

Eelon Lappalainen

Tietomallipohjainen teollisuusrakennusten purkutyö

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri, Ylempi AMK

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma (YAMK)

Opinnäytetyö

5.5.2017

Tekijä(t) Otsikko	Eelon Lappalainen Tietomallipohjainen teollisuusrakennusten purkutyö
Sivumäärä Aika	81 sivua + 1 liitettä 23.4.2017
Tutkinto	Insinööri (ylempi AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Korjausrakentaminen
Ohjaaja(t)	Valvoja, Yliopettaja Hannu Hakkarainen Ohjaaja, Osastopäällikkö, RI Pekka Toivanen Ohjaaja, Osastopäällikkö, DI Antti Hämäläinen
<p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli saada tietoa tietomallin, lisätyn todellisuuden sekä purkurobotiikan hyödyntämismahdollisuuksista teollisuusrakennusten purkamisessa. Tietomalleja ei ole hyödynnetty teollisuusrakennusten purkutöiden suunnittelussa, vaikka tietomallien käyttö on laajalti levinnyt uudisrakentamiseen.</p> <p>Työ tehtiin kirjallisuusselvityksenä. Aineistoa koottiin saatavilla olevista suunnitelmista, tutkimuksista, opinnäytetöistä, oppikirjoista, suunnitteluohjeista, tieteellisistä artikkeleista, valmistajilta, suunnittelijoilta ja asiantuntijoita haastattelemalla.</p> <p>Työssä tutkittiin, millainen tietomallia hyödyntävä prosessi voitaisiin kehittää teollisuuslaitoksen purkutöiden suunnitteluun ja toteuttamiseen. Lisäksi tutkittiin käytettävissä olevien työkalujen ja uusien menetelmien soveltuvuutta tietomallipohjaisen purkutyön suunnitteluprosessiin.</p> <p>Purkutyön suunnittelu on siirrettävissä tietomallipohjaiseksi, jolla voidaan hallita teollisuusrakennuksen elinkaaren loppuvaiheen päästöjä sekä kustannuksia aiempaa tarkemmin. Tietomalli mahdollistaa uusien työturvallisuuteen liittyvien työkalujen käyttöönoton. Tietomallin tuomaa lisäarvoa purkutyösuunnitteluun ovat muun muassa parempi määrien hallinta, turvallisuus- ja logistiikkasuunnittelu sekä osapuolten parempi yhteistyö.</p> <p>Purkutyössä tarvittavaan rakennesuunnitteluun tietomalli tuo mahdollisuuden yhdistää tietomalli ja laskentaohjelmistot. Inventointimallien hyödyntäminen mahdollistaa visuaalisesti havainnollisen purku- ja tuentasuunnittelun.</p> <p>Virtuaali- ja lisätyn todellisuuden käyttöönotto yhdistettynä purkurobotiikan kehitykseen edellyttää tietomallipohjaisten menetelmien käyttöönottoa rakennuksen elinkaaren loppuvaiheessa.</p>	
Avainsanat	tietomalli, purkutyö, BIM, rakennesuunnittelu, purkurobotit

Author(s) Title	Eelon Lappalainen BIM-based demolition work of industrial buildings
Number of Pages Date	81 pages + 1 appendices 23 April 2017
Degree	Master of Engineering
Degree Programme	Master's Degree Programme in Civil Engineering
Specialisation option	Renovation
Instructor(s)	Supervisor, Head of Degree Programme Hannu Hakkarainen Instructor, Head of Department, RI Pekka Toivanen Instructor, Head of Department, DI Antti Hämäläinen
<p>The aim of this study was to obtain information on building information modelling, augmented reality, and the potential use of robotics in demolition projects in industrial buildings. Building information models are not used in the demolition work planning of industrial buildings, although the use of information models has widely spread in construction industry.</p> <p>The work method was a literature search. The materials were collected from available studies, theses, textbooks, design documentation, scientific articles, manufacturer's web sites and designers' and experts' interviews.</p> <p>The purpose of this thesis was to study what kind of building information modelling process could be developed for the design and implementation of an industrial buildings demolition project. In addition, the thesis evaluates the suitability of available tools and new methods for planning building information model-based demolition work.</p> <p>Demolition work planning is transferable to the building information model, which is used for managing the end-of-life-cycle emissions and costs of an industrial building more accurately. The building information model allows the introduction of new tools related to occupational safety. The added value provided by the building information model for demolition design includes better quantity management, health and safety planning and logistics planning, as well as better cooperation between the parties.</p> <p>In the structural design of demolition work, the building information model offers an opportunity to combine the information model and the structural calculation software. Utilization of inventory models makes it possible to illustrate demolition and temporary support plans.</p> <p>The deployment of virtual and augmented reality, coupled with the development of demolition robotics requires the use of building information model-based methods at the final stages of the life cycle of the building.</p>	
Keywords	building information model, demolition work, BIM, structural engineering, demolition robots

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Tutkimuskysymykset ja hypoteesit	2
2.1	Tutkimuskysymys 1	2
2.2	Tutkimuskysymys 2	2
2.3	Tutkimuskysymys 3	2
3	Tutkimusmenetelmät	2
4	Teollisuusrakennusten purkutyö	3
4.1	Teollisuusrakennuksen elinkaari	3
4.2	Purkutyöprosessi	4
4.2.1	Purkutyön vaarat	5
4.3	Purkutyön suunnittelu	6
4.3.1	Hankesuunnitteluvaihe	8
4.3.2	Rakennesuunnitteluvaihe	10
4.3.3	Työvaihesuunnittelu	11
4.3.4	Maankäyttö- ja rakennuslaki	14
4.3.5	Työturvallisuuslainsäädäntö	15
4.3.6	Jätelainsäädäntö	15
4.3.7	Haitta-aineilta suojautuminen	17
4.4	Purkutyökalut ja – menetelmät	19
4.4.1	Perinteiset purkutyökalut	19
4.4.2	Koneistetut purkutyökalut raskaaseen purkutyöhön	20
4.4.3	Purkurobotit	25
4.4.4	Koneohjaus	26
4.4.5	Sisätilapaikannus	28
4.4.6	Itseohjautuvuus	31
5	Tietomallintaminen	33
5.1	Tietomallintaminen uudiskohteissa	33
5.2	Tietomallintaminen purkutyökohteissa	34
5.3	Virtuaali- ja lisätty todellisuus rakentamisessa	37
5.4	Virtuaalitodellisuus rakentamisessa	37
5.5	Lisätty todellisuus rakentamisessa	38
5.6	Sovellukset purkutyöhön	39

5.6.1	Hahmontunnistus	39
5.6.2	Virtuaalilasien käyttömahdollisuudet purkutyön suunnittelussa	40
5.6.3	Asiantuntijahaastattelun tuloksia	41
6	Tietomallipohjainen purkutyön suunnitteluprosessi	43
6.1	Tietomallipohjaisen purkutyön suunnitteluprosessin SWOT-analyysi	43
6.2	Esimerkki tietomallipohjaisen purkutyöprosessin käyttömahdollisuuksista	49
6.2.1	Hankesuunnitelmavaihe	50
6.2.2	Rakennesuunnitteluvaihe	61
6.2.3	Tarkastus- ja hyväksyntämenettelyt	73
6.2.4	Työvaihe- ja viikkosuunnittelu	73
7	Johtopäätökset	74
Liitteet		
Liite 1. Purkutyön suunnittelu tietomallintamalla - ohje		

1 Johdanto

Teollisuuden murroksessa Suomessa ja muualla Euroopassa on odotettavissa suurten teollisuuslaitosten purkutöitä, joiden suunnittelua ei voida toteuttaa esim. lainsäädännöllisistä ja tehtävän vaativuudesta johtuvista syistä pelkästään purku-urakoitsijoiden toimesta, kuten nykykäytäntö vielä useimmiten on.

Purkutöissä sattuneiden onnettomuuksien johdosta viranomaisten ja asiantuntijoiden suositukset johtavat siihen, että yhä useammassa vaativassa purkukohteissa edellytetään pätevän rakennesuunnittelijan osallistumista ja asianmukaisesti laadittuja purkusuunnitelmia. (Onnettomuustutkimuskeskus, 2015.) (GetReading, 2016.) (Demolition Forum, 2016.)

Uudisrakentamisessa jo yleisesti käytössä olevaa tietomallinnusta sekä lisätyn ja virtuaaliodellisuuden hyötykäyttöä ja soveltuvuutta teollisuusrakennusten ja -rakenteiden purkusuunnitteluun yhdistettynä purkurobotiikkaan on tutkittu Suomessa vähän. Laserkeilauksen ja inventointimallintamisen kustannukset ovat laskeneet ja niiden hyödyntäminen purkutöissä on saatavilla olevan lähdeaineiston perusteella edelleen vähäistä.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on saada tietoa tietomallin, lisätyn todellisuuden sekä purkurobotiikan hyödyntämismahdollisuuksista teollisuusrakenteiden ja -rakennusten purkamisessa.

Opinnäytetyön jälkeen yrityksen sisäisenä jatkokehityksenä selvitetään, mitä uusia palvelutuotteita opinnäytetyössä kootun ja laaditun aineiston pohjalta voitaisiin tuotteistaa, konseptoida, markkinoida ja myydä asiakkaille. Opinnäytetyön yhteydessä laadittua tietomallipohjaista purkutyöprosessia pyritään testaamaan käytännön hankkeissa asiakkaiden ja yhteistyökumppaneiden kanssa.

2 Tutkimuskysymykset ja hypoteesit

2.1 Tutkimuskysymys 1

Onko purkutyön suunnittelu- ja toteutusprosessissa sellaisia tehtäviä, joita voitaisiin hallita nykyistä tehokkaammin purkutyötä varten luodulla tietomallilla?

Hypoteesi: Purkutyön suunnittelu- ja toteutusprosessissa on tehtäviä, joita voidaan tehostaa tietomallin nykyistä tehokkaammalla käyttämisellä.

2.2 Tutkimuskysymys 2

Mitä tietoa tietomalliin tarvitaan purkutyötä varten?

Hypoteesi: Tietomallin sisältämän tiedon tulee liittyä purkutyön suunnitteluun ja toteuttamiseen. Tietomallin tarkkuus poikkeaa uudisrakentamisesta ja tietomallia on rajattava purkutyön kannalta olennaisiin asioihin. Tietomallin tietojen siirtoon ja käsittelyyn purkutyösuunnitteluprosessissa voidaan soveltaa uudisrakentamisessa kehitettyjä toimintamalleja, ohjelmistorajapintoja ja työkaluja.

2.3 Tutkimuskysymys 3

Luoko tietomallipohjainen purkutyön hankkeeseen lisäarvoa?

Hypoteesi: Kun purkutyö voidaan tehdä virtuaalisesti ja ennakoiden, purkutyön keskeytykset vähenevät, purkutyön turvallisuus paranee, purkutyöaikaa voidaan lyhentää ja purkutyö voidaan tuottaa aiempaa taloudellisemmin. Purkutöissä haitta-aineille altistuneiden työntekijöiden määrä vähenee. Mikäli tietomalli voidaan yhdistää purkurobotteihin ja purkutyön suunnittelija sekä purkutyönjohto voivat käyttää lisätyn todellisuuden työkaluja, kommunikaatio ja yhteistyö paranevat purkutyökohteen ja suunnittelutoimiston välillä.

3 Tutkimusmenetelmät

Työ tehdään kirjallisuusselvityksenä. Kirjallisuusselvityksen aineistoa kerätään alan toimijoiden keräämästä ja vapaasti saatavilla olevasta aineistosta: saatavilla olevista suunnitelmista, tutkimuksista, opinnäytetöistä, oppikirjoista, suunnitteluohjeista, tieteellisistä

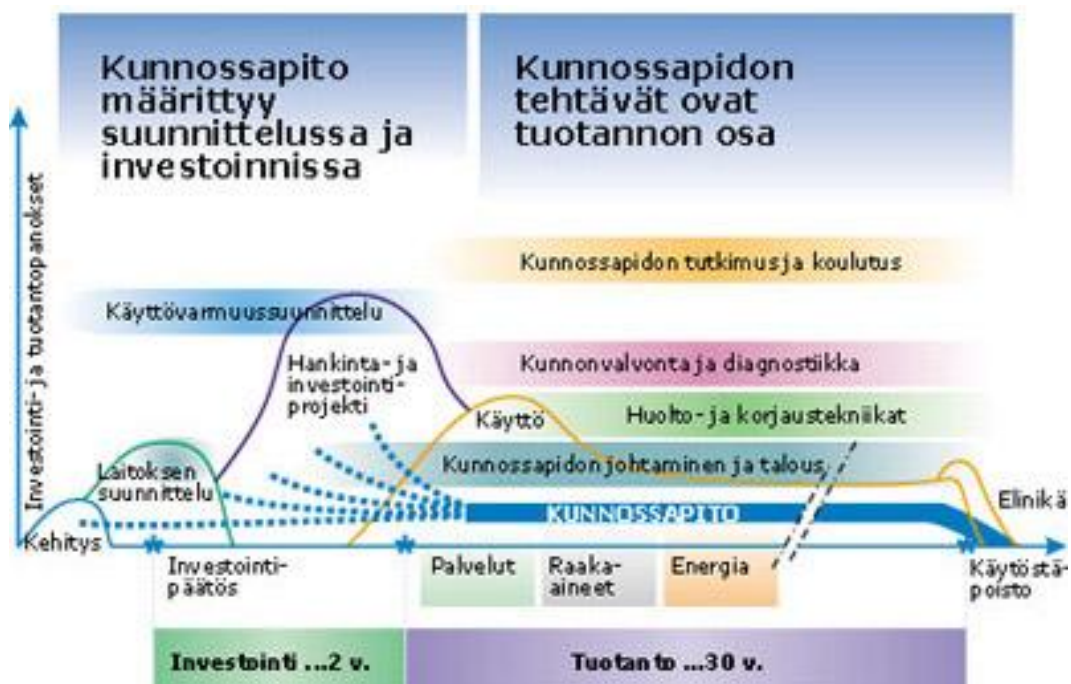
artikkeleista, valmistajilta ja suunnittelijoilta. Työssä hyödynnetään lähdeaineiston lisäksi tietomallintamisen, lisätyn todellisuuden, nykyaikaisen purkutekniikan sekä robotiikan asiantuntijoiden haastatteluja.

4 Teollisuusrakennusten purkutyö

4.1 Teollisuusrakennuksen elinkaari

Elinkaariajattelu on yhä vahvemmassa asemassa yhteiskunnan kestävän kehityksen tavoitteissa. Teollisuusrakennuksen, kuten muidenkin rakennusten, elinkaaren vaiheet ovat:

- a) valmistus
- b) käyttö ja kunnossapito
- c) purku.



Kuvio 1. Teollisuuslaitoksen elinkaari. (Opetushallitus, 2017.)

Kaikissa elinkaaren vaiheissa kuluu energiaa ja syntyy jätteitä. Rakennuksen elinkaaren vaiheista ainoastaan purkutyövaiheessa päästöjä voidaan vähentää, jolloin rakennosien uudelleenkäyttö ja materiaalien kierrätys tai energiakäyttö voidaan hyödyntää.

Purkutyön suorittaminen taloudellisesti edellyttää tarkkaa kustannusten minimointia ja materiaalien tehokasta kierrättämistä. Nämä tavoitteet täytyessään tukevat myös rakennuksen elinkaaren ympäristöhaittojen vähentämistä kestäväen kehityksen tavoitteiden mukaisesti. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL, 2013.)

Elinkaaren huomioiminen teollisuusrakenteissa, jotka ovat usein käyttöiltään pitkäikäisiä, edellyttää omistajan kannalta pientä lisäpanosta suunnittelukustannuksiin. Kiinteistönomistajien yleisesti käyttämissä alan sertifioinneissa (mm. LEED, BREEAM, ISO14000) edellytetään koko kiinteistön elinkaaren hallintaa. (Green Building Council Finland, 2017.) (Suomen Standardisoimisliitto SFS, 2017.)

4.2 Purkutyöprosessi

Perinteinen purkutyöprosessi on Suomessa kuvattu ja dokumentoitu hyvin, mm. RT-kortistoon ja RATU-kortistoon. Vastaavia prosessin kuvauksia on käytössä maailmalla laajasti. (Safe work Australia, 2013.) (Building Departments Hong Kong, 2004.)

Yleiset tavoitteet purkutyön suunnitteluun ovat tehokas, taloudellinen, turvallinen ja ympäristövaatimukset täyttävä purkutyön tulos. Olennaisimpia asioita ovat kantavien rakenteiden toimintatavan selvittäminen, jotta kantavien rakenteiden purkujärjestys voidaan selvittää ja työnaikainen tuenta voidaan toteuttaa. Putoamissuojaus, purkujätteen siirto ja kuljetus sekä haitta-aineet selvitetään aina purkutyösuunnittelun yhteydessä. Riskianalyysi ja häiriöihin sekä työkatkoihin varautuminen sisältyy purkutyösuunnitelmaan. (Rakennustietosäätiö ry, 2009.)

Purkutöiden suunnittelu tapahtuu ketjumaisena, jossa edellinen suunnitteluvaihe toimii seuraavan vaiheen lähtötietoina. Ketjumaisuus on myös uudisrakentamiselle tyypillinen tapa ("vesiputousmalli"), joka toimii häiriöttä ja luotettavasti vain, kun jokainen ketjun osa tekee osuutensa suunnitteluprosessissa. Ketjun yhden osan pettäminen voi purkutyössä johtaa vakaviin onnettomuuksiin. Purkutyölle on myös tyypillistä työmaalla tehtävän suunnittelun suuri määrä, mikä ei ole tyypillistä uudisrakentamisessa.

Purkutyöprosessin hallinta on prosessille tyypillisen ketjumaisuuden, useiden osapuolten sekä haitta-aineiden purkamiseen liittyvän luvanvaraisuuden johdosta vaativa tehtävä, josta johtuen työn tekevät teollisuuskohteissa ja muissa vaativissa purkukohteissa, purkutyöhön erikoistuneet urakoitsijat.

4.2.1 Purkutyön vaarat

Purkutyölle tyypillisiä vaaroja on listattu alla olevaan taulukkoon.

Taulukko 1. Taulukko purkutyön tyypillisistä vaaroista. (Rakennustietosäätiö ry, 2009.)

Vaara	Esimerkki
Haikka ja vaara työn vaikutuspiirissä olevan kohteen normaalille käytölle	Päiväkodin vieressä purettava teollisuusrakennus. Haittaa tai vaaraa voi aiheuttaa esimerkiksi pölyn ja haitta-ainesten leviäminen päiväkodin alueelle ja sisäilmaan.
Haikka ja vaara muulle rakennustyölle	Purkutöitä tehdään teollisuuskohteissa usein tavoitteena purkaa vanhempaa rakennuskantaa uuden prosessin tai rakennusten tieltä. Haittaa tai vaaraa voi aiheuttaa purku- ja rakennustöiden yhtäaikaisuus, jolloin esimerkiksi purkutyössä tapahtuvat onnettomuudet voivat altistaa myös uudisrakentamista suorittavat työntekijät vaaralle tai haitta-aineille.
Purkutyömaan epäjärjestys	Purkutöiden epäjärjestys voi aiheuttaa haittaa tai vaaraa esimerkiksi pelastustöiden yhteydessä (tulipalo, onnettomuus, sairaustapaus).
Työntekijöiden putoaminen	Putoamissuojauksen puutteet purkutöissä voivat aiheuttaa henkilön putoamisen ja vammautumisen tai kuoleman.
Purettavien esineiden ja materiaalien kaatuminen tai putoaminen	Purettaessa rakenteita tai niiden kappaleita irtoaa purkutyökaluista, joka voi johtaa kappaleiden osumisen purkutyötä suorittaviin henkilöihin tai alueen ulkopuolisiin.
Rakenteiden sortuminen	Purettaessa rakenteisiin syntyy usein mekanisme, jotka voivat johtaa jopa vakaviin rakennussortumiin ja henkilö- sekä omaisuusvahinkoihin
Tulipalon syttyminen	Purkutyön aluksi useimmiten puretaan LVIS-tekniikka ja samalla myös tulipalosta ilmoittavat ja suojaavat järjestelmät (paloilmoittimet, sprinklerit jne.). Lisäksi purkutöissä käytettävät kipinöivät työkalut sekä suojauksessa käytettävät tai purettavat syttyvät materiaalit synnyttävät riskitilanteita.
Purettavien materiaalien vaarallisuus	Asbesti, lyijy, PCB, kosteus- ja mikrobivaurioituneet materiaalit voivat levitä ympäristöön tai työtä suorittavien henkilöiden hengitykseen ja iholle.
Koneiden ja laitteiden käytöstä syntyvät vaarat ja haitat	Melu, pakokaasut, tärinä, öljyvuodot voivat häiritä purkutyön tekijöitä ja alueen ulkopuolella olevia henkilöitä, laitteita tai tuotantoprosesseja.

Purkutekniikan kehitys on vähentänyt merkittävästi käsityönä tehtävän purkutyön osuutta ja erityyppisten työntekijän kauko-ohjaamien purkurobottien käyttö on yleistynyt voimakkaasti. Purkuroboteille siirtynyt työ on muuttanut purkutyöntekijän roolia fyysisen

työn tekijästä laite- tai koneoperaattoriksi. Tämä kehityskulku vastaa muussa teollisuudessa tapahtunutta kehitystä kohti, joka on johtanut raskaiden ja vaarallisten työvaiheiden siirtymiseen erilaisten koneiden ja laitteiden kautta robottien käyttöön. (Työterveyslaitos, 2009.) (EVA, 2016.)



Kuva 1. Tulevaisuuden visio, Husqvarna. (Demolition Magazine, 2016.)

