life cycle costs, life cycle economy		Julkaisija VTT PL 1000, 02044 VTT Puh. 020 722 4404 Faksi 020 722 4374

Author(s) Häkkinen, Tarja, Nuutinen, Maaria, Pulakka, Sakari, Porkka, Janne, Vares, Sirje, Laitinen, Ari, Vesikari, Erkki & Pajari, Matti		
Title VTT Digitalo A case study from the view points of sustainable building and modern working environment		
Abstract This publication summarises the assessment results from the VTT Digitalo case. VTT Digitalo is a new office building built for the use of VTT research and development. The building was assessed from the viewpoints of sustainable construction and sustainable workspaces. The study analysed the case considering it as an achievement and a stage in a long-term process that is taking place between VTT as the user and Senate Properties as the owner of the building. This process aims at developing high-quality facility services, which are in accordance with the user needs, and based on understanding the strategic goals of the user. Additionally, these services should follow the principles of sustainable construction. The VTT's user needs concern first of all a) good indoor environment in terms of indoor climate, acoustics and illumination, b) ability of the workspace to support interaction and innovative way of working, c) ability of the whole building to indicate VTT's image as a supplier of innovation services. VTT acts as a client, which sets performance and conformity requirements based on the planned use of spaces. The aims of Senate Properties as the owner and the provider of facility services concern the ability to understand and realise user needs, and to manage investment costs and life cycle efficiency of the building. The research defines sustainable construction in accordance with (ISO 2006): Sustainable construction brings about the required performance with the least unfavourable environmental impact, while encouraging economic, social, and cultural improvement at a local, regional, and global level. Accordingly, the study defined as a premise that a comprehensive analysis of the sustainability of an office building should be based on the assessment of the following aspects: user satisfaction, building performance and environmental impacts, and life cycle costs and life cycle economy.		
ISBN 978-951-38-6892-5 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		
Series title and ISSN VTT Tiedotteita – Research Notes 1455-0865 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		Project number
Date January 2007	Language Finnish, English abstr.	Pages 88 p. + app. 12 p.
Name of project		Commissioned by
Keywords working environment, sustainable buildings, office buildings, sustainable construction, facility services, indoor air quality, acoustics, illumination, environmental impacts, life cycle costs, life cycle economy		Publisher VTT P.O.Box 1000, FI-02044 VTT, Finland Phone internat. +358 20 722 4404 Fax +358 20 722 4374

Julkaisussa arvioidaan VTT:n tietotekniikkatutkimuksen ja tutkimuksen johdon käytössä olevan VTT Digitalon laatua kestäväen kehityksen vaatimusten näkökulmasta. Selvityksessä arvioitiin rakennuksen toimivuutta, elinkaarivaikutuksia ja käyttäjätyytyväisyyttä. Haastattelututkimuksessa haastateltavat korostivat yhteistyön ja erityisesti spontaanin vuorovaikutuksen merkityksellisyyttä ja toisaalta tähdensivät keskittyneen ja häiriötömän yksilötyöskentelyn mahdollistamisen tärkeyttä.

VTT Digitalossa todettiin puutteita mutta myös potentiaalia. Talon tarjoamien ICT-mahdollisuuksien käyttöä, tilojen monipuolista käyttöä ja tavoitteiden toteutumista pitäisi edistää aktiivisella viestinnällä ja käyttäjiä tulisi rohkaista etsimään tiloille uusia, vuorovaikutusta edistäviä käyttötapoja. Toimivuuden arvioinnissa rakennuksen valmius muuntojoustoon ja valmius tarjota hyvät sisäolosuhteet todettiin hyviksi. Rakennuksen rakenteiden suunnittelussa on noudatettu käyttöikäsuunnittelun periaatteita, ja elinkaarivaikutuksien suhteen rakennuksen vahvuus perustuu energiatehokkuuden vaatimusten huomioon ottamiseen suunnittelussa.

Julkaisu on saatavana

VTT
PL 1000
02044 VTT
Puh. 020 722 4404
Faksi 020 722 4374

Publikationen distribueras av

VTT
PB 1000
02044 VTT
Tel. 020 722 4404
Fax 020 722 4374

This publication is available from

VTT
P.O. Box 1000
FI-02044 VTT, Finland
Phone internat. + 358 20 722 4404
Fax + 358 20 722 4374