4.3 Purkutyön suunnittelu

Purkutyössä käytetyt suunnitelmat voidaan jakaa kolmeen kategoriaan:

- 1) ajalliset suunnitelmat
 - a. yleisaikataulu
 - b. rakentamisvaihe aikataulu
 - c. viikkoaikataulu
- 2) aluesuunnitelmat
 - a. varastojen sijoitussuunnitelma

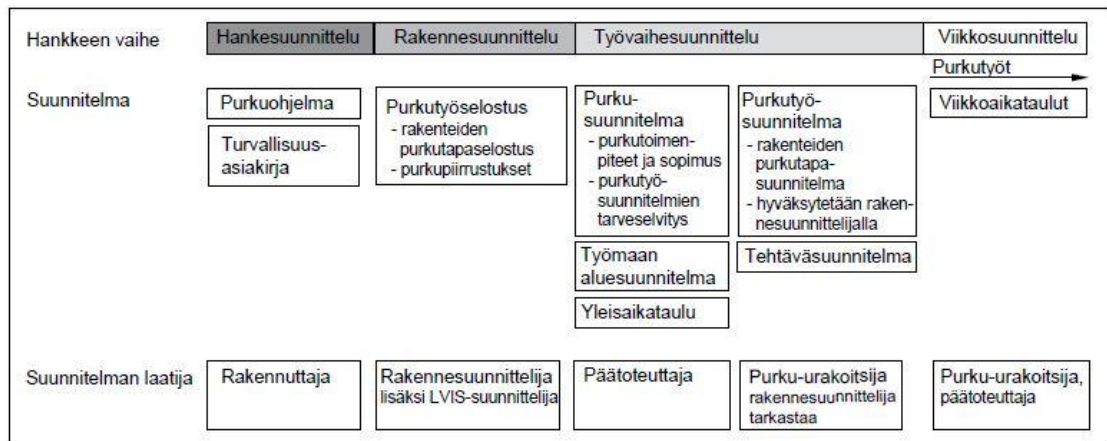
- b. siirtoreittien suunnitelma
- 3) työmaasuunnitelmat
- a. henkilöstötilasuunnitelma
 - b. sähköistys- ja valaistussuunnitelmat
 - c. teline- ja putoamissuojaussuunnitelmat
 - d. palontorjuntasuunnitelma
 - e. henkilönostosuunnitelma
 - f. ympäristösuunnitelma
 - g. haitta-aineiden purkus suunnitelmat



Kuva 2. Tyypillinen näkymä purkutyömaalta, kuva otettu Tapiolasta huhtikuussa 2017.

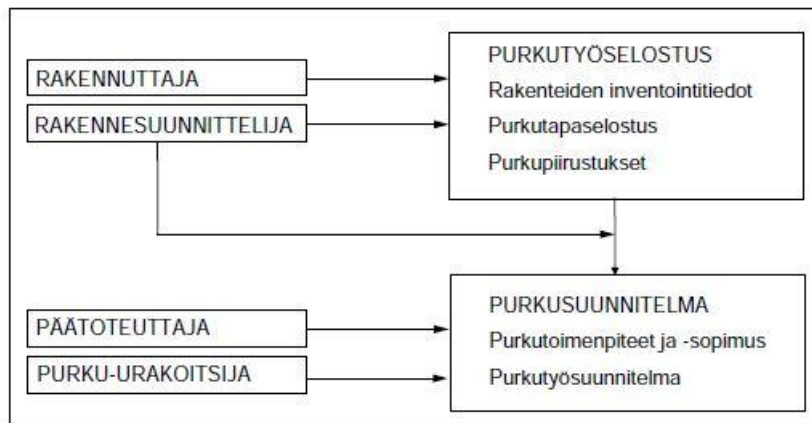
Purkutyön suunnittelun vastuu Suomessa jakautuu seuraavan kaavion mukaisesti.

PURKUSUUNNITELMIEN LAATIJAT JA VASTUUT



Kuvio 2. Purkusuunnitelmien laadintajärjestys ja vastuut. (Rakennustietosäätiö ry, 2009.)

Purkusuunnitelmassa esitetään purkutöihin liittyvien tehtävien vastuuhenkilöt, tehtävien aikataulu, purettaviin rakenteisiin liittyvien piirustusten ja suunnitelma-asiakirjojen tunnistet tai tiedon sijainti piirustuksissa tai muissa asiakirjoissa. Lisäksi siinä määritellään tarkempien purkutyösuunnitelmien tarve. Tarkemmat purkutyösuunnitelmat liitetään niiden valmistuttua osaksi purkusuunnitelmaa.



Kuvio 3. Purkusuunnitelman lähtötiedot. (Rakennustietosäätiö ry, 2009.)

4.3.1 Hankesuunnitteluvaihe

Purkuohjelmasta vastaa yleensä rakennuttaja. Hankesuunnitteluvaiheessa ei tyypillisesti laadita tarkkoja purkusuunnitelmia vaan purkuohjelmassa esitetään kohdetiedot,

terveydelle vaarallisten aineiden kartoitus, purkutuotteiden kartoitus, purkutyön vaativuus, turvallisuusasiakirja, ilmoitukset ja luvat, purkutyön aikataulu ja tarjouspyyntö- ja sopimusasiat. (Rakennustietosäätiö ry, 2009.)

Purkuohjelman sisältö

1. Kohdetiedot

- tiedot kohteesta

2. Terveydelle vaarallisten aineiden kartoitus

- työmaatutkimukset
- rakennuksen käyttöhistorian tutkiminen

3. Purkutuotteiden kartoitus

- purettavat materiaalit
- materiaalien sijoituspaikat ja kierrätys

4. Purkutyön vaativuus

- rakennesuunnittelija selvittää purkutyön vaativuuden ja määrittää purku-suunnitelmien vaaditun tason

5. Turvallisuusasiakirja

- työmaan turvallisuussäännöt ja työturvallisuusasioiden hoidon menettelyohjeet
- kaikki purkutyön turvallisuuteen liittyvät asiat (terveydelle vaaralliset aineet, tuennat ja sortumisvaarat, maapohjan kantavuus, ympäristön työle aiheuttama vaara yms.)
- turvallisuusasiakirja liitetään päivitettyinä purku-urakan tarjouspyyntöön

6. Ilmoitukset ja luvat

- rakennusvalvonnan purkuilmoitus tai purkulupa
- rakennuksen poistumasta ilmoitus Väestörekisterikeskukseen
- purkujätteen syntymisestä ilmoitus paikalliselle ympäristökeskukselle
- tarvittavat ympäristöluvut

7. Purkutyön aikataulu

- purkutyön suunnitteluun, lupien hakemiseen ja ilmoituksiin varattu aika
- purkutyöhön varattu aika

8. Tarjouspyyntö

- tarjouspyynnön liiteasiakirjat
 1. purkumäärät
 2. jätteiden sijoitusvaatimukset
 3. terveydelle vaarallisten aineiden selvitykset
 4. purkutyöselostus
 5. turvallisuusasiakirja
- voidaan käyttää lomaketta RATU 5010 *Purkutyösuunnitelma*

9. Sopimusasiat

- sopimusten pohjana voidaan käyttää rakennusalan yleisiä sopimusehtoja tai pienissä purkukohteissa lomaketta RATU 5009 *Purkutoimenpiteet ja -sopimus*

Kuva 3. Esimerkki purkuohjelman sisällöstä. (Rakennustietosäätiö ry, 2009.)

Turvallisuusasiakirjalla on purkutöissä vastaava asema kuin uudiskohteissa. Turvallisuusasiakirja on rakennuttajan laatima asiakirja rakennustyötä varten. Turvallisuusasiakirjassa esitetään rakennushankkeen ominaisuuksista, olosuhteista ja luonteesta aiheutuvat vaara- ja haittatekijät sekä rakennushankkeen toteuttamiseen liittyvät työturvallisuutta ja työterveyttä koskevat tiedot.

Johtuen teollisuuskohteiden monimuotoisuudesta ja usein pitkästä historiasta, tulee turvallisuusasiakirjassa kuvata erityisesti kohdekohtaisia erityispiirteitä ja siihen tulee kerätä laajasti saatavilla olevaa tutkimusaineistoa mm. havaituista haitta-aineista ja alueilta, joissa haitta-aineita on käytetty esimerkiksi prosessissa (esim. sahojen kyllästysaineet). Turvallisuusasiakirja voi olla kohteesta riippuen erillinen työturvallisuusliite tai osana urakkarajaliitettä, jolloin sillä on sopimuksellisesti vahva asema. (Rakennustietosäätiö ry, 2009.)

4.3.2 Rakennesuunnitteluvaihe

Rakennesuunnittelijan osuus purkutöissä alkaa purkutyöselostukseksi kutsutun asiakirjan laatimisella. Purkutyöselostuksessa esitetään purettavat rakenteet, ohjeita purettavien rakenteiden purkujärjestyksestä, kantavuudesta ja väliaikaisesta tuennasta. Purkutyöselostuksessa tulee esittää selkeästi eriteltynä purkutapa rakenteittain sekä mahdollisesti havainnollistavin kuvin. (Rakennustietosäätiö ry, 2009.)

Purkutyöselostuksen laatimisen jälkeen vaativissa purkutöissä tulee laatia aina purkupiirustuksia ja tarvittavat rakennelaskelmat mm. riittävän stabiliteetin säilyttämiseksi koko purkutyön ajan.

Kohteesta riippuen rakennesuunnittelijan purkutyöselostuksen ja –piirustusten laadintaan voivat tapauskohtaisesti osallistua myös kohteen talotekniset suunnittelijat. Useimmiten teollisuuskohteiden talotekninen (sähkö- ja LVI-laitteet, kanavat, kaapelihyllyt kaapeleineen jne.) ja prosessitekniinen purku (laitteet, koneet, prosessiputket jne.) tehdään ennen rakenteiden purkua ja siitä laaditaan erilliset purkusuunnitelmat kunkin teollisuuden alan asiantuntijan toimesta.

Rakennesuunnittelijan avaintehtävät purkutöissä ovat:

- laatii purettavista rakenteista purkutyöselostuksen ja purkupiirustukset

- tutkii purettavien rakenteiden kantavuuden, vakavuuden, tuentatarpeen ja materiaalit
- tarkastaa kohteen vanhojen suunnitelmien paikkansapitävyyden
- tunnistaa työturvallisuusriskejä sisältävät työvaiheet ja ilmoittaa riskeistä
- avustaa urakoitsijaa purkutyösuunnitelman teossa
- tarkastaa urakoitsijan tekemän purkutyösuunnitelman.

Purkutyöselostuksen sisältö

1. Kohdetiedot

- tiedot kohteesta

2. Tiedot purettavista rakenteista

- luettelo purettavista rakenteista
- luettelo säilytettävistä rakenteista

3. Vanhat suunnitelmat

- alkuperäisistä suunnitelmista ja piirustuksista saadut tiedot
- tiedot aikaisemmista korjaus- ja muutostöistä

4. Vanhojen rakenteiden inventointitiedot

- tiedot käytetyistä tutkimusmenetelmistä ja saaduista tuloksista
- tiedot purettavien rakenteiden kunnosta ja laadusta
- vanhojen suunnitelmien ja piirustusten paikkaansa pitävyyden tarkistaminen
- haitallisten aineiden kartoitussuunnitelma (tarvittaessa)

5. Purkutapaselostukset

- rakenteiden purkujärjestykset
- purettavien ja ympäröivien rakenteiden kantavuus
- purettavien rakenteiden työnaikainen tuenta
- ohjeita purkutyömenetelmien valintaan
- työtelineiden ja kaiteiden suunnitelmat erikoisratkaisuisissa
- työnaikaiset rakennesuunnittelijan tarkastukset
- säilytettävien rakenteiden suojaus

6. Purkupiirustukset

- piirustukset purettavista rakenteista (esim. tuentakuvat)

Kuva 4. Purkutyöselostusmalli. (Rakennustietosäätiö ry, 2009.)

4.3.3 Työvaihesuunnittelu

Työvaihesuunnittelu on käytännössä kolmivaiheinen; karkeampi purkusuunnittelu, tarkempi purkutyösuunnittelu ja lopuksi purkutöiden viikkosuunnittelu.

Suomessa yleisin tapa laatia purkusuunnitelma, on lomakkeen RATU 5009 käyttäminen. Lomake on laadittu siten, että sitä voidaan käyttää suoraan kohteen purkusuunnitelmana. Lomakkeen rakenne mahdollistaa myös sen käyttämisen purkutyön urakkasopimuksena.

Ratu		RATU 5009	
		helmikuu 2009 1 (11) korvaa Ratu 5001	
PURKUTOIMENPITEET JA -SOPIMUS			
RAKENNUSHANKE			
Nimi, nro			
Osoite			
Työmaan kesto			
Purkutöiden kesto			
Purkusuunnitelman laatija			
PURKUTYÖN OSAPUOLET			
Tilaaaja			
Yhtys			
Osoite			
Tilaaajan edustaja, puhelin			
Rakennesuunnittelu			
Yhtys			
Osoite			
Rakennesuunnittelija, puhelin			
Arkkitehtisuunnittelu			
Yhtys			
Osoite			
Arkkitehti, puhelin			
Pääurakoitsija			
Yhtys			
Työpäällikkö, puhelin			
Vastaava työntekijä, puhelin			
Aliurakoitsija 1			
Yhtys			
Työntekijä, puhelin			
Aliurakoitsija 2			
Yhtys			
Työntekijä, puhelin			
	Pvm	Muutos	Alkuperäisyys ja nimen selvennys
Laadintapäivä			
Muutospäivä 1			
Muutospäivä 2			
Muutospäivä 3			
Muutospäivä 4			

RATU 5009		Purkutoimenpiteet ja -sopimus		3 (11)	
	LUVAT JA ILMOITUKSET	Vastuuhenkilö	Milloin tehtävä (vk, pvm.)	Heidetty (vk, pvm.)	Piirustusten tunnistetiedon sijainti piirustustietosisä tai muussa asiakirjassa
10	Rakennuslupa				
11	Vastaavan työntekijän lupa				
12	Lupa purkamiseen/ rakennuksen huoltamiseen				
13	Ilmoitus purkutöistä rakennustarkastajalle				
14	Ilmoitus työssäoloajanomaisille				
15	Terveydelle vaaralliset aineet				
15.1	-				
15.2	-				
15.3	-				
16	Räjyttyäminen edellytykset				
16.1	- panostajan pätevyyskirjat				
16.2	- suunnitelmat				
16.3	- viranomaisluvut				
16.4	- räjäyttäjän työntekijän nimitys				
17	Purkutöiden vastaavan työntekijän lupa				
18	Ilmoitusaasiat				
18.1	- melu-ilmoitus				
18.2	- ilmoitus paloalokaselle				
18.3	- ilmoitus naapurueille				
18.4	- kaapuriomistajien laskelmat				
18.5	-				
19	Pätevyudet ja luvat				
19.1	- suljetyöluvat				
19.2	- tulitöistä rakentamisen pätevyudet				
19.3	- tulityövaatimukset				
19.4	- tulityösuojuskortit				
19.5	- kulkuluvat				
19.6	-				
19.7	-				

Kuva 5. RATU 5009. (Rakennustietosäätiö ry, 2009.)

Purkusuunnitelmalle on tyypillistä, että sitä täydennetään koko hankkeen ajan. Tämä suunnitelman täydentyminen työn edetessä poikkeaa uudisrakentamiskohteiden suunnitelmista.

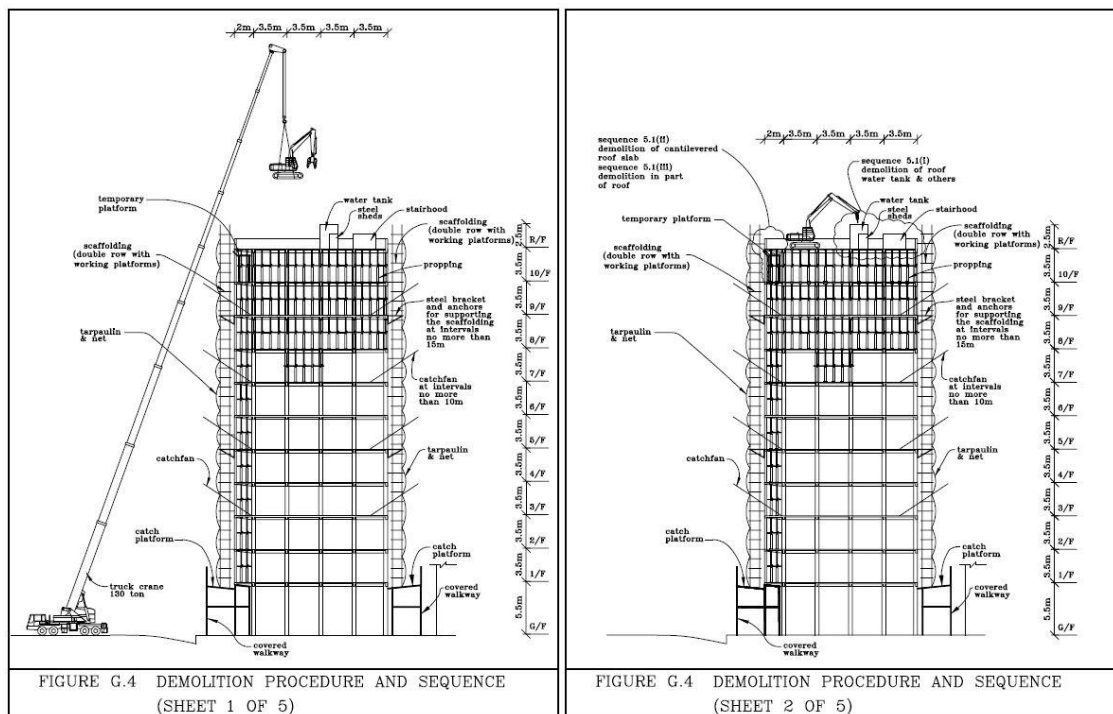
Purkusuunnitelmaa tarkemmat purkutyösuunnitelmat perustuvat kohdetta varten tehtyihin suunnitelmiin, aikatauluihin, kuntoarvioihin, haitta-ainekartoituksiin ja käyttöhistoriakartoitukseen.

Purkutyösuunnittelussa kootaan tiedot vanhoista rakenteista, suunnitellaan rakenteiden työnaikainen vakavuus ja kantavuus, purkutyömenetelmät, -laitteet ja -kalusto, tarkennetaan purkujärjestys sekä suunnitellaan työntekijöiden, työmaan ja ympäristön suojaus. Purkutyösuunnitelmaan liitetään tarvittavia lisäselvityksiä (esim. laskelmia tukirakenteista jne.) ja piirroksia.

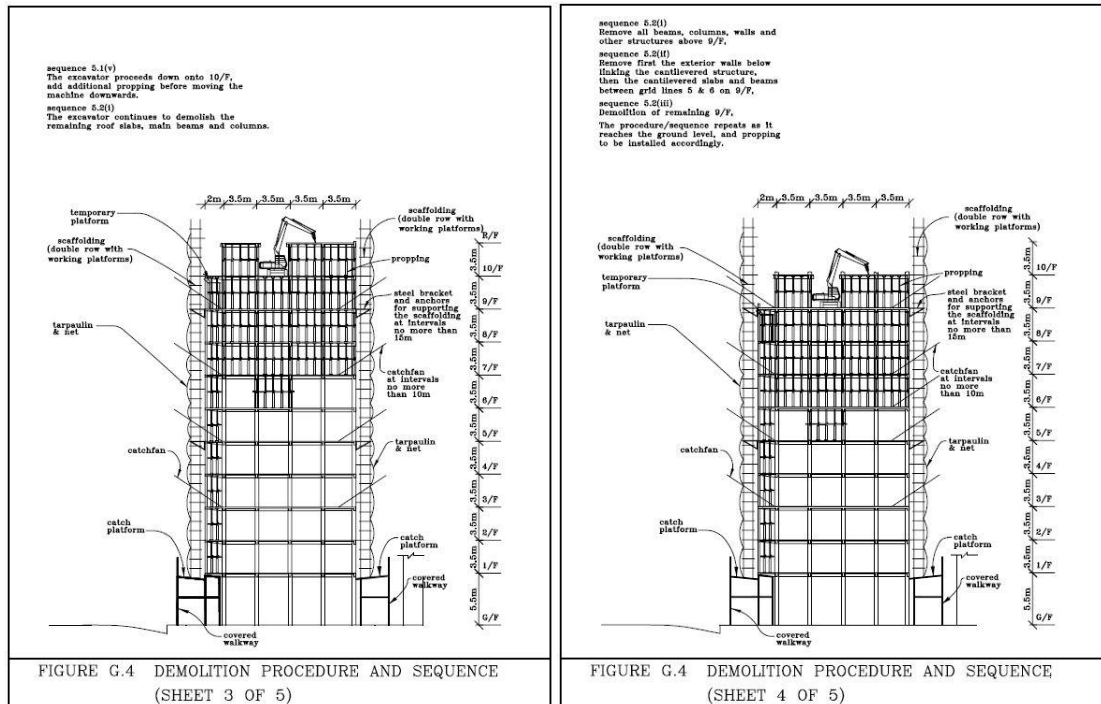
Purkutyösuunnitelma tarkistetaan aina kohteessa ennen purkutyön aloittamista. Työn edetessä seurataan koko ajan purkutyösuunnitelmassa esitettyjen asioiden toteutumista ja reagoidaan mahdollisiin poikkeamiin ja muutoksiin purkutyösuunnitelmista. Tarvittaessa purkutyösuunnitelmaa päivitetään yhteisissä suunnittelu- tai työmaakokouksissa.

Purkutyösuunnitelman tarkoitus on toimia purkutyön ennakkosuunnitteluna, jotta purkaminen voidaan varmistua ennen purkutyön aloittamista siitä, että purkutyö voidaan toteuttaa turvallisesti. Suomessa käytössä on purkutyösuunnitelman laadintaan valmiita lomakkeita (esim. Ratu 5010, Purkutyösuunnitelma). (Rakennustietosäätiö ry, 2009.)

Alla esitetyssä kuvasarjassa on esitetty tyypillisiä purkutyösuunnitelmia.



Kuva 6. Purkutyövaiheiden esitystapa, osa 1. (Building Departments Hong Kong, 2004.)



Kuva 7. Purkutyövaiheiden esitystapa, osa 2. (Building Departments Hong Kong, 2004.)

Tietomallipohjainen purkutyösuunnittelu palvelee edellä esitetyn kaltaisten purkutyövaiheiden esittämistä ja 3D-ympäristössä esitettyinä purkusuunnitelmista tulee perinteisiä piirustuksia havainnollisempia. Erilaiset simulaatiot, tilantarveanalyysit ja työturvallisuuden liittyvä mallintaminen ovat tietomallipohjaisen purkutyösuunnittelun etuja.

4.3.4 Maankäyttö- ja rakennuslaki

Maankäyttö- ja rakennuslaki keskittyy pääasiassa uudisrakentamiseen, mutta purkutöihin liittyen laissa on joitain oleellisia kohtia, jotka ovat tiivistettynä alla olevissa lainauksissa.

Historialliset ja rakennustaiteellisesti arvokkaat kohteet, 118 §:

Rakentamisessa, rakennuksen korjaus- ja muutostyössä ja muita toimenpiteitä suoritettaessa samoin kuin rakennuksen tai sen osan purkamisessa on huolehdittava siitä, ettei historiallisesti tai rakennustaiteellisesti arvokkaita rakennuksia tai kaupunkikuvaa turmella. (Ympäristöministeriö, 1999.)

Purkamiselle on haettava purkulupa rakennusvalvontaviranomaiselta, 127 § ja 130 §:

Rakennusta tai sen osaa ei saa ilman lupaa purkaa asemakaava-alueella tai alueella, jolla on voimassa 53 §:ssä tarkoitettu rakennuskielto asemakaavan laatimiseksi. Lupa on myös tarpeen, jos yleiskaavassa niin määrätään. (Ympäristöministeriö, 1999.)

Purkamistyön järjestely ja jätteiden käsittely sekä kierrätys, 139 § ja 154§:

Lupahakemuksessa tulee selvittää purkamistyön järjestäminen ja edellytykset huolehtia syntyvän rakennusjätteen käsittelystä sekä käyttökelpoisten rakennusosien hyväksi käyttämisestä. (Ympäristöministeriö, 1999.)

Rakennuksen tai sen osan purkaminen tulee järjestää niin, että luodaan edellytykset käyttökelpoisten rakennusosien hyväksikäyttämiseksi ja huolehditaan syntyvän rakennusjätteen käsittelystä. (Ympäristöministeriö, 1999.)

Purkutytöä säädellään lakisääteisesti ja lainsäädännössä on painotettu erityisesti jätteiden hyötykäyttämistä ja asianmukaista käsittelyä. Ensisijaisesti lainsäädännössä korostetaan jätteen synnyn ehkäisemistä ja sen hyötykäyttöä, toissijaisesti energiakäyttöä ja viimeisenä vaihtoehtona jätteen hautaamista maaperään. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL, 2013.)

4.3.5 Työturvallisuuslainsäädäntö

Työturvallisuuslainsäädännössä työnantaja on velvoitettu antamaan riittävät tiedot, eli perehdytys, kuhunkin työhön.

14 §

Työntekijälle annettava opetus ja ohjaus

Työnantajan on annettava työntekijälle riittävät tiedot työpaikan haitta- ja vaaratekijöistä sekä huolehdittava siitä, että työntekijän ammatillinen osaaminen ja työkokemus huomioon ottaen:

1) työntekijä perehdytetään riittävästi työhön, työpaikan työolosuhteisiin, työ- ja tuotantomenetelmiin, työssä käytettäviin työvälineisiin ja niiden oikeaan käyttöön sekä turvallisiin työtapoihin erityisesti ennen uuden työn tai tehtävän aloittamista tai työtehtävien muuttuessa sekä ennen uusien työvälineiden ja työ- tai tuotantomenetelmien käyttöön ottamista;

2) työntekijälle annetaan opetusta ja ohjausta työn haittojen ja vaarojen estämiseksi sekä työstä aiheutuvan turvallisuutta tai terveyttä uhkaavan haitan tai vaaran välttämiseksi;

3) työntekijälle annetaan opetusta ja ohjausta säätö-, puhdistus-, huolto- ja korjaustöiden sekä häiriö- ja poikkeustilanteiden varalta; ja

4) työntekijälle annettua opetusta ja ohjausta täydennetään tarvittaessa.

(Sosiaali- ja terveysministeriö, 2017.)

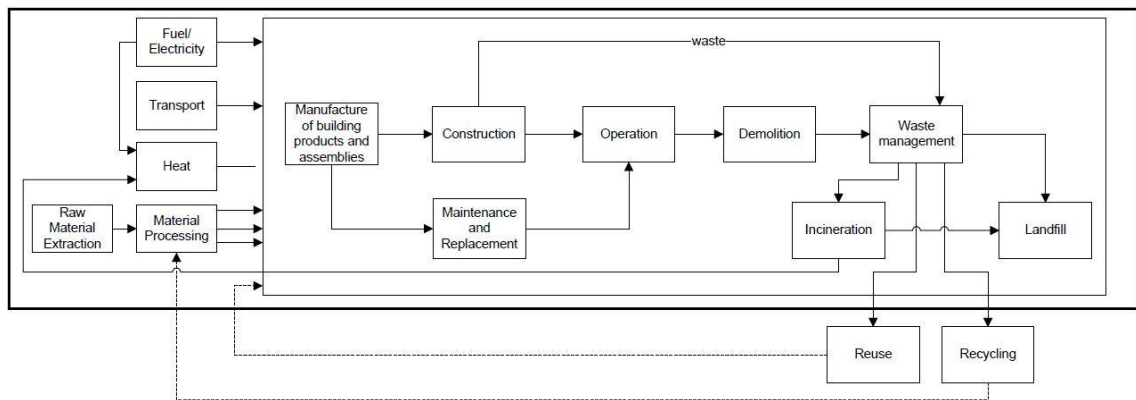
4.3.6 Jätelainsäädäntö

EU:n jätelainsäädännön mukaan vastuullisen jätehuollon tulee pyrkiä ensisijaisesti vähentämään syntyvän jätteen määrää ja haitallisuutta. Toiseksi tulee huomioida jätteiden

uudelleenkäyttö ja asianmukainen kierrätys. EU-alueella syntyy vuosittain keskimäärin kolme miljardia tonnia jätettä, josta 90 miljoonaa tonnia luokitellaan riskipitoiseksi. Luku kasvaa, sillä tuotamme jätettä koko ajan enemmän. (Eurooppatiedotus, ulkoasiainministeriö, 2017.)

Suomen jätelaissa on edellytetty, EU-lainsäädännön mukaisesti, jätteen tuottajan (purkutöiden yhteydessä purku-urakoitsija / tilaaja) tiedottamisvelvollisuutta jätehuoltoa tarjoavien toimijoiden suuntaan.

Tuottajan on uudelleenkäytön edistämiseksi mahdollisuuksien mukaan huolehdittava siitä, että tuotteen haltijat ja käytöstä poistetun tuotteen jätehuoltoa järjestävät muut toimijat saavat tarvittavat tiedot tuotteen ja sen osien uudelleenkäyttömahdollisuuksista ja purkamisesta sekä vaarallisten aineiden ja osien sijainnista tuotteessa. (Ympäristöministeriö, 2017.)



Kuvio 4. Rakennusmateriaalin kierto. (Grann, 2012.)

Rakennus- ja purkujätteen määrä on noin kolmannes koko EU:n alueella syntyvän jätteen määrästä. Suomessa määrä on n.16 % koko jätteen määrästä ja esimerkiksi Saksassa yli puolet. Romaniassa vastaavasti rakennusjätteen osuus on minimaalinen. Rakennusjätteen keräykseen ja käsittelyyn on panostettu EU:ssa hyvin eritasoisesti, mikä näkyy myös tilastoissa.

Taulukko 2. Jätteen määrä ja jakauma EU:ssa. (Eurostat, 2017.)

File:Waste generation by economic activities and households, 2012 (thousand tonnes) YB15.png

File File history File usage

	Total	Mining and quarrying	Manufacturing	Energy	Construction and demolition	Other economic activities	Households
EU-28	2 515 110	733 980	269 690	96 480	821 160	380 390	213 410
Belgium	67 630	115	17 736	1 314	24 570	18 891	5 004
Bulgaria	161 252	141 083	3 009	9 533	1 033	3 841	2 755
Czech Republic	23 171	167	4 376	1 063	8 593	5 739	3 233
Denmark	16 332	18	1 610	893	3 867	6 216	3 727
Germany	368 022	8 625	56 596	8 050	197 528	60 752	36 472
Estonia	21 992	9 355	4 121	6 258	657	1 165	436
Ireland	13 421	2 025	4 599	396	366	4 379	1 657
Greece	72 328	47 832	4 183	12 259	813	2 383	4 859
Spain	118 562	22 509	14 594	5 772	26 129	28 333	21 224
France	344 732	2 477	21 431	2 100	246 702	42 024	29 996
Croatia	3 379	5	425	108	682	968	1 191
Italy	162 765	720	34 142	3 616	52 966	41 708	29 613
Cyprus	2 086	218	98	2	965	353	451
Latvia	2 310	2	396	133	8	558	1 213
Lithuania	5 679	26	2 551	29	419	1 477	1 177
Luxembourg	8 397	131	509	2	7 079	426	249
Hungary	16 310	91	2 991	2 872	4 038	3 638	2 681
Malta	1 452	45	9	2	1 041	201	155
Netherlands	123 613	179	14 115	1 342	81 354	17 758	8 864
Austria	34 047	51	3 636	622	19 471	6 247	4 020
Poland	163 378	68 035	31 135	20 706	15 368	18 809	9 324
Portugal	14 184	243	3 188	422	928	4 672	4 731
Romania	266 976	223 293	6 029	9 043	1 325	22 638	4 647
Slovenia	4 547	14	1 345	1 069	535	941	641
Slovakia	8 425	311	2 516	1 046	806	2 090	1 657
Finland	91 824	52 880	14 531	1 011	16 034	5 635	1 734
Sweden	156 367	129 481	6 218	1 852	7 656	6 967	4 193
United Kingdom	241 922	24 044	13 596	4 965	100 230	71 580	27 506
Iceland	529	0	93	2	11	191	233
Liechtenstein	467	29	12	0	107	2	316
Norway	10 721	470	2 639	89	1 881	3 205	2 438
Montenegro	386	1	33	351	0	0	0
FYR of Macedonia	8 472	802	1 304	6	0	6 360	0
Serbia	55 003	47 896	760	5 744	364	238	0
Turkey	1 013 226	950 587	13 141	18 424	0	289	30 785
Bosnia and Herzegovina	4 457	72	1 213	3 171	0	0	0
Kosovo	1 167	177	80	151	0	268	490

Tuottajan vastuun periaate ohjaa tuotantoa teollisuusmaissa. Periaate ulottuu koko tuotteen elinkaaren ajalle, eikä rakentaminen ole poikkeus tästä periaatteesta. Perusvastuut on määritelty lainsäädännössä, jossa tilaaja, suunnittelija ja urakoitsija ovat velvollisia kukin omilla toimillaan vähentämään jätteiden määrää ja niiden haitallisuutta. Tämä vastuu koskee koko elinkaarta. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL, 2013.)

Rakennusjätteen välttämässä on hyvin suuri potentiaali ja tämän potentiaalın hyödyntäminen edellyttää koko elinkaaren hallitsemista sekä osapuolten hyvää yhteistoimintaa. Purkujätteen toimittaminen hyötykäyttöön on yleensä edullisempaa kuin jätteen sijoittaminen kaatopaikalle. Erityisesti sekajätteen käsittelystä perittävät verot ja maksut ovat nousseet nopeasti viime vuosina. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL, 2013.)

4.3.7 Haitta-aineilta suojauminen

Purkutöissä altistutaan erilaisille pölyille, melulle, tärinälle ja kemikaaleille, joita ovat mm.:

- mineraalipölyt, kuten asbesti-, kvartsi-, sementti-, betoni- ja kipsilevypölyt
- orgaaniset pölyt, puu- ja puulevypölyt
- hitsaus- ja juotoshuurut
- erilaiset kemikaalit, maalit, liimat, liuotinaineet ja puhdistusaineet
- puunsuoja-aineet (mm. kuparipohjaiset aineet, kreosootti, boraatit)
- eristemateriaalien pölyt (mineraalivilla, polyuretaani, EPS, selluvilla jne.).

Nämä aineet ovat useimmiten syöpää aiheuttavia ja niille altistuvat yleensä yleisiä rakennusaputoita tekevät työntekijät, joihin useimmat purkutyöntekijät kuuluvat. (Työterveyslaitos, 2009.)

Suojautumiseen haitta-aineilta purkutöiden yhteydessä tulee lainsäädännön mukaan varautua riittävän laajalla haitta-ainetutkimuksella. Asbestin, joka on yleisimpiä havaittuja haitta-aineita sen käytön yleisyydestä johtuen, käsittelyyn on laadittu oma lainsäädäntönsä ja asetukset sekä lukuisia ohjeita työn turvalliseen suorittamiseen, työhön tarvittavaan koulutukseen sekä siihen, miten haitta-aineiden esiintyminen tulee selvittää ja tutkia. (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2017.) (Aluehallintovirasto, 2015.)

Lainsäädännössä korostetaan kiinteistön omistajan ensisijaista vastuuta haitta-aineiden tunnistamisessa ja sen varmistamisessa, etteivät haitalliset aineet päädy ympäristöön tai aiheuta ihmisille terveydellistä haittaa. Pääperiaatteena purkutöissä on mahdollisimman vähän altistavien työmenetelmien käyttö ja jätteiden asianmukainen käsittely. (Rakennustietosäätiö ry, 2011.)

Haitta-ainekartoituksen tavoitteena on purkutöissä:

- arvioida haitallisten aineiden määrät ja esiintymisalueet
- arvioida haitallisten aineiden aiheuttamaa altistumisriskiä purkutöiden aikana, jolloin riski altistua on suurin
- arvioida haitallisten aineiden mahdollisia ympäristövaikutuksia
- määrittää purettavan jätteen jäteluokitus.

(Rakennustietosäätiö ry, 2011.)

Haitta-ainekartoituksessa saadun tiedon siirtäminen tietomalliin on yleensä helppoa ja laajoissa purkukohteissa eri haitta-aineiden esiintymät kohteessa on helppo havainnollistaa tietomallin avulla (pintarasteroinnit, värit jne.). (Cheng, 2013.)

4.4 Purkutyökalut ja – menetelmät

4.4.1 Perinteiset purkutyökalut

Ennen purkutyökoneiden kehitystä purkutyö tehtiin perinteisesti käsityökaluin. Vanhoissa muuratuissa rakenteissa purkaminen tehtiin yleensä lekalla, mikä on ollut tehokas työkalu, kun muurauslaastina on käytetty kalkkilaastia. Sementin kehityksen myötä laastien lujuus ja betonirakenteiden yleistymisen myötä lekan käytön purkutöissä syrjäyttivät erilaiset käsikäyttöiset piikkauskoneet.



Kuva 8. Perinteistä purkua käsityönä. (Kuljetusliike Aaltonen Oy, 2017.) (Delprete Masonry Inc., 2017.)



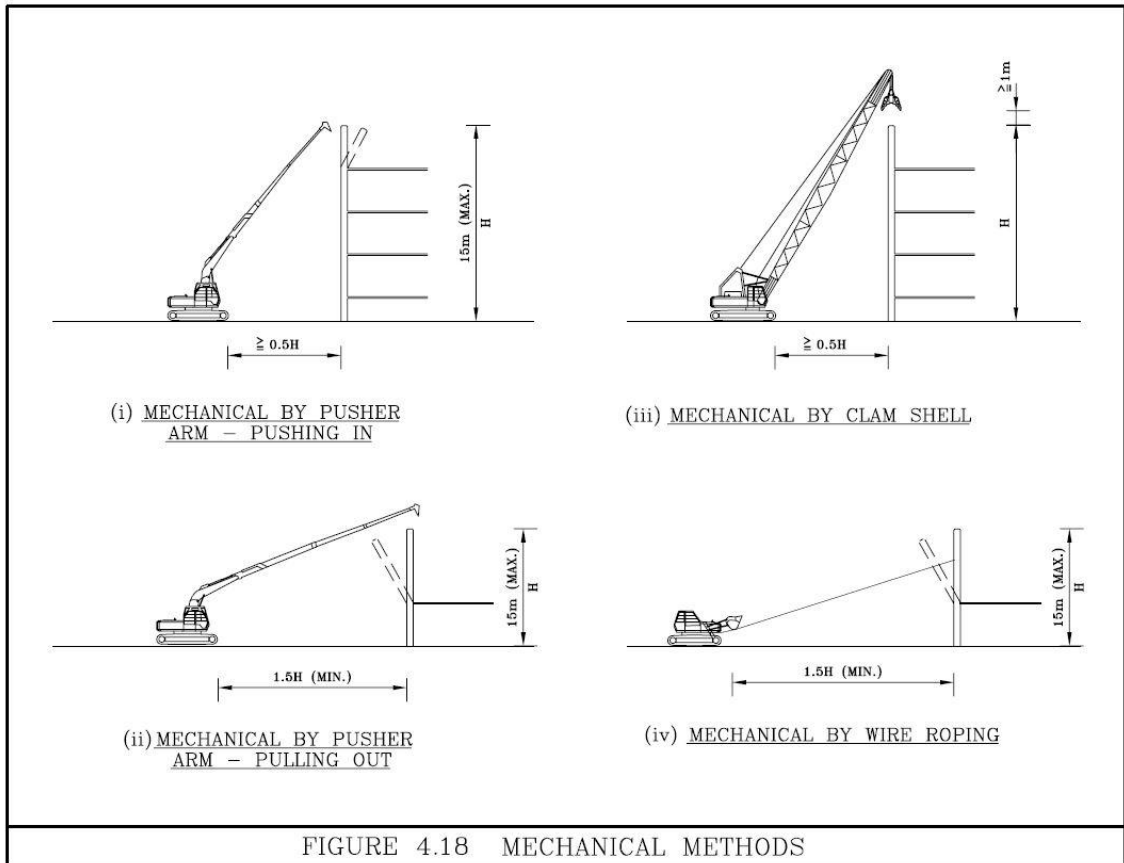
Kuva 9. Purkutyötä Australiassa v.1937. (Wikipedia, 2017.)

Suomessa puu- ja tiilirakenteiden purkutyö oli ennen koneiden kehittymistä lajittelevaa purkua ja purettujen talojen rakennustarvikkeet kierrätettiin resurssien puutteessa uusiin rakennuksiin ja laajennuksiin. Hirsirakennuksia saatettiin siirtää kymmenien ja jopa satojen kilometrien päähän. Vanhoista rakennuksista purkutöiden yhteydessä löytyy usein erilaisia tiilityyppejä ja tiiliä, joissa on merkkejä aiemmasta käytöstä ja purkutöistä.

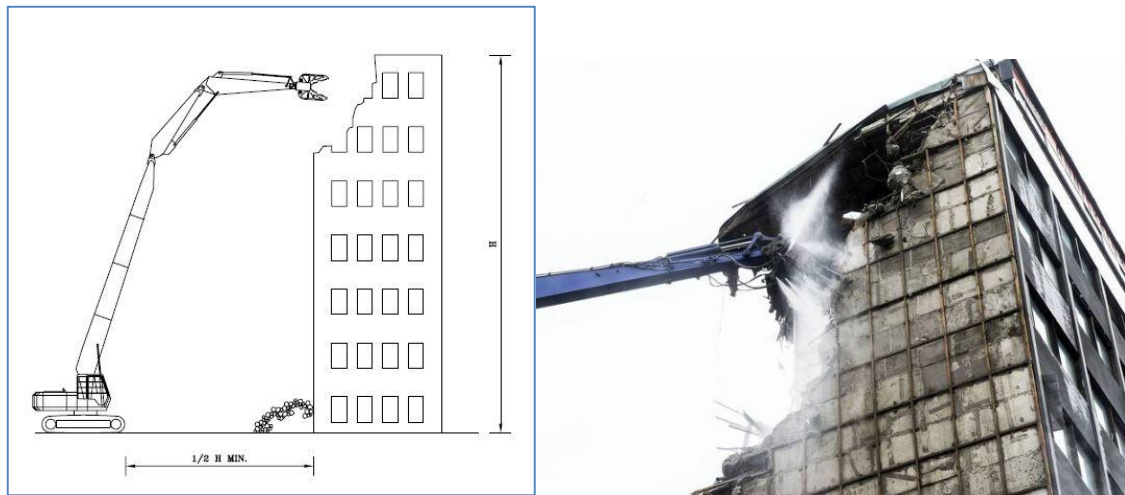
4.4.2 Koneistetut purkutyökalut raskaaseen purkutyöhön

Konekannan kehittyessä ensin maanrakennus- ja nosturialalla, alettiin samoja koneita muokkaamaan myös purkutöihin soveltuvaksi. Nosturista kehitettiin konepurkuun erilaisia kahmareita sekä sarjakuvista ja piirretyistä monille tuttu purkupallo ("wrecking ball").

Kaivinkonealustalle raskaiden purkutyökalujen kehittäminen eteni vastaavasti; kauhan tilalle kehitettiin ensin tarttuvia ja piikkaavia osia (ns. "rammeri", eli iskuvasara). Nykyisin tyypillinen betonirakenteissa käytettävä "purkutarrain" pystyy pulveroimaan puretun betonirakenteen, jolloin myös raudotteet saadaan jo työmaalla eroteltua betonimurskasta. Konepurun kehitys on mahdollistanut aiempaa paremman kierrätyksen erityisesti betonirakenteiden osalta.



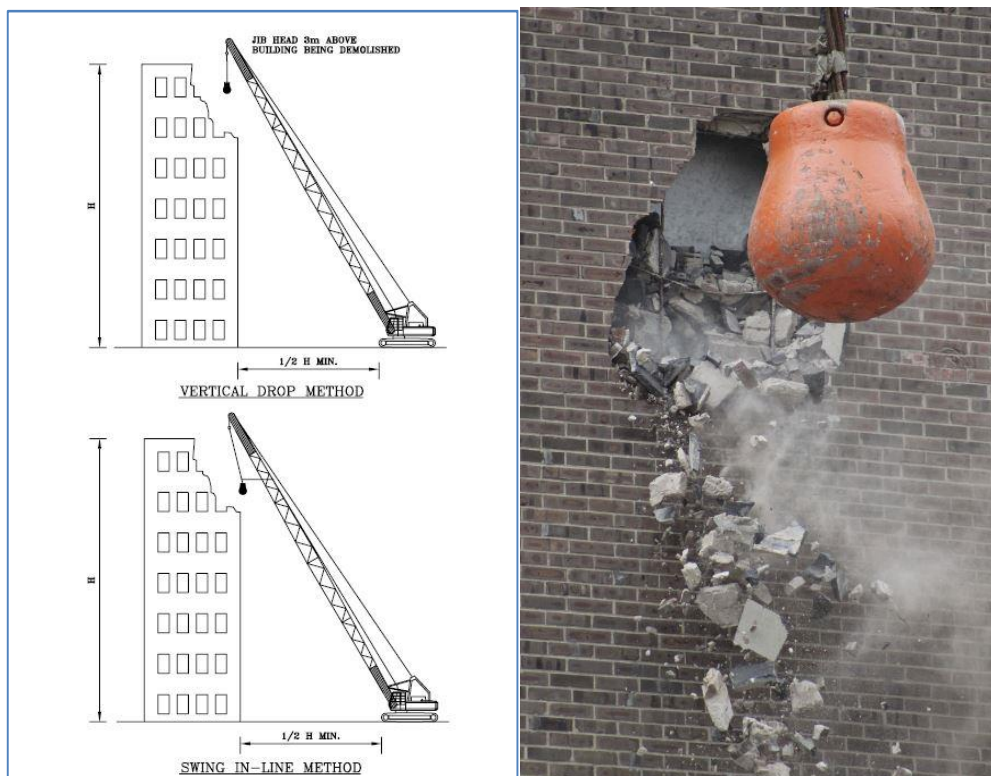
Kuva 10. Mekaaniset purkumenetelmät. (Building Departments Hong Kong, 2004.)



Kuva 11. Pitkäpuomipurkua. (Building Departments Hong Kong, 2004.) (Aamulehti, 2017.)



Kuva 12. Hydraulinen pulveroiva purkukoura. (Demolition and Recycling Equipment, 2017.)

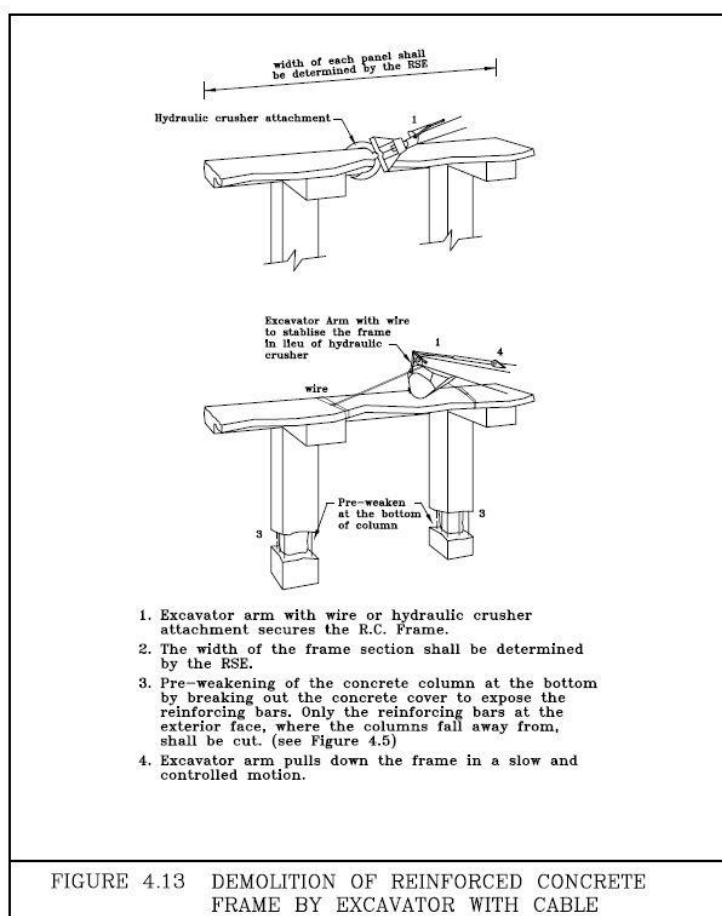


Kuva 13. Kuvasarja (2) purkupallonmenetelmästä. (Building Departments Hong Kong, 2004.)
(Delprete Masonry Inc., 2017.)

Purkumenetelmistä purkupallomenetelmä on tehokas, mutta materiaalien lajitteluun heikosti soveltuva. Viime vuosina purkutyömenetelmäksi ovat vakiintuneet purkurobotit ja pitkäpuomiset kaivinkonealustalle rakennetut purkutyökoneet. Näiden etuna mm. räjäytys- ja purkupallomenetelmään verrattuna ovat mahdollisuus materiaalien tehokkaampaan lajitteluun jo purkukohteessa. Pulveroiva koura mahdollistaa mm. terästen ja muiden metallien erottelun teräs- ja rautabetonirakenteissa sekä raudoitetuissa tiilirakenteissa.

Erityyppisille rakenteille on laadittu eri maissa ”menetelmäkortteja” tai työohjeita, joilla pyritään ohjaamaan työn suorittajia turvallisiin purkumenetelmiin. Suomessa käytössä oleva RATU-kortisto sisältää yksityiskohtaisia purkutyöohjeita eri purkutyömenetelmille. (Rakennustietosäätiö, 2012.)

Alla esitetyssä kuvasarjassa on esitetty tyypillisiä purkumenetelmiä kuvaavia ”menetelmäkortteja”.



Kuva 14. Teräsbetonisen kehän purkumenetelmä. (Building Departments Hong Kong, 2004.)

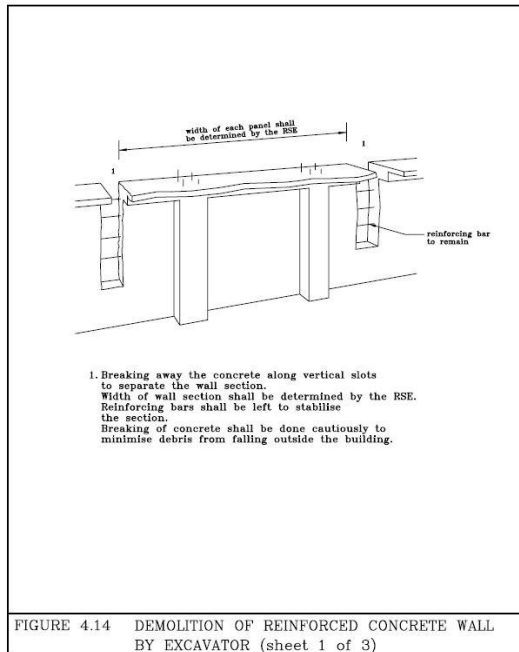


FIGURE 4.14 DEMOLITION OF REINFORCED CONCRETE WALL BY EXCAVATOR (sheet 1 of 3)

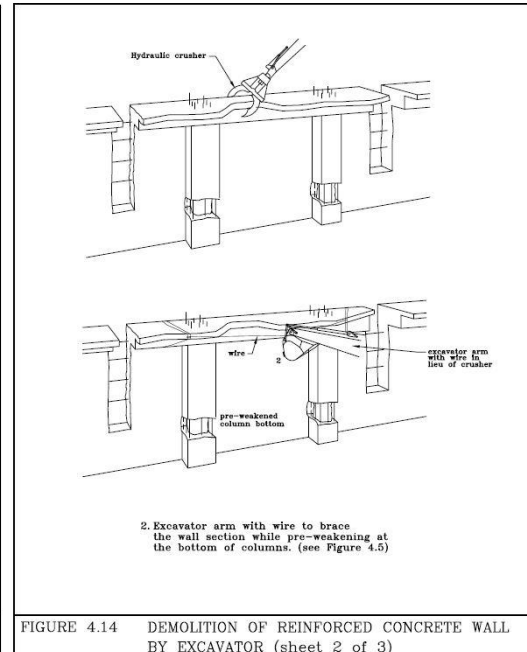


FIGURE 4.14 DEMOLITION OF REINFORCED CONCRETE WALL BY EXCAVATOR (sheet 2 of 3)

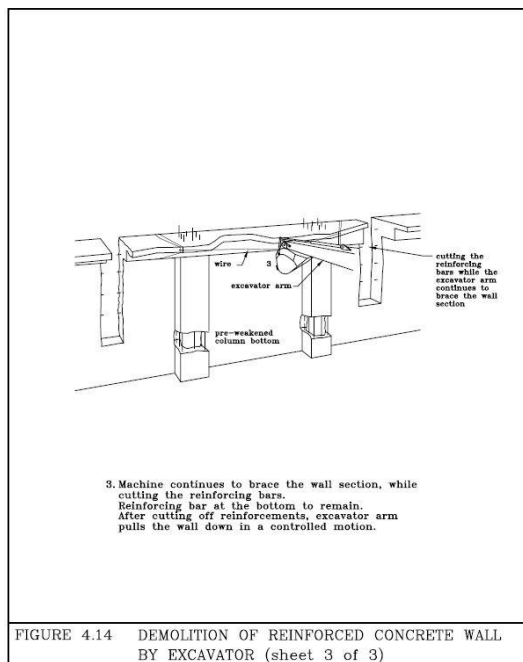


FIGURE 4.14 DEMOLITION OF REINFORCED CONCRETE WALL BY EXCAVATOR (sheet 3 of 3)

Kuva 15. Kuvasarja (3) teräsbetoneiseinän purkumenetelmästä. (Building Departments Hong Kong, 2004.)

Purkutyötä varten laaditut “menetelmäkortit” ovat yleisiä ohjeita ja niitä joudutaan usein kohdekohtaisesti räätälöimään tai niitä käytetään vain ohjeellisina asiakirjoina, joita rakennesuunnittelija purkusuunnitelmissaan ja purkutyöurakoitsija purkutyösuunnitelmas-

saan tarkentaa kohdekohtaisesti. Tyyppiratkaisujen riskinä voidaan pitää sitä, että kohdekohtaista tarkastelua ei purkutyössä huomioida ja rakenteen toiminta purkutilanteessa voi olennaisesti poiketa tyyppiratkaisusta.

4.4.3 Purkurobotit

Automaatio (kreik. "Automatos") tarkoittaa itsetoimivaa laitetta tai järjestelmää. Nykyisin teollisuusautomaatio tarkoittaa usein tietokoneen käyttämistä koneiden ja tuotantoprosessien ohjaamisessa. Tuotantotekniikan osana teollisuusautomaatio on kehittyneempi aste mekanisaatiosta, jossa ihmiset käyttävät koneita työnsä apuna. (Wikipedia, 2017.)

Teollisuudessa yleisesti käytössä oleva teollisuusrobotiikka tuo seuraavia hyötyjä:

- toistettavuus
- tiukempi laadunhallinta
- jätteiden vähentyminen
- integraatio muiden järjestelmien kanssa
- kasvanut tuotanto
- vähäisempi työvoiman tarve

Robotiikan ja automatisoinnin haittapuolia ovat korkeat alkukustannukset ja suurempi riippuvuus kunnossapidosta, josta johtuen robotisaation ja automaation taso on korkeampi teollistuneissa yhteiskunnissa. (Wikipedia, 2017.)

Mitä rutiinomaisemmista tehtävästä on kyse, sitä todennäköisemmin tehtävän hoitaa tulevaisuudessa robotti. Kone korvaa ihmisen työtä paitsi fyysisesti raskaissa tehtävissä, myös tarkkuutta vaativissa, likaisissa ja vaarallisissa sekä pitkäkestoisissa ja yksitoikkosisissa tehtävissä.

Rutiini perustuu sääntöihin, ja rutiinomainen työtehtävä taas on pilkottavissa sääntöjen sarjaksi. Kaikki tehtävät, joiden säännöt osaamme määritellä, voidaan siis suorittaa ihmistä luotettavammin, tarkemmin, nopeammin ja luultavasti myös halvemmin koneilla. (EVA, 2016.)

Täysin autonomisten robottien käyttöä purkutöissä, kuten muuallakin rakennusteollisuudessa, on hidastanut investointikustannustason lisäksi se, että robottien toiminta muuttavassa ympäristössä sekä robottien kyky tunnistaa erilaisia tilanteita, on vaikeaa. Teknologioita löytyy, mutta niiden yhteensovittaminen on ollut haasteellista.

Purkurobotiksi kutsutaan tällä hetkellä laitteita, joita kauko-ohjaa laitteiden läheisyydessä ihminen. Osa laitetoimittajista käyttää tämän kaltaisista purkuroboteista termiä ”etäpurkulaite”.



Kuva 16. Etäpurkulaitteita teollisuuskohteessa. (Husqvarna AB, 2017.)

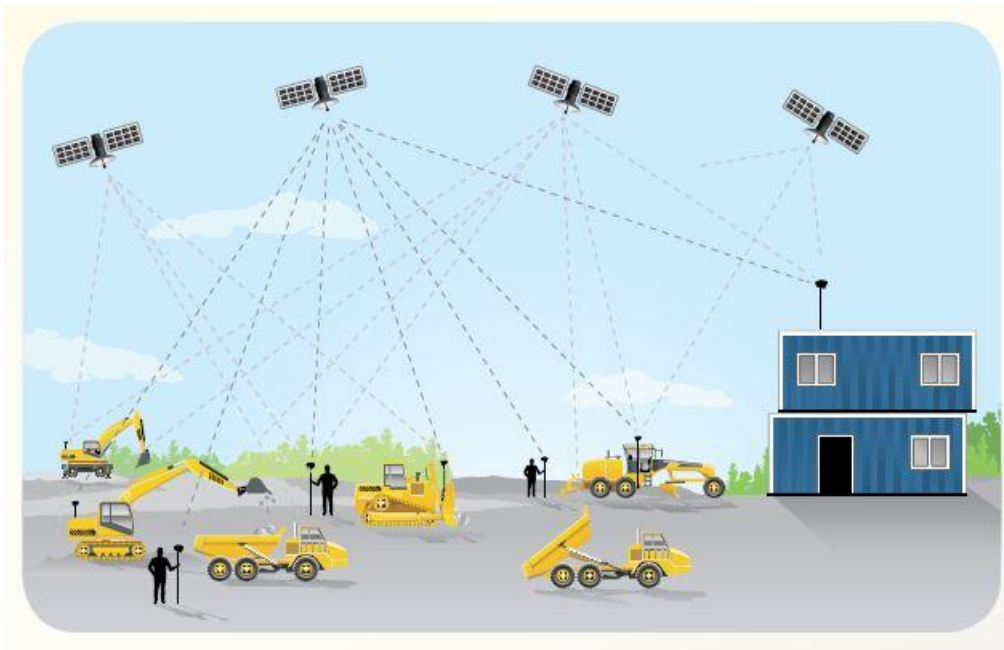
Seuraava kehitysvaiheen voi ennustaa muussa teollisuudessa tapahtuneesta kehityksestä; ensin jokaista konetta ohjasi joukko ihmisiä, koneiden kehittyessä vain yksi ihminen ja lopulta pieni joukko operaattoreita ohjaa kokonaista yhdessä toimivaa konelinjastoa, tarvittaessa ympärivuorokautisesti. Purkurobotiikalle on helppo kuvitella vastaavanlainen kehityskaari, jossa nykyisin yhtä robottia lähietäisyydeltä kauko-ohjaava ihminen siirtyy laitteiden kehittyessä useamman laitteen etäohjaajaksi, jonka työkuvaksi jää sellaisten häiriötilanteiden ratkaiseminen, joihin robotit eivät vielä kykene itsenäisesti. Lisätyn todellisuuden käyttömahdollisuudet etäohjauksessa tulee olemaan lähitulevaisuuden yksi mielenkiintoinen kehityspolku.

Edellä kuvatun kaltaisessa kehityksessä tietomallille löytyy luonteva osa purkutyössä, kun se yhdistetään etävalvontaan, purkurobotin työmuistiin, sensoreihin ja tunnistimiin. Vuorovaikutus robotin ja tietomallin välillä on nykytekniikalla jo rakennettavissa. Tietomalliin voidaan siirtää purkutyön edetessä sellaista dataa, jota ei tietomallia luotaessa ole ollut saatavilla (esim. tietoa materiaaleista, rakenteiden sisäosista, rakenteen siirtymistä, näytteiden ottoa, yms.).

4.4.4 Koneohjaus

Rakentamisessa koneohjaukseksi kutsuttu työkoneautomaatio on otettu käyttöön maanrakennustöissä. Tyypillinen automaation taso on maanrakennustöissä työkoneautomaatio, joka avustaa kuljettajaa, jonka työkone on muokattu mittalaitteilla. Näiden koneohjattujen koneiden puomit muodostuvat useista toisistaan riippumatta liikkuvista osista, joi-

den asentoa mitataan asentoa mittaavilla elektronisilla antureilla sekä pyörimistä ja kaltevuutta mittaavilla antureilla. Maanrakennustyömaa on ollut rakennusautomaation käytölle luonteva aloitus, koska maanrakennustyön konetyön aste on ollut vuosikymmeniä korkealla ja työssä on paljon selkeitä ja toistuvia työvaiheita. Paikannusteknologian kehitys on mahdollistanut koneille myös tarkan paikkatiedon ja paikkatiedon perusteella tapahtuvan työkoneneen ohjauksen. (Nieminen, 2011.)



Kuva 17. Koneohjauksen digitaaliset yhteydet. (Leica Geosystems AG, 2017.)

Koneohjauksen hyödyt vastaavat muussa teollisuudessa automaation tuomia hyötyjä. Esimerkiksi voidaan ottaa kaivinkoneen 3D-koneohjaus, joka koostuu kauhan, puomiston ja rungon anturoinnista, näyttö- ja tietokonelaitteista sekä satelliittipaikantimista. Kai-vinkoneen 3D-koneohjausta hyödyntämällä voidaan:

- vähentää työvaiheita
- työskennellä ilman maastoon merkintää
- työmaakorko on aina tiedossa kauhan huulilevyssä, eikä sihtilappujen tai lasereiden pystytystä tarvita
- kolmiulotteiset työsuunnitelmat ovat näkyvissä järjestelmän näyttöruudulla, mikä auttaa kuljettajaa suoriutumaan vaativimmistakin työkohteista vaivattomasti
- tukiaseman tai verkkokorjauspalvelun tuottaman korjaussignaalin avulla saavutetaan työssä 10mm tarkkuus
- työkonene toimii itsenäisen ja tarkkana mittalaitteena
- työ tehostuu ja nopeutuu, koska kuljettaja voi keskittyä tuottavaan työhön

- kustannussäästöä työvoima-, polttoaine- ja konekustannuksissa
- tarkka mittalaite mahdollistaa tiukemmat toleranssit, jolloin ylikaivu ja -täyttö vähenee ja materiaali- ja kuljetuskustannukset pienenevät
- parantunut tarkkuus johtaa tasalaatuisempaan työn jälkeen
- työturvallisuus paranee, koska henkilötyönä suoritettava mittaustarve liikkuvien työkoneiden lähettyvillä ja kaivannoissa vähenee



Kuva 18. Koneohjausnäkyvä. (Novatron Oy, 2017.)

Maanrakentamisessa päivittäisessä työssä käytössä olevaa koneohjausta on mahdollista soveltaa myös purkutyössä jolloin edellä kuvatun kaltaisia hyötyjä tulisi pystyä todentamaan.

Koneohjauksessa opittua voidaan hyödyntää purkutyössä, koska purkutyörobottien ohjauslogiikka vastaa kaivinkoneiden logiikkaa. Purkurobottien liikkeet ja työkaluvalikoima vastaa myös kaivinkoneiden vastaavia. Merkittävimpänä erona on se, että maanrakennustöissä paikannussignaali saadaan satelliitista ja korjaussignaalia tukiasemista tai verkkokorjauspalvelusta. Teollisuuden purkutöissä toimitaan usein rakennusten sisällä, jonne paikannussignaalia satelliitista on vaikea saada luotettavasti ja tuolloin paikantamiseen tulee käyttää muunlaisia tekniikoita, jotka soveltuvat purkutöihin sisätiloissa.

4.4.5 Sisätilapaikannus

Sijaintitiedosta ja sen avulla toteutettava navigointi on yleistynyt viimeisten 20 vuoden aikana. Navigoinnin yleistymiseen on vaikuttanut monet turvallisuuteen liittyvät keksinnöt, joiden avulla mm. pelastushenkilöstö löytää nopeammin ja aiempaa tarkemmin onnettomuuspaikalle tai sairauspotilaan luokse. Ajoneuvoilla liikkuvien elämää paikannustiedon hyödyntämistä on helpottanut navigaattoreiden ja myöhemmin älypuhelisten kehitys. Näissä kaikissa tekniikoissa paikannuksen mahdollistaa satelliittipaikannus, joka avarissa ulkotiloissa antaa tarkan sijaintitiedon. Satelliittipaikannuksen tarkkuus heikenee kuitenkin olennaisesti siirryttäessä rakennusten sisälle tai tiheästi rakennettuun tai korkeita rakennusosia sisältävään ympäristöön, joissa rakennukset ja rakenteet estävät satelliittisignaalien kulun vastaanottimeen. Luotettavalla paikkatiedolle sisätiloissa on selkeä tarve, jonka veturina viime vuodet on ollut kauppaan ja varastointilogistiikkaan liittyvät alat. (Geodeettinen laitos, 2017.)

Sisätilapaikannuksen tutkimus ja kehitys on ollut erittäin aktiivista viimeisen vuosikymmenen ajan, mutta toimivuudeltaan ulkotilojen satelliittipaikannusta vastaavaa menetelmää ei ole vielä löydetty. Tällä hetkellä sisätilapaikannuksessa on yleisimmin käytössä langattoman lähiverkon (WLAN) tukiasemista saataviin radiosignaaleihin perustuva paikannus. Sen suosio perustuu pitkälti valmiina olevaan infrastruktuuriin: useimmissa julkisissa tiloissa on jo valmiiksi langaton lähiverkko. Paikannuksen tarkkuus on hyvissä olosuhteissa noin kaksi metriä, mutta avarissa tiloissa tarkkuus huononee huomattavasti. Lisäksi menetelmä on erittäin herkkä tukiasemien tai suurempien rakenteiden siirrolle ja muille muutoksille. (Geodeettinen laitos, 2017.)

WLAN-verkon puutteita on yritetty korvata käyttämällä navigoinnin apuvälineinä erilaisia antureita (mm. kiihtyvyyss- ja kulmanopeusantureita) ja kompassia. Anturit kiinnitetään paikannettavaan kohteeseen tai liikkuvaan laitteeseen (esim. purkurobotti) ja ne toimivat täysin riippumattomasti paikannusympäristöstä. (Geodeettinen laitos, 2017.)

Antureiden käyttöä rajoittavat kuitenkin mittausvirheet sekä se, että antureilla saadaan mitattua lähinnä suhteellista sijaintitietoa, kuljettua suuntaa ja nopeutta. Absoluuttisen tarkan paikan määrittämiseen tarvitaan jonkinlainen pohjakartta sekä virheidenkorjausmekanismeja. (Geodeettinen laitos, 2017.)

WLAN-verkon lisäksi saatavilla on useita muita langattomia paikannusmenetelmiä. Näitä ovat mm. matkapuhelintukiasemasignaaliin (esim. 4G) perustuva paikannus, RFID (radiofrequency identification) -siruihin pohjautuva etätunnistinpaikantaminen, ultraääni- ja

infrapunapaikannus sekä UWB (ultra wideband) -signaaleihin perustuva aikaviiveperusteinen paikannus. (Geodeettinen laitos, 2017.)

Taulukko 3. Sisätilapaikannusmenetelmiä. (Geodeettinen laitos, 2017.)

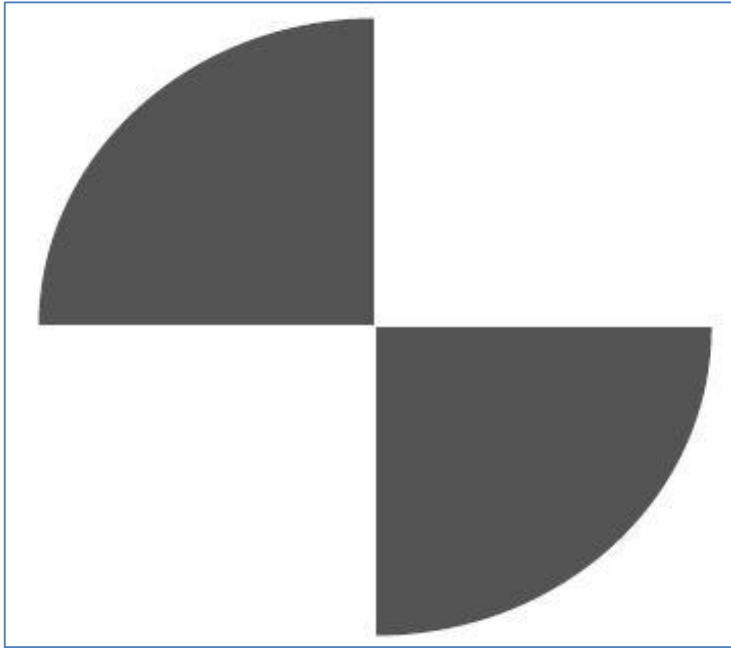
Tekniikka	Tarkkuus (metriä)	Kattavuus (metriä)	Infrastruktuurin ja etukäteisvalmistelun tarve
Satelliittipaikannus (sisätiloissa)	> 10	Ei rajaa paikoissa, joihin signaalit pääsevät	Ei
WLAN (sormenjälkikartta)	2 – 10	20 – 50	Kyllä
Bluetooth (sormenjälkikartta)	5	10	Kyllä
Quuppa (mobiili) ¹	10	3 – 50	Kyllä
IndoorAtlas 1	3	Rakennuksessa	Valmistelu, ei infrastruktuuria
GSM	20 – 1000	Ei rajaa	Ei
RFID	0.1 – 2	1 – 10	Kyllä
UWB	0.05 – 1	10 – 100	Kyllä
Anturit	Virhettä 1 – 10 % kuljetusta etäisyydestä ²	Ei rajaa	Ei, mutta aloitussijainti on määriteltävä

Sisätilapaikannuksen tarkkuutta parantamaan käytetään usein ns. lokaattoreita ("tag"), joita sopivasti sijoittamalla päästään tarkkuuteen, joka purkutöissä yleensä riittää. Mikäli purettava kohde laserkeilataan, on suositeltavaa käyttää purkutyössä samoja lokaattoreita ("tähykset") kuin keilausdatan keräämisessä käytetään. Tämä kuitenkin asettaa lokaattoreille vaatimuksia mm. säänkestävyydelle, mitä tavanomaiset laserkeilauksessa käytetyt paperiset tähykset eivät sellaisenaan täytä. (Harri, Välimäki, 2015.) (Ahonen, 2015.)



Kuva 19. Tagi. (Harri, Välimäki, 2015.)

Laserkeilauksessa käytetyt tähykset ovat yleensä tasomaisia tai pallomaisia ja ohjelmitot osaavat yhdistää pistepilviä täysin automaattisesti käyttäen keilauksen aikana määriteltyjä tähyksiä. (Liikennevirasto, 2012.)

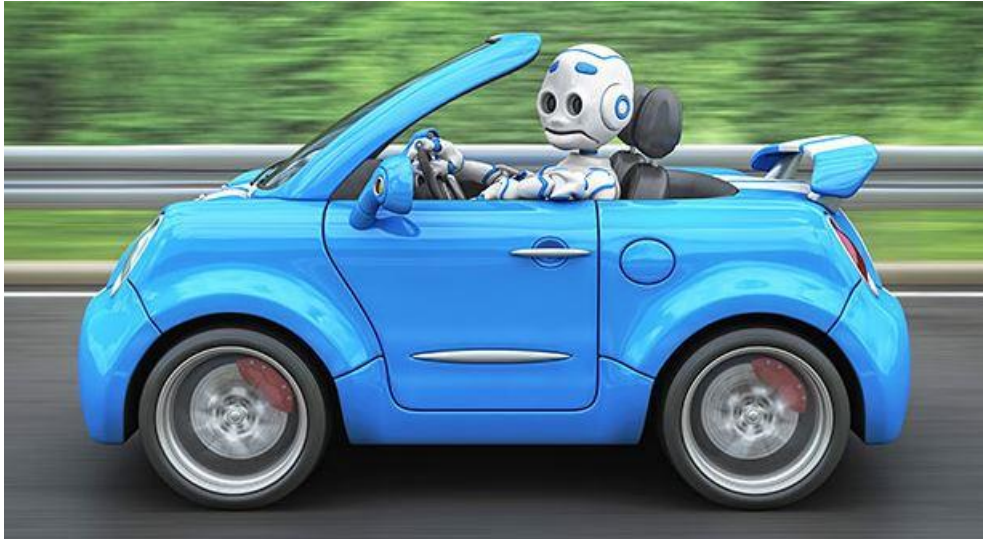


Kuva 20. Tähyks. (Koski, 2012.)

Yllä esitetyssä kuvassa esitetty tähyks on tulostettavissa tavallisella tulostimella ja valmis tulostustiedosto tulee keilainohjelmiston mukana. Tämän tyyppisen tähyksen koko on yleensä A4, mutta sitä voidaan myös muunnella. Tähykset asemoidaan maksimissaan 15 metrin etäisyydelle laserkeilaimesta.

4.4.6 Itseohjautuvuus

Itseohjautuvuus tarkoittaa laitetta, joka on kokonaan tietokoneen ohjaama. Tietokone käsittelee antureista tulevaa tietoa ja tekee sen perusteella kaikki ohjaamisen vaatimat päätökset, mukaan luettuna reitin valinnan ja äkilliset pysäytykset yllättävien esteiden eteen tullessa. Tietokone tarvitsee ohjausvalintojen tueksi erilaisia antureita, jotka ovat mm. kameroita, kiihtyvyyssantureita, mikrofoneja ja lidar-sensoreita (Light Detection and Ranging). (Wikipedia, 2017.)



Kuva 21. Robottiauto. (Drivenmedia, 2017.)

Itseohjautuvien autojen kehitys on viime vuosina ollut nopeaa ja lainsäädäntöä ollaan vähitellen muokkaamassa robotiikan tulon liikenteessä. Ajoneuvoliikenteeseen soveltuvista menetelmistä voidaan kehittää myös rajatummassa ympäristössä (esim. purkutyömaa) toimivia itseohjaavia laitteita. Maanrakennuskoneiden itseohjautuvuutta on tutkittu ja kehitetty konevalmistajien toimesta pitkään ja historiallinen kehityskulku maanrakennus- ja purkutyökoneiden välillä johtaa väistämättä vastaavaan kehitykseen myös purkutyökoneiden osalta. (Heganorn, 2017.) (Volvo Construction, 2017.)



Kuva 22. Itseohjautuva kuorma-auto. (Volvo Construction, 2017.)

5 Tietomallintaminen

Tietomallilla tarkoitetaan kolmiulotteista mallia rakennuksesta, joka kuvaa rakennuksen fyysisen olemuksen, toiminnan ja toteutustavan siten, että kaikki hankkeen osapuolet saavat siitä tarvitsemansa tiedon. Tietomalli ei ole vain visuaalinen ja kaunis visualisointi rakennuksesta vaan se sisältää monia muita ominaisuuksia, joita hankkeen osapuolet voivat hyödyntää monin tavoin. Graafisen sisällön takana on laajoja tietokantoja ja tietomallintamisesta on tullut uusi tapa käsitellä ja jakaa tietoa hankeosapuolten välillä. (Tuotemallintaminen rakennesuunnittelussa, 2007.) (Resurssitehokas tietomallintaminen rakentamishankkeiden luonnos- ja toteutussuunnitteluvaiheessa, 2014.) (Jäväjä, 2016.)

Tietomalli on se yksittäinen uusi tekijä, joka on kaikkien uusien mahdollisuuksien taustalla. (Hietanen, 2005.)

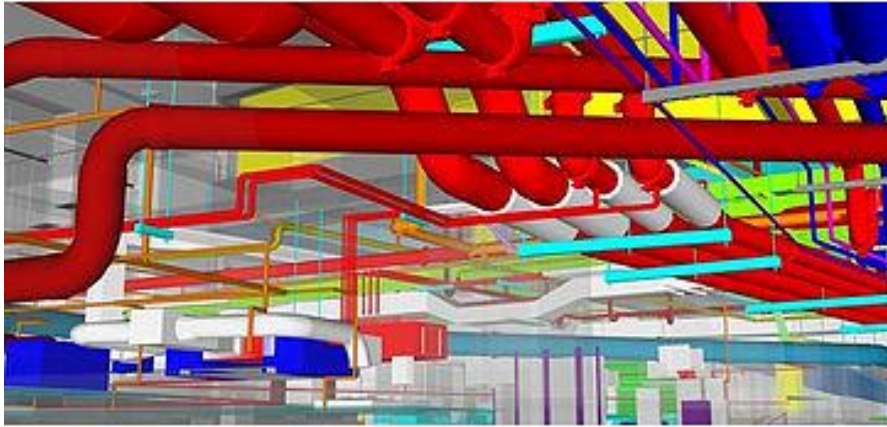
Tietomallien hyödyntäminen edellyttää hankkeen osapuolilta tietomallintamiseen liittyvien käsitteiden ja prosessien ymmärtämistä, teknistä osaamista ja toimintamallien ja –tapojen kehittämistä siten, että tietomalleja voidaan käyttää hankkeen eri vaiheissa. Tietomallintaminen on rakennusalan digitalisaation perusta. (Jäväjä, 2016.)

5.1 Tietomallintaminen uudiskohteissa

Uudisrakennuskohteissa tietomallia käytetään pääasiassa suunnittelutiedon vaihtaminen ja rakentamista varten tarvittavien suunnitelmien tuottamiseen. Rakennuksen elinkaaren aikana tietomallia voidaan käyttää tiedon tallentamiseen ja mahdollisten muutosten dokumentointiin. Rakentamisen tietomallia käytetään yleisnimityksenä eri suunnittelualojen tietomalleista, jotka on yhdistetty hyödyntäen IFC-standardia.

Tietomallien käyttö mahdollistaa detaljitason suunnitteluun, objektien vaatimusten määrittelyn ja kustannuslaskennan 3D-ympäristössä. Tietomallipohjainen suunnittelu mahdollistaa myös eri suunnittelualojen tiiviin integraation, jolloin voidaan hyödyntää mm. mallien samanaikaista muokkaamista. (Eastman, 2011.)

Tietomallit uudiskohteissa muodostuvat eri suunnittelijoiden laatimista tietomalleista, jotka voidaan koota eri käyttötarkoituksiin soveltuviksi yhdistelmämalliksi. Yhdistelmämallien käyttötarkoitukset ovat tyypillisesti erilaiset tarkastukset, visualisoinnit, analyysit sekä simulaatiot. (Jäväjä, 2016.)



Kuva 23. Yhdistelmämalli. (Profox Companies Ltd, 2017.)

5.2 Tietomallintaminen purkutyökohteissa

Monissa uudisrakennushankkeissa tietomallien hyödyntämisen edellytykset eivät kaikilta osin täyty, mutta tietomalleja hyödynnetään tästä huolimatta, johtuen tietomalleista saaduista positiivisista kokemuksista. (Jäväjä, 2016.)

Purkutyökohteissa kehityskulku tietomallien käyttöönottoon tulee oletettavasti noudattamaan uudisrakennuskohteissa koettua kehitystä. Täyden mittakaavan tietomallintamista purkutyökohteissa tullaan todennäköisesti kehittämään ensi vaiheessa erilaisten pilottien ja tutkimushankkeiden kautta ja niistä saatujen kokemusten perusteella alan toimijat alkavat käyttämään tietomalleja laajemmin purkutyökohteissa.

Tietomallien hyödyntämistä purkutöissä tutkitaan parhaillaan mm. HISER-projektissa, joka on käynnistynyt helmikuussa 2015 ja jatkuu EU-rahoitteisena vuoteen 2020 asti. Yksi projektin päätavoitteista on saada kehitettyä tietomallipohjainen työkalu valikoivaan purkuun ja korjaustyömaiden käyttöön (ns. Smart BIM-SD tool). (HISER, 2017.)

Smart demolitions and refurbishments

HISER partners will design, develop, test and validate novel harmonized procedures and smart tools contributing to a cost effective highly efficient selective sorting at source during the execution of demolition and refurbishment works. A new Building Information Modeling based tool (so called as Smart BIM-SD tool) will be designed and developed. That specific BIM for selective demolitions/renovations of existing buildings will help European demolition companies to quickly identify and quantify potential new raw materials through the smart processing of data.

The BIM based tool will provide users with harmonized inventories and supply chain tracking information with the purpose of identifying the most feasible and secure recovery options for the subsequent C&DW materials. Another innovation deals with the creation of the BIM data required for the aforementioned smart analysis. New building designs might include specific modules for the End-of-Life but existing buildings are not under BIM domain. The methodology and guidelines in HISER will enable demolition companies to elaborate more accurate inventories from existing buildings. Integration of existing techniques for the fast data capture and processing will be considered. Finally, the tool will be conceived in a web-based, open and flexible architecture, integrated with existing Facility Management tools, thereby facilitating the updating. The Smart BIM-SD will be easily adaptable to those existing BIMs incorporated at the building design phase.



Kuva 24. Smart BIM-SD, BIM-pohjaisen valikoivan purkutyökalun kehitys. (HISER, 2017.)

HISER-hankkeessa on mukana useita alan toimijoita sekä korkeakouluja eri puolilta Eurooppaa. Suomesta hankkeeseen osallistuu mm. Teknologian tutkimuskeskus VTT ja alan tutkijoita.

Purkutyövaiheen merkitys rakennuksen elinkaaren aikaisiin päästöihin on merkittävä ja tietomalli rakennuksen ominaisuuksien aineellisena ja toiminnallisena digitaalisena kuvauksena mahdollistaa aiempaa huomattavasti tarkemman inventoinnin sekä tiedonkäsitteilyn purkuhankkeen aikana. (Building Smart Finland, 2012.)



Kuva 25. HISER- Workshop 11.6.2015 “Selective demolition: current practices and innovation”. (HISER, 2017.)

Purkutyövaiheessa käytettävissä oleva tietomalli on yleensä inventointimalli tai kohteissa, jotka on suunniteltu tietomallintamalla, yhdistelmämalli. Lisäksi tulevaisuuden purkukohteissa saatavilla voi olla myös kohteen ylläpitomalli.

Tietomallien hyödyntämisestä purkutyökohteessa saatava hyöty edellyttää seuraavia, uudiskohteissa hyväksi havaittuja askeleita ja päätöksiä, jotka on alla kuvattu purkutyökohteeseen soveltaen:

- 1) Tilaajan on tehtävä tietoinen päätös mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, että purkutyöhanke viedään läpi tietomallipohjaisesti
- 2) Tietomallien käytön hallinnasta (koordinoinnista) sovitaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa
- 3) Tietomallien hyödyntämiselle asetetaan selkeä tavoitteet ja suunnitelma koko purkutyöhankkeen ajaksi

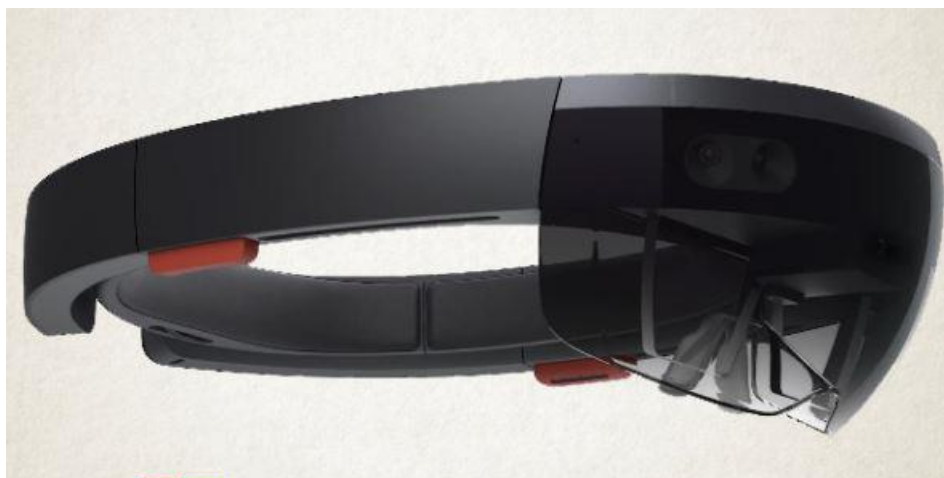
(Jäväjä, 2016.)

Purkutyön suunnittelua tehdään yleensä koko purkuhankkeen ajan. Tämä yhdistettynä työturvallisuuslain vaatimuksiin asettaa purkutyötä suunnittelevalle ja työtä johtavalle työnjohtajalle erityisvaatimuksia. Tietomallipohjaisen purkutyösuunnittelun hyödyt tulevat esille juuri tämän kaltaisessa, työolosuhteen jatkuvassa muutoksessa. Tietomallin käyttö purkutyösuunnittelussa mahdollistaa sen, että purkutyönjohtaja ja -tekijä voivat perehtyä visuaalisesti ja työn etenemisen mukaisessa järjestyksessä hyvissä ajoin ennakoon tuleviin olosuhteiden muutoksiin (esim. ”seinät on tässä vaiheessa purettu, tässä tarvitaan kaiteet tai valjaat” jne.).

5.3 Virtuaali- ja lisätty todellisuus rakentamisessa

5.4 Virtuaalitodellisuus rakentamisessa

Virtuaalitodellisuus, jota kutsutaan myös tekotodellisuutena, on tietokonesimulaation tuottamien aistimusten avulla luotu keinotekoinen ympäristö. Useimmat virtuaalitodellisuuden ympäristöt perustuvat visuaaliseen vaikutelmaan, joka luodaan joko tietokoneen näytölle, laajakankaalle tai stereoskooppiselle katselulaitteelle (ns. virtuaalilasit). Virtuaalitodellisuutta on hyödynnetty pitkään mm. lentosimulaattoreissa. (Wikipedia, 2017.)



Kuva 26. Virtuaalilasit. (LinkedIn, 2017.)

Virtuaalitodellisuus rakentamisessa on vähentänyt tarvetta valmistaa fyysisiä pienoismalleja. Pienoismallien valmistamisesta syntyy kustannuksia ja muutosten tekeminen on vaikeaa. Virtuaalisen 3D-pienoismallin avulla asiakkaalle tai sidosryhmille voidaan antaa yleiskäsitys rakenteilla olevasta kohteesta. Pienoismallin ympärillä voidaan kävellä ja kohdetta tarkastella läheltä tai kaukaa. Virtuaalitodellisuus mahdollistaa myös kuvakul-

man vaihtamisen rakennuksen sisälle ja sisällä liikkumisen. Virtuaaliset mallit mahdollistavat myös rakennuksen näkymättömien osien, kuten putkien ja sähkölinjojen, tarkastelun erikseen. (Virtuaalimaailma, 2017.)

5.5 Lisätty todellisuus rakentamisessa

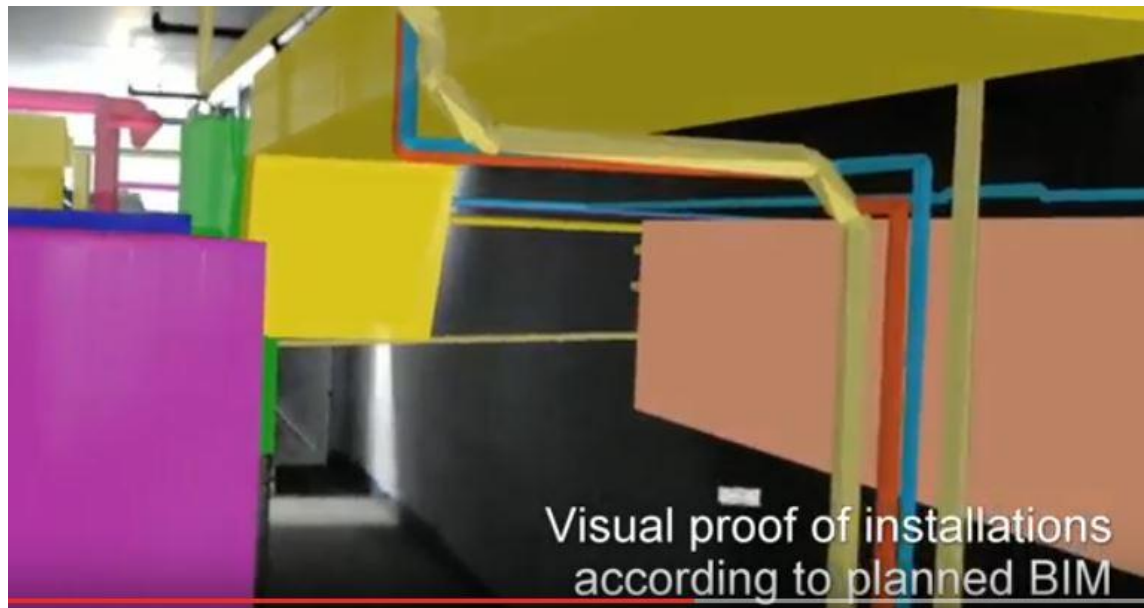
Lisätty todellisuus on tietotekninen järjestelmä, jolla käyttäjä tarkastelee todelliseen näkymään lisättyjä tietokonegrafiikalla tuotettuja elementtejä (ääntä, kuvaa, videota, tekstiä jne.) läpikatseltavien näyttöjen (virtuaalilasit, kämmentietokoneet jne.) kautta.

(Wikipedia, 2017.)



Kuva 27. Lisätty todellisuus kaupunkisuunnittelussa. (EYELEVEL Creative Limited, 2017.)

Rakentamisessa lisätty todellisuus soveltuu hyvin esimerkiksi kaupunkisuunnittelun tarpeisiin, jolloin olevaan kaupunkiympäristöön voidaan esimerkiksi kaavoitusprosessin yhteydessä tehdä erilaisia maastoon istutuksia ja havainnollisia malleja, joita eri sidosryhmät voivat erilaisilla päätelaitteilla katselmoida ja kommentoida. Lisätyn todellisuuden käytön motiivina yleensä pidetään kommunikaation ja yhteistyön lisäämistä suunnitteluprosesseissa. Toinen tapa käyttää lisättyä todellisuutta rakentamisessa on laadunvalvonta, jossa lisätyn todellisuuden avulla tarkistetaan työmaalla tehtyjä asennuksia ja rakennustöitä. (Wang, 2009.)



Kuva 28. Laadunvalvontaa lisätyn todellisuuden avulla, Hololens-lasit. (Youtube, 2017.)

5.6 Sovellukset purkutyöhön

5.6.1 Hahmontunnistus

Hahmontunnistus (engl. Pattern recognition) tarkoittaa karkeasti ottaen objektin, tai kohteen, sijoittamista oikeaan luokkaan objektista tehtyjen havaintojen perusteella, yleensä automaattisesti tietokoneen avulla. Tunnistettavat objektit, niistä tehdyt mittaukset ja objektiluokat voivat olla melkein mitä tahansa, joten eri hahmontunnistustehtävät poikkeavat radikaalisti toisistaan. (Tohka, 2012.)

Yhteisöpalvelu Facebookin algoritmi pystyy tunnistamaan ihmiskasvot 97 prosentissa tapauksista, siis useammin kuin moni korkeasti koulutettu ihminen. (EVA, 2016.)

Hahmontunnistusjärjestelmien tarkoituksena on sijoittaa jokin objekti sitä esittävään luokkaan objektista olevan mittausdatan perusteella. Hahmontunnistuksessa on viisi eri vaihetta:

- 1) Mittaus
- 2) Esikäsitely ja segmentointi
- 3) Piirteenerrotus
- 4) Luokitus
- 5) Jälkikäsitely.

Tietomallipohjaisessa purkutyösuunnittelussa voidaan kohdat 1-5 ”esikäsitellä” laserkeilaukseen perustuvassa inventointimallissa. Purkurobotti, käyttäessään hahmontunnis-

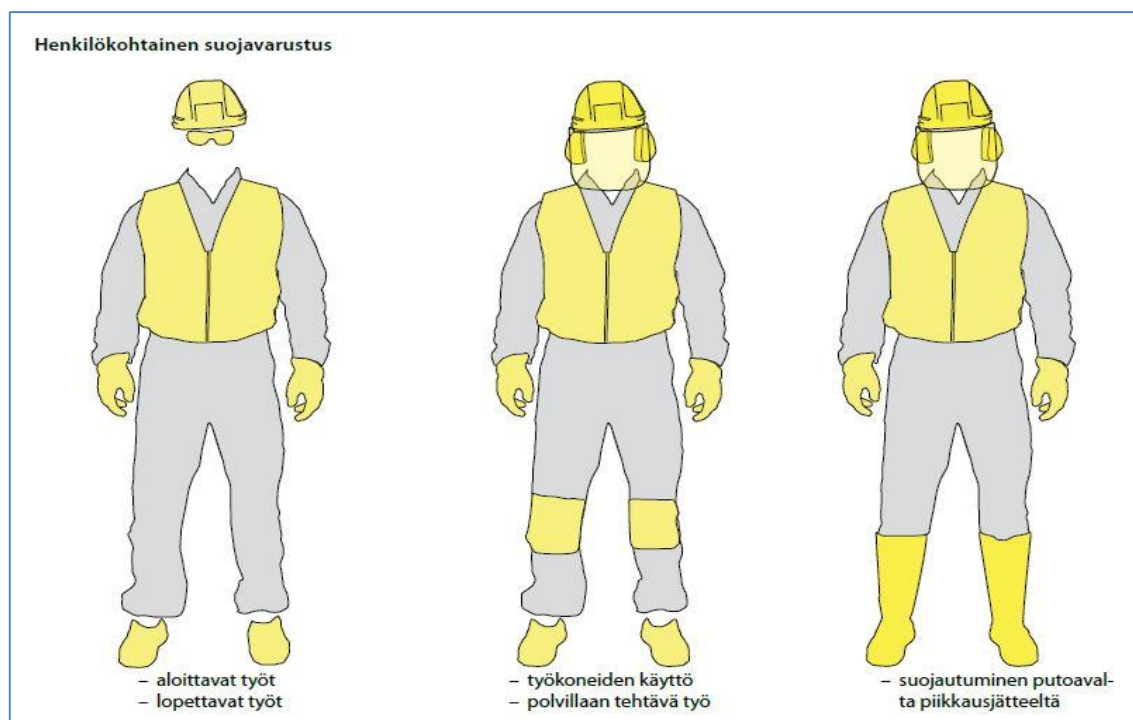
tusta, vertaisi ennen purkutyön aloittamista tietokannassa olevaa tietomallia ja hahmontunnistuksen kautta saatua tietoa. Mahdolliset poikkeamat robotti ilmoittaisi laitteen operaattorille jonka toimenpiteiden jälkeen työn jatkumisesta tai sen muuttamisesta päätettäisiin.

Hahmontunnistus on luonteeltaan iteratiivista kehitystyötä ja algoritmit tilastotieteeseen pohjautuvia. Käytännön sovelluksissa joudutaan usein säätämään laitteiden tarkkuutta ja myös arvioimaan työhön riittävää luotettavuustasoa.

5.6.2 Virtuaalilasien käyttömahdollisuudet purkutyön suunnittelussa

Rakennustyömaalla erilaisten suojalasien ja kypärän yhdistelmät ovat olleet arkipäivää jo vuosikymmeniä. Virtuaali- tai lisätyn todellisuuden yhdistäminen purkutyötä suorittavan työntekijän henkilökohtaisiin suojavaeliseiniin on nykyään mahdollista. Vastaavanlaisia sovelluksia on jo kehitetty laitteiden huoltotehtäviä suorittaville työntekijöille. (Valmet Oy, 2017.) (Caterpillar Ltd, 2017.) (Engineering.com, 2017.)

Alla olevassa kuvassa on esitetty voimassaolevien määräysten mukainen henkilösuojaus purkutyössä.



Kuva 29. Purkutyötä suorittavan henkilön suojarusteet. (Rakennustietosäätiö, 2012.)

Työmaavarusteisiin implementoituna lisätyn todellisuuden laitteet mahdollistaisivat purkutyön suunnittelussa seuraavia käyttötapoja:

- työntekijän ohjeistus tietomallin ja lisätyn todellisuuden yhdistelmänä
- vaara- ja varoalueiden merkintä ja hälytykset lähestyttäessä vaara-alueetta
- työmaan ja suunnittelutoimiston reaaliaikaisen yhteydenpidon ja poikkeamien nopeamman käsittelyn
- visuaalisen ennakkosuunnittelun
- työnaikaisen dokumentaation paremman tallentamisen.

5.6.3 Asiantuntijahaastattelun tuloksia

Alla olevaan taulukkoon on koottu tietomalliasiantuntijalle (lähde: Antti Hämäläisen haastattelu) esitetyt kysymykset ja vastaukset.

Taulukko 4. Asiantuntijahaastattelun kysymykset ja vastaukset.

Kysymys	Vastaukset
1. Mitä tiedonsiirtomuotoja tietomalleista on siirrettävissä työkoneisiin (esim. purkuroboteissa)?	Yleisimmät: 3D-dwg, IFC, XML. Laitetoimittajat voivat tietää tästä asiasta lisää.
2. Mitä tietoa tiedonsiirtotiedostot tietomalleista sisältävät?	Geometriatiedot, tietomallin informaatio. Laitetoimittajilta voisi saada lisää tietoa.
3. Missä muodossa tiedonsiirtotiedostot julkaistaan?	Exportoimalla tai tulostamalla, ei yleensä natiivitietoa.
4. Millä eri tavoilla tiedonsiirtoa työkoneisiin tehdään?	Muistitikku, pilvipalvelut.
5. Millä tavalla tietomallin tietoa tulee luoda, jotta se on käytettävissä työkoneissa (esim. purkuroboteissa)?	On selvítettävä, mitä parametreja työkone lukee ja missä "lokerissa" ne sijaitsevat, jotta kone saa oikeat tiedot oikeasta paikasta. Edellyttää yleensä exportointivaiheessa hienosäätöä. Oletus: purkurobotti lukee tiedostoa koordina, mitkä kentät halutaan/pitää siirtää. Informaatio toiseen suuntaa, olisi syytä tietää tietomallin puolella, mitä purettiin, vrt. porausrobotit, joista seurataan nykyään toteumaa, mitä porattu ja milloin.
6. Miltä osin virtuaalitodellisuutta ja lisättyä todellisuutta mielestäsi voisi hyödyntää purkutyössä ja sen suunnittelussa?	"Älykkäät piirustukset", piirustuksissa näkyisi esimerkiksi aikatauluvaiheistus mallimuodossa. "Älykkäitä piirustuksia" käytettäessä jokainen purkuvaihe esim. erillisellä koordilla (helpoin). Purkuvaiheet videona, mutta vaikeusasetta ja työtä on tuolloin enemmän. Purkutyön suunnittelussa HTC Vive-laitteisto soveltuisi hyvin, tiedossa on, että mm. Navisworks-tiedonsiirto toimii lähitulevaisuudessa suoraan Viveen. Hyötyä: ylimääräisten palavereiden välttäminen, helppo jakelu siitä, mitä on suunniteltu tehtäväksi. Kysymys: mistä linkki saadaan, jotta tietoa ei tarvitsisi etsiä tai ladata. Tehtävälueetlot, ruksilistat erilaisten dokumenttien ja check-listojen täyttämiseen (vrt. huoltotyöt, kokoonpaneva teollisuus).

	HUOM! pitää olla helpompi kuin vanha tapa, muuten teknologiaa ei oteta käyttöön, oltava "arkipäiväistettävissä". PDF-hyperlinkitys on toimiva ratkaisu, piirustus voi olla käyttöliittymä tietomalliin. "Älykkäät piirustukset", ei hakemistopuita vaan nopea ja suora linkitys tietomalliin.
--	---

Laitetoimittajien osalta käsiteltiin alla olevia kysymyksiä.

Taulukko 5. Laitetoimittajien kysymykset ja vastaukset.

Kysymys	Vastauksia lähdeaineistosta
1. Onko purkurobotteihin mahdollista siirtää paikkatietoa, tietomallia, konenäköä ja / tai hahmontunnistamista?	Purkurobotit ovat kauko-ohjattavia ja ohjausautomaatiosta vastaa kaivinkoneen ohjausta. Koneen paikkatietoa voidaan kerätä ja päivittää, konenäköön ja hahmontunnistukseen pohjautuvia sovelluksia on jo maanrakennusalalla kehitettynä. (Oulun kaupunki, Tampereen kaupunki, 2010.) (Wikipedia, 2017.)
2. Onko tietomallin ja paikkatiedon siirtäminen mahdollista purkurobotteihin?	Tietomallia ja paikkatietoa voidaan siirtää purkurobottiin vastaavilla menetelmillä kuin tietomallin tietoja ja paikkatietoa siirretään koneohjattaviin laitteisiin maanrakennusalalla. (Larionova, 2009.)
3. Pystyykö purkurobotti käsittelemään pistepilvidataa?	Pistepilvidataa hyödyntäviä laitteita on jo käytössä kaivoksissa, joten olemassa olevaa teknologiaa voi hyödyntää myös purkuroboteissa. (Sandvik Mining Oy, 2015.)
4. Mitä tiedonsiirtomuotoja purkuroboteille voisi käyttää / käytetään?	Koneohjauksessa käytetty LandXML-formaatti soveltuu myös tietomallitiedon siirtämiseen purkurobotille. Formaatin kehittämisessä on ollut mukana useimmat suuret CAD-ohjelmistotalot. (Larionova, 2009.)
5. Onko koneohjausta tai tietomallien hyötykäyttöä jo kehitetty purkuroboteissa?	Tietomalleihin ja koneohjaukseen on tehty huomattava määrä tutkimustyötä viime vuosina, joka mahdollistaa hyötykäytön aloittamisen myös purkuroboteissa. (Arch2O, 2017.)
6. Onko lisätyn todellisuuden hyötykäyttöä jo kehitetty / valmistettu purkuroboteille?	Lisätyn todellisuuden hyötykäyttöä on tutkittu roboteille ja kehitettyjä menetelmiä on mahdollista siirtää rakentamiseen ja purkamiseen käytettäviin roboteihin. Markkinoilla olevia sovelluksia ei vielä ole. (Stilman, Michel, Chestnutt, Nishiwaki; Kagami, Kuffner, 2005.)
7. Mahdollistavatko purkurobottien valmistukseen ja markkinoille saattamiseen liittyvät standardit tietomallin hyödyntämistä purkurobottien ohjauksessa?	Robotiikka on standardoitu teollisuuden tarpeisiin ja mm. ISO-standardit kattavat teollisuuden robottien käyttöalueet. Liikkuville roboteille on tulossa sanastostandardi, jossa annetaan termit ja määritelmät kiinteillä pinnoilla kulkevien robottien liikkeelle ja ohjaukselle. Työntekijän nostotyötä helpottavia älykkäitä apulaitteita (Intelligent Assist Device), käsikäyttöisten lastausasemien sekä ihmisen ja robotin yhteistyötä varten on suunnitteilla turvallisuusstandardeja. (Suomen standardisoimisliitto SFS ry, 2017.)



Kuva 30. Visio tulevaisuuden rakentajasta. (EVA, 2016.)

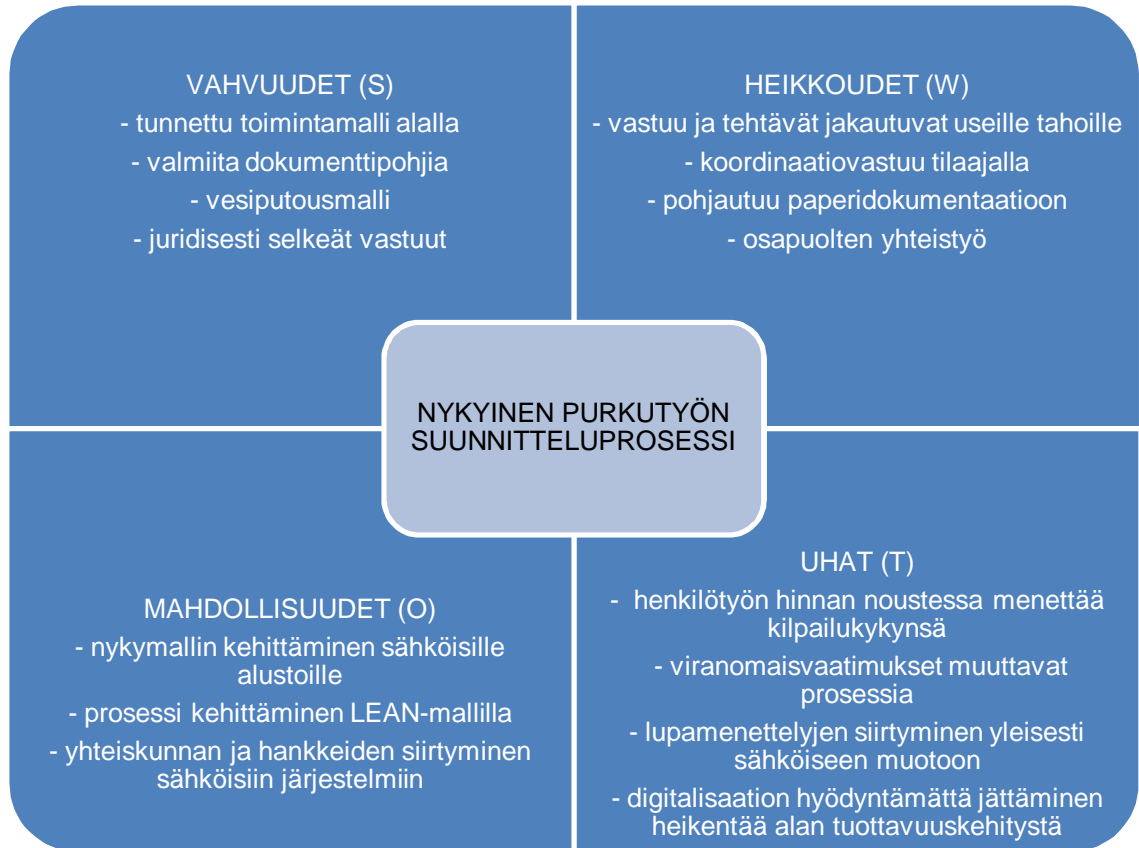
6 Tietomallipohjainen purkutyön suunnitteluprosessi

6.1 Tietomallipohjaisen purkutyön suunnitteluprosessin SWOT-analyysi

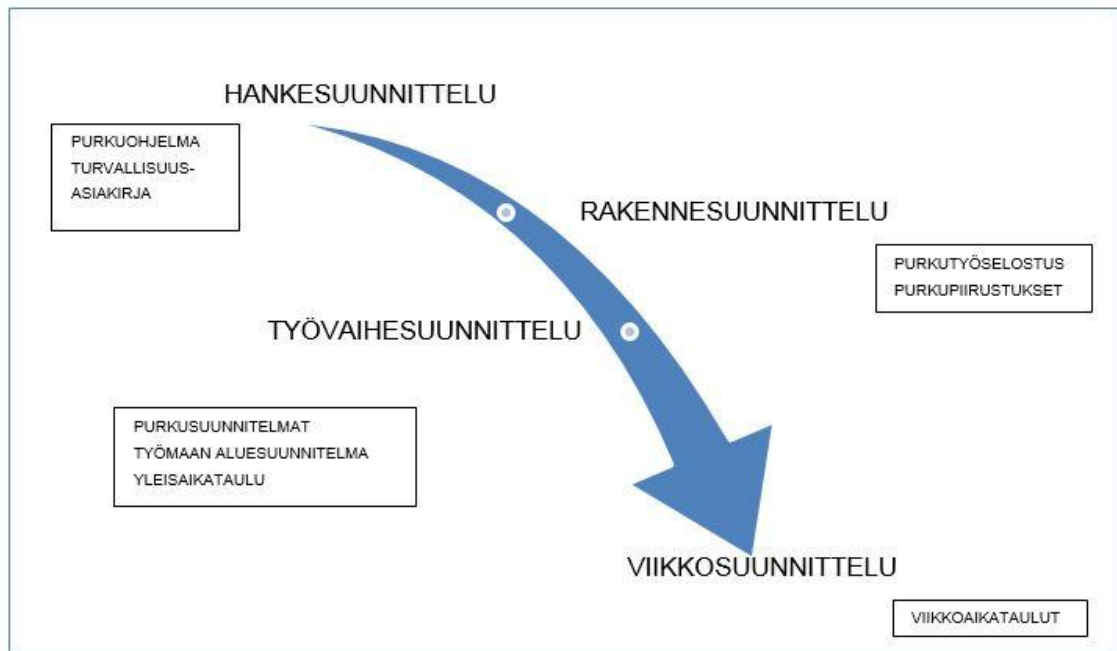
Tietomallipohjaisen purkutyön suunnitteluprosessin käyttökelpoisuuden selvittämiseksi nykyään käytössä olevan prosessin vaiheet on koottu taulukkoon, jossa arvioitiin työvai-

heen heikkoudet ja vahvuudet (ns. SWOT-analyysi). Toiseen taulukkoon koottiin tietomallin avulla suoritettavan suunnitteluprosessin heikkoudet ja vahvuudet. Molemmat taulukot on esitetty alla.

Taulukko 6. SWOT-analyysi, nykyinen purkutyön suunnitteluprosessi.



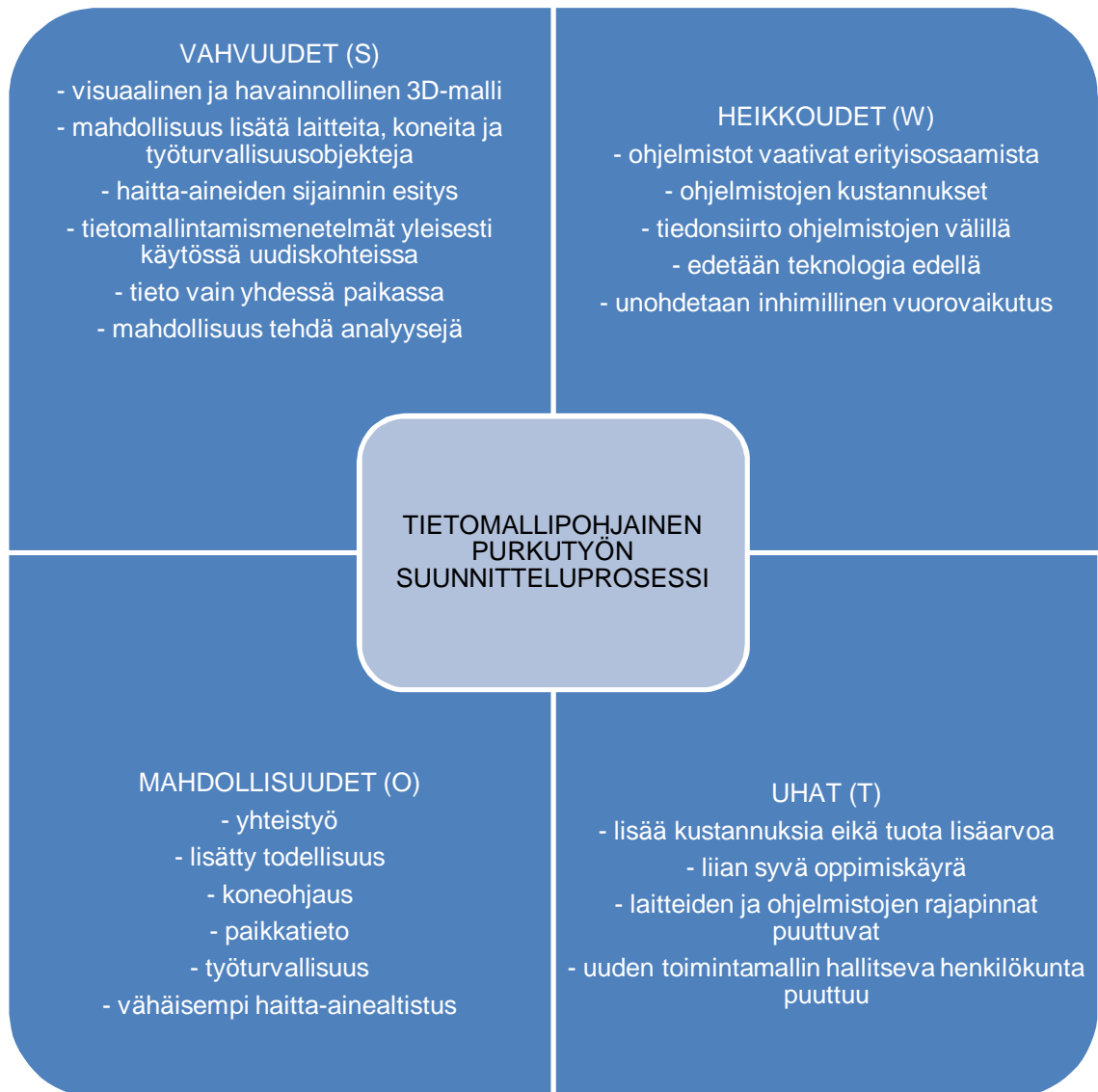
Nykyisessä purkutyön suunnitteluprosessissa jokainen vastuutaho laatii oman asiakirjansa vesiputousmallissa. Asiakirja luovutetaan seuraavaan vaiheeseen erilaisten tarkastus- ja hyväksyntämenettelyiden kautta. Asiakirjan luovuttamisen jälkeen hankkeen muut osapuolet yleensä viittaavat asiakirjaan (esim. purkutyösuunnitelmassa viitataan purkusuunnitelmiin ja turvallisuusasiakirjaan), mutta osapuolet laativat omat työhön liittyvät asiakirjansa.



Kuvio 5. Purkutyön suunnittelun vesiputousmalli.

Purkutyön suunnittelu pohjautuu pitkälti paperiseen dokumentaatioon ja standardoituihin dokumenttipohjiin (mm. RT-kortisto). Rakennesuunnittelijan laatimat purkusuunnitelmat tehdään useimmiten nykyisten suunnitelmien pohjalle tai ne piirretään ”puhtaaksi” purkusuunnitelman tarpeiden mukaisesti.

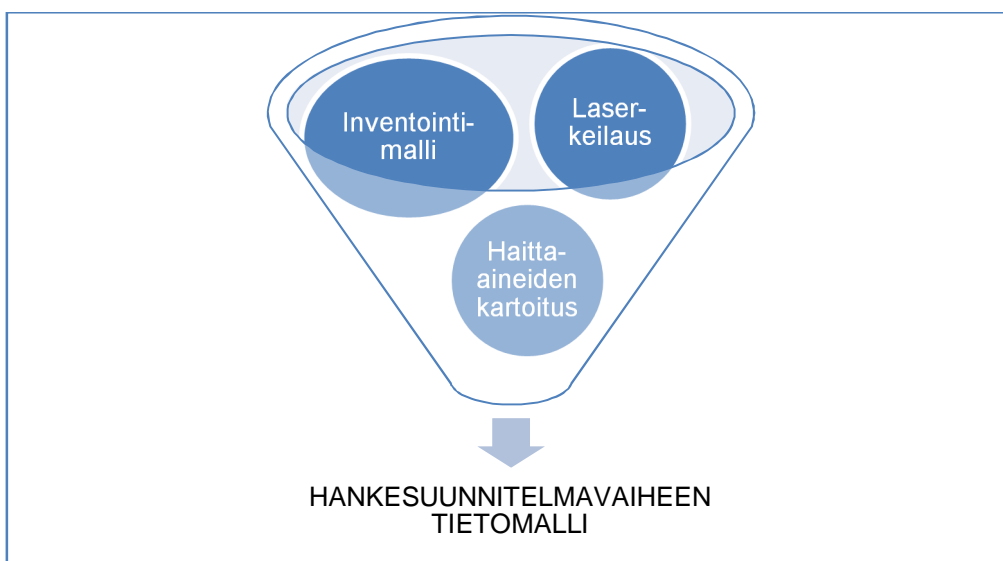
Taulukko 7. SWOT-analyysi, tietomallipohjainen purkutyön suunnitteluprosessi.



Tietomallipohjaisessa purkutyön suunnittelussa tulee huomioida jo hankesuunnitteluvaiheessa työmaan tarpeet ja lähtötiedon sisältö sekä tarkkuus. Tietomalli on tietokanta, joka luovutetaan jatkojalostettavaksi hankkeen edetessä. Tietokannan rakenteen tulee palvella alusta asti loppukäyttäjää. Samoin ohjelmistorajapinnat tulee selvittää ja kuvata tietomalliselosteessa, jotta jatkokäyttö olisi mahdollisimman helppoa hankkeen edetessä toteutukseen.

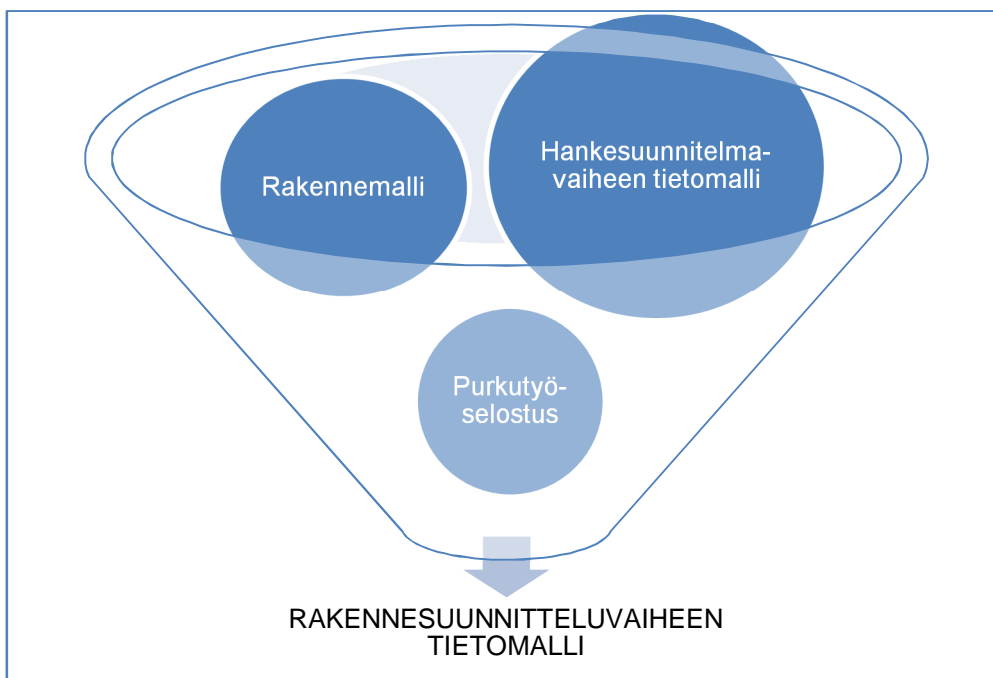
Tietomallin tietokannat pohjautuvat ns. relaatiomalliin, jossa tietokannassa olevien tietojen ("taulut") välille luodaan yhteyksiä. Yleisin tapa yhdistää tietokannan tietoja on ID-tunnusten käyttö. Tietomalli on siis malli tiedosta, ei todellisuudesta, jota se mallintaa

vain epäsuorasti. Purkutyösuunnittelun tietomalli on vastaavasti purkamisen käytännön toteutus tietomallista, joka perustuu aina tietokantaan. (Wikipedia, 2017.)



Kuvio 6. Tietomallipohjainen purkutyön suunnitteluprosessi hankesuunnitelmavaiheessa

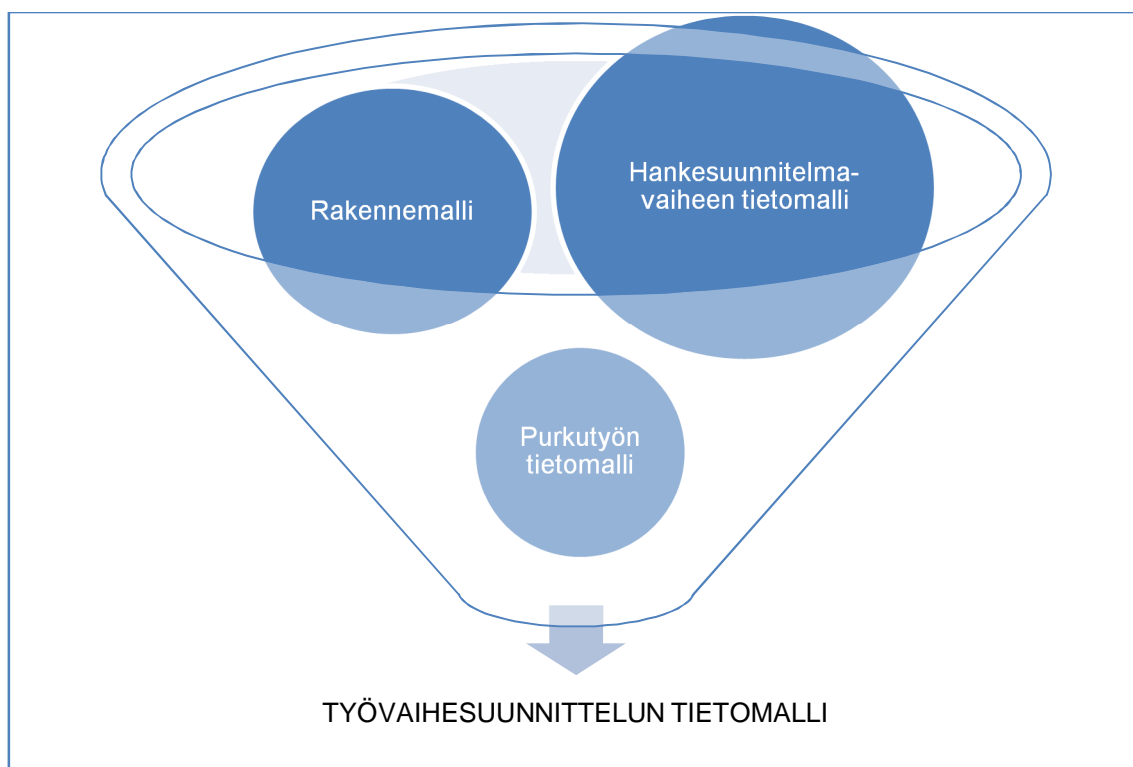
Lajitteleva purkutekniikka on käytännössä ainoa keino rakennusosien ja purettavien materiaalien hyötykäyttötavoitteiden maksimoimiseen. Tietomallin sisältämän tiedon yhdistäminen lajittelevaan purkutekniikkaan ja työmaan logistiikkaan lisää purkutyöhön liittyvän työn suunnitelmallista toteutusta.



Kuvio 7. Tietomallipohjainen purkutyön suunnittelu rakennesuunnitteluvaiheessa

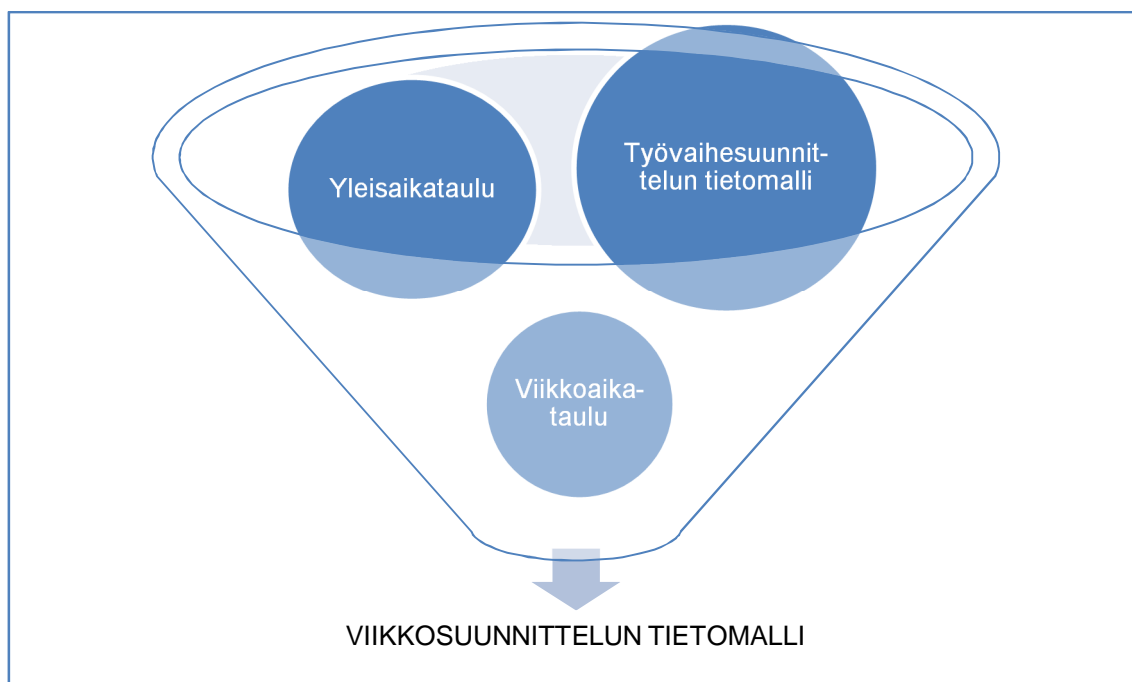
Rakennesuunnittelussa rakennemallin laatiminen poikkeaa purkutyökohteessa uudisrakennuskohteesta siinä, että hankevaiheessa tehty inventointimalli on käytettävissä ja rakennemalli laaditaan inventointimallia editoimalla. Erillisiä rakennesuunnittelijan laatimia malleja voivat olla esimerkiksi tukirakenteiden osalta tehdyt pienemmät erillismallit, jotka siirretään referenssimallina (esim. IFC-formaatti) hankesuunnitelmavaiheessa laadittuun tietomalliin.

Purkutyöselostuksen laadinnassa rakennesuunnittelija hyödyntää tietomallikohteessa laadittua inventointimallia, joko tekemällä selostuksen suoraan inventointimallissa tai hyödyntämällä tietomallista saatavaa tietoa (taulukot, määrälaskelmat, havainnekuvat, leikkauskuvat, tasopiirustukset jne.).



Kuvio 8. Tietomallipohjainen purkutyön suunnittelu työvaihesuunnittelussa.

Tietomallipohjainen suunnittelu edellyttää ohjelmistoilta aikataulun hallintaan liittyviä ominaisuuksia. Yleisaikataulun ja viikkoaikataulun käsittely tietomallilla asettaa ohjelmistolle sekä ohjelmiston käyttäjille tiettyjä vaatimuksia. Samoin lähtötieto aikataulusuunnitteluun tulee tietomallista ja yleensä urakoitsijoiden omista järjestelmistä tai aikatauluohjelmista. Tällöin tiedonsiirron rajapinnat ja niiden helppokäyttöisyys korostuu.



Kuvio 9. Tietomallipohjainen purkutyön viikkosuunnittelu.

Mobiililaitteiden yleistyminen ja valmiit työmaasovellukset alentanevat työmaalla toimivan henkilöstön kynnystä ottaa tietomalli käyttöön aikataulunhallinnassa ja työn suunnittelussa.

6.2 Esimerkki tietomallipohjaisen purkutyöprosessin käyttömahdollisuuksista

Esimerkkikohde, jossa tietomallipohjaista purkutyöprosessia ja sen käyttömahdollisuuksia selvitettiin, on teollisuusrakennuksen muutoskohde Suomessa. Aineistoa on kuitenkin muokattu päättötyötä varten siten, ettei kohteen asiakkaalle liikesalaisuuksia sisältäviä alueita (mm. laitteita, prosessia) näy eikä kohde ole tunnistettavissa.

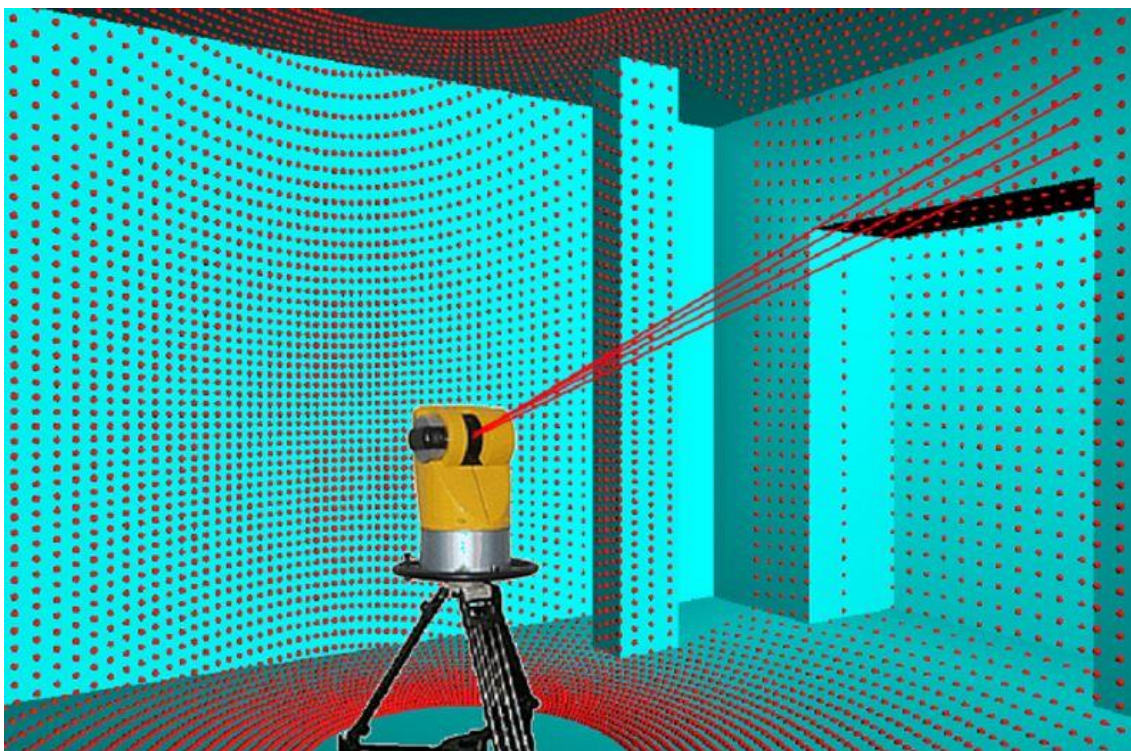
Esimerkkitapauksen muutostyöhön sisältyy purkutöitä sekä haitta-aineiden purkutyötä. Lisäksi kohteessa on tuotantoa purkutöiden ajan, kuten useimmissa teollisuuskohteiden purkutöissä, mikä asettaa erityisiä vaatimuksia mm. pölyn, haitta-aineiden ja pakokaasujen hallintaan.

Esimerkki on rajattu hankesuunnitteluvaiheesta rakennesuunnitteluvaiheeseen tutkussuunnitelman mukaisesti. Työmaavaiheen työvaihe- ja viikkosuunnittelua ja tietomallin käyttämistä työmaalla on käsitelty esimerkissä lyhyesti ja yleisellä tasolla.

6.2.1 Hankesuunnitelmavaihe

Hankesuunnitelmavaiheen vastuullinen taho on rakennuttaja. Usein rakennuttajilta ei omaa osaamista löydy ja tehtävään palkataan konsultti, jonka tehtäväksi jää lähtötietojen keruu ja purkuohjelman sekä turvallisuusasiakirjan laatiminen. Konsulttien käyttäminen on yksi tehokas tapa tietomallipohjaiseen purkutyösuunnitteluun, mikäli asiakasorganisaatiossa ei ole näiden ohjelmistojen käyttömahdollisuuksia tai -taitoja.

Lähtötietojen keruun osalta tietomallipohjainen purkutyösuunnittelu tapahtuu hyödyntämällä laserkeilausta. Laserkeilauksen pohjalta voidaan laatia tarvittavalla tarkkuudella inventointimalli tai hyödyntää pelkästään laserkeilausdataa. Laserkeilausdataan on yhdistettävissä haitta-ainekartoituksen tietoa sekä saatavilla olevia rakennuspiirustuksia. Esimerkkitapauksessa laserkeilatusta aineistosta laadittuun inventointimalliin on lisätty tietoa purettavista rakenteista (viitepiirustukset, haitta-aineiden sijainti ja laatu, havaitut kosteusvauriot).

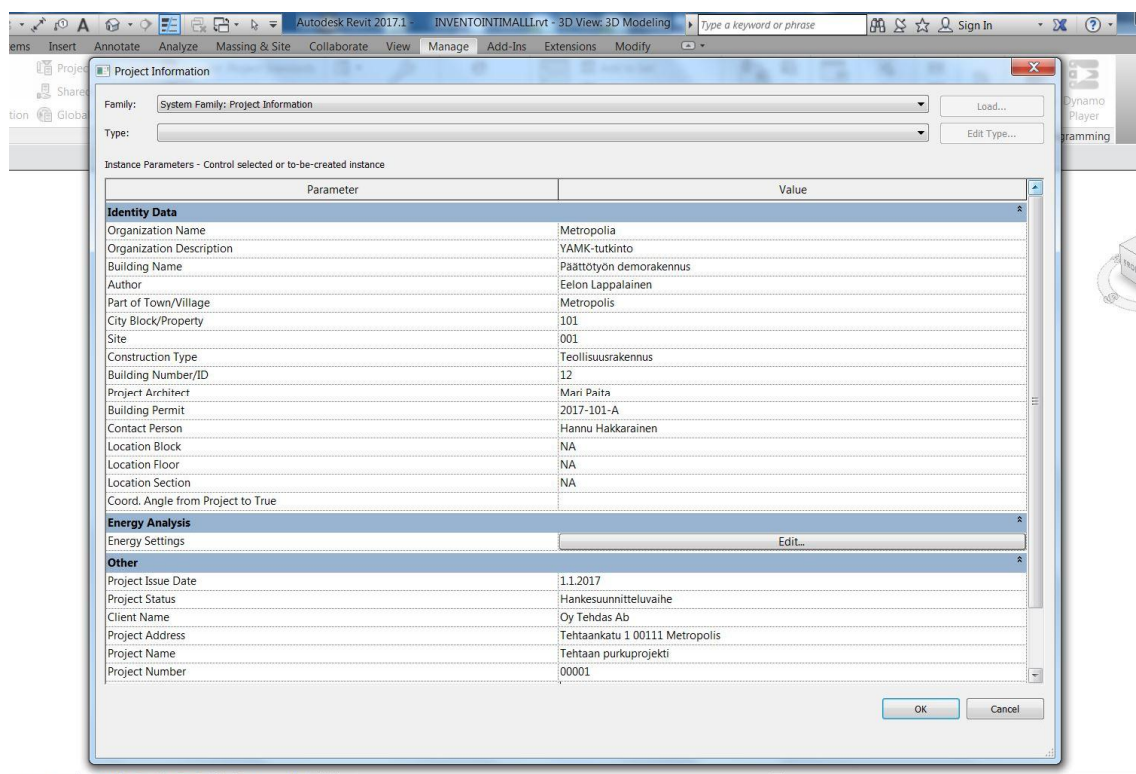


Kuva 31. Laserkeilaus. (Mainz, 2017.)

Purkuohjelma voidaan tietomallipohjaisesti laatia suoraan tietomallista. Esimerkkitapauksessa purkuohjelma on laadittu inventointimalliin, työkaluna on käytetty Autodeskin

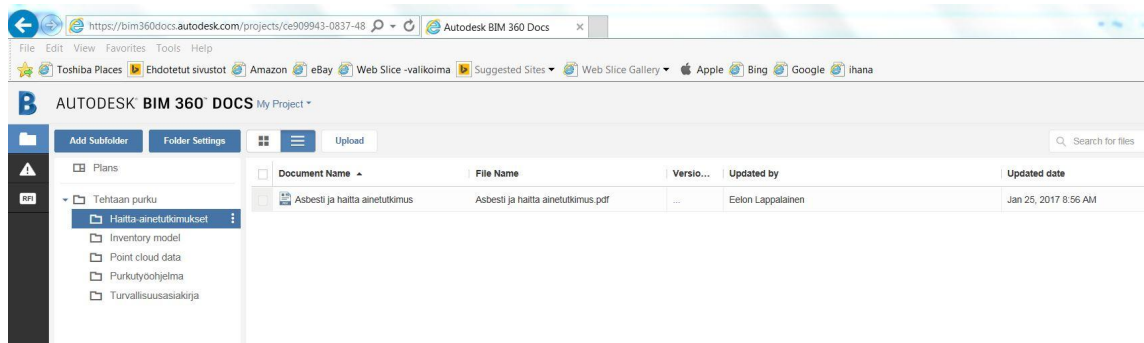
Revit-ohjelmistoa, jolla itse inventointimallikin on laadittu. Tietomallin jakelu osapuolten välillä tapahtuu tässä esimerkissä Autodeskin BIM 360 DOCS-sovelluksella, joka on käytävissä päätteeltä, matkapuhelimesta tai taulutietokoneelta. Autodeskin BIM 360 DOCS-sovellus toimii pilvipalveluna ja siinä on myös offline-ominaisuus, joka mahdollistaa ohjelmiston käytön myös alueilla, joissa verkkoyhteydet ovat huonot. Myös Trimble Connect toimii vastaavalla toimintaperiaatteella.

Kohdetiedot on syötetty Revitin Project Management –dialogissa ja tulostuvat jatkossa automaattisesti mallista luotaviin dokumentteihin.



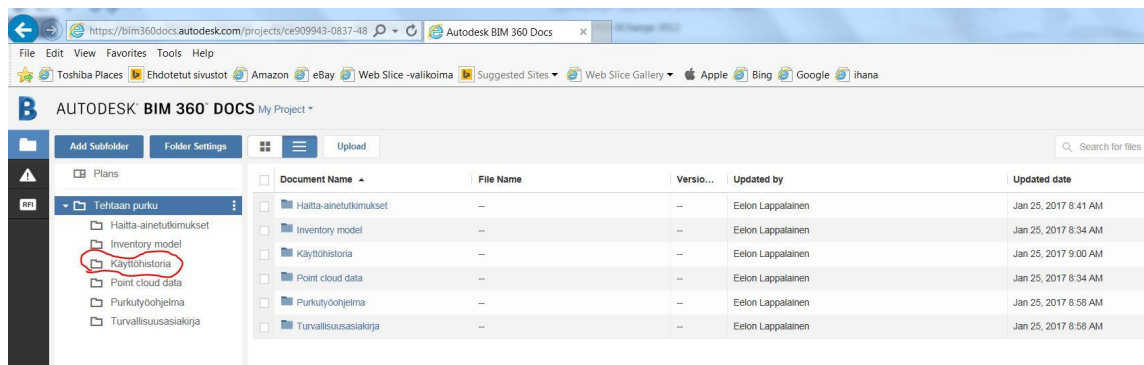
Kuva 32. Projektitiedon syöttäminen Revitissä.

Terveydelle vaarallisten aineiden kartoituksen tiedot ovat erillisenä liitteenä. Kartoituksen tiedot on siirretty BIM 360 DOCS -sovellukseen, josta ne ovat kaikkien projektissa mukana olevien saatavilla.



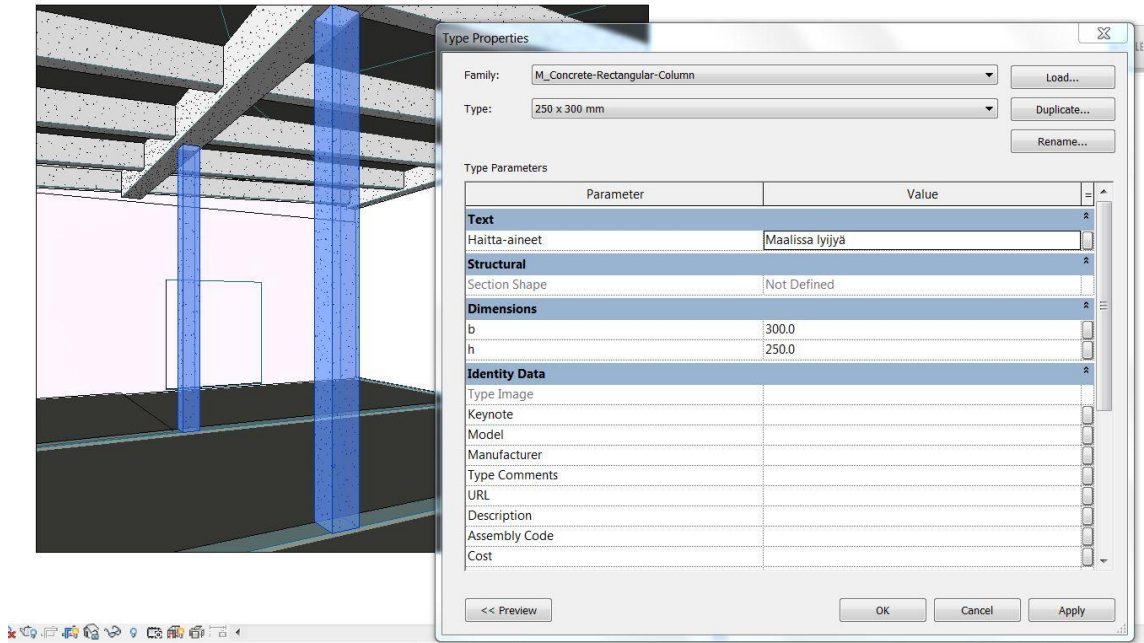
Kuva 33. Näkymä BIM 360 DOCS-sovelluksesta, haitta-ainekartoitus.

Työmaalla tehtävät tutkimukset ja käyttöhistorian tiedot, jotka ovat purkutöiden kannalta merkityksellisiä, on varattu BIM 360 DOCS-sovellukseen oma tilansa. Nämä tiedot työmaan vastuuhenkilöt tai rakennuttajan edustajat voivat siirtää hankkeen edetessä yksinkertaisesti.



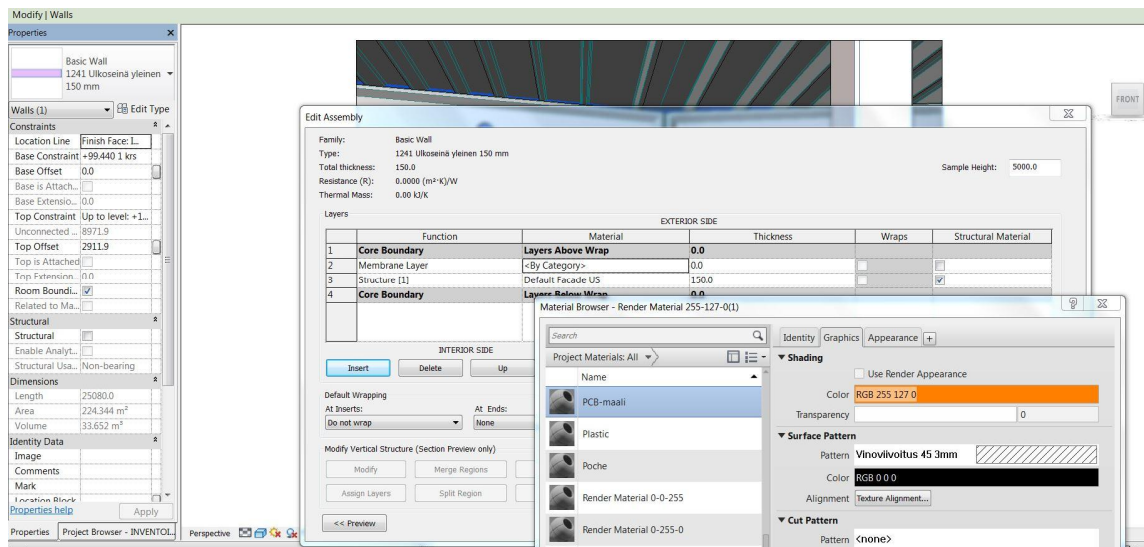
Kuva 34. Näkymä BIM 360 DOCS-sovelluksesta, käyttöhistoriakansio.

Haitta-ainetutkimusten perusteella tietomallissa oleviin rakenneseisiin voidaan liittää haitta-aineita koskevaa tietoa, joka saadaan näkyviin erilaisiin taulukoihin, määrälueteloihin sekä tietomallista tuotettaviin piirustuksiin ja kaavioihin. Haitta-ainetiedon sijoittamisella attribuutteihin saavutetaan hyötyjä automatisoitujen työkalujen käytössä. Alla olevassa kuvassa on laadittu yksinkertainen merkki, joka kerää pilarin mittatiedon lisäksi tiedon haitta-aineista.



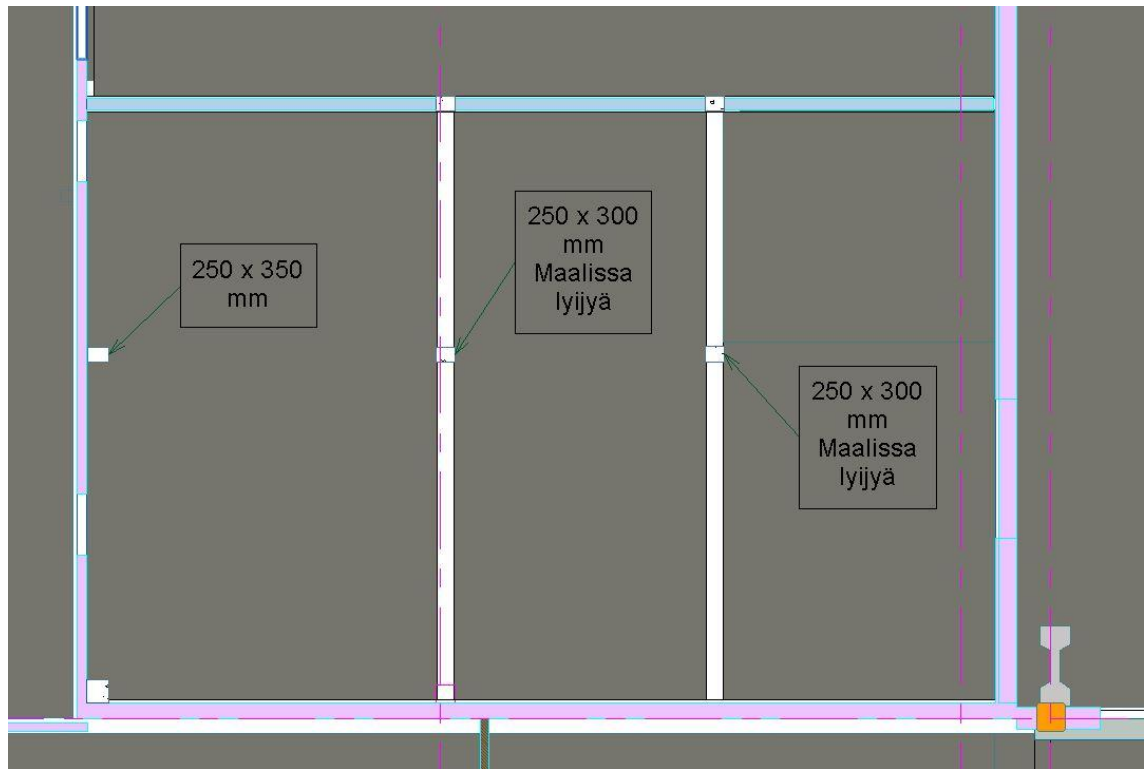
Kuva 35. Haitta-ainetiedon syöttö pilareille.

Seinä- ja lattiarakenteille on mahdollista myös esittää haitta-ainetieto rakennetyypissä, mikä mahdollistaa haitta-aineiden esittämisen havainnollisesti rastereina tai väreinä.



Kuva 36. Haitta-ainepitoisen maalin esitys rakennetyypin kerroksena.

Haitta-aineiden esitys rakennetyypeissä on suositeltavaa esittää huomiovärein. Rakennetyypikerroksen lisäksi pintarakenteissa olevat haitta-aineet voidaan esittää myös malliin rakenteen päälle luotavalla pintakerroksena, jolle annetaan tarvittavat parametrit mm. määrien laskemista tai käsittelyohjeita varten.



Kuva 37. Haitta-aineiden esitystapa, merkki ja attribuutti.

Purettavien materiaalien määrien arviointi on tehty inventointimallin pohjalta. Materiaaliluettelot on räätälöity Revitissä ja niiden sijoituspaikat sekä kierrätettävyys on lisätty purettaviin objekteihin attribuuttitietona.

Modify Schedule/Quantities			
A	B	C	D
Alapohjatyyppi	Kuvaus	Haitta-aine	Pinta-ala
1235 Välipohja 60			
1235 Välipohja 60	Määrittelemätön välipohja		557.0 m ²
1235 Välipohja, yleinen 300 mm			
1235 Välipohja, yleinen 300 mm	Määrittelemätön välipohja		147.0 m ²
AP1 - Alapohja (yleinen 400mm)			
AP1 - Alapohja (yleinen 400mm)			3019.0 m ²
AP1 - Alapohja (yleinen 400mm)			2314.0 m ²
AP1 - Alapohja (yleinen 400mm)			264.0 m ²
AP1 - Alapohja (yleinen 400mm)			6770.5 m ²
AP2 Imubetonilattia 120			
AP2 Imubetonilattia 120	Määrittelemätön alapohja		4983.5 m ²
AP2 Imubetonilattia 120	Määrittelemätön alapohja		2650.5 m ²
Betonilattia 150			
Betonilattia 150	Määrittelemätön alapohja	Maalissa PCB:tä	7579.0 m ²
Betonilattia 150	Määrittelemätön alapohja	Maalissa PCB:tä	2480.5 m ²
Betonilattia 150	Määrittelemätön alapohja	Maalissa PCB:tä	128.0 m ²
Betonilattia 150	Määrittelemätön alapohja	Maalissa PCB:tä	93.0 m ²
Betonilattia 150	Määrittelemätön alapohja	Maalissa PCB:tä	17.0 m ²
Betonilattia 150	Määrittelemätön alapohja	Maalissa PCB:tä	314.5 m ²
Betonilattia 150	Määrittelemätön alapohja	Maalissa PCB:tä	119.5 m ²
Betonilattia 150	Määrittelemätön alapohja	Maalissa PCB:tä	1952.0 m ²
Betonilattia 150	Määrittelemätön alapohja	Maalissa PCB:tä	220.0 m ²
Betonilattia 150	Määrittelemätön alapohja	Maalissa PCB:tä	3.5 m ²
Betonilattia 150	Määrittelemätön alapohja	Maalissa PCB:tä	2.0 m ²
Betonilattia 150	Määrittelemätön alapohja	Maalissa PCB:tä	6.5 m ²
Betonilattia 200			
Betonilattia 200	Määrittelemätön alapohja	Maalissa PCB:tä	17.0 m ²
Betonilattia 200	Määrittelemätön alapohja	Maalissa PCB:tä	27.0 m ²
Betonilattia 200	Määrittelemätön alapohja	Maalissa PCB:tä	20.5 m ²
Maanpinta			
Maanpinta			43.5 m ²
VP1 - Välipohja (yleinen 70mm)			
VP1 - Välipohja (yleinen 70mm)			246.5 m ²
VP1 - Välipohja (yleinen 150mm) 2			
VP1 - Välipohja (yleinen 150mm) 2			25.0 m ²
Yläpohja 250			
Yläpohja 250	Määrittelemätön alapohja		148.0 m ²

Kuva 38. Taulukkomuotoinen esitys alapohjista, haitta-aineet.

Vastaavalla tavalla voidaan siirtää tietomalliin esimerkiksi kohteen huoltokirjaan tehtyjä merkintöjä rakennusosille tai järjestelmille tehtyjä huolto- tai korjaustoimenpiteitä. Huoltokirjan sähköinen versio voidaan tallentaa BIM 360 DOCS-palveluun tai muuhun käytössä olevaan pilvipalveluun.

Kohteen rakennesuunnittelijan laatimat selvitykset ja lausunnot (mm. purkutyön vaativuuden arviointi purkulupaa varten), voidaan tallentaa BIM 360 DOCS-palveluun.

Turvallisuusasiakirja sisältää tilaajan laatimat työmaan turvallisuussäännöt ja työturvallisuusasioiden hoidon menettelyohjeet sekä kaikki purkutyön turvallisuuteen liittyvät asiat. Asiakirja on sopimuksellisesti ja vahingonkorvausvastuuta määrittäessä tärkeällä sijalla ja sen laatimiseen tilaajan tulee panostaa.

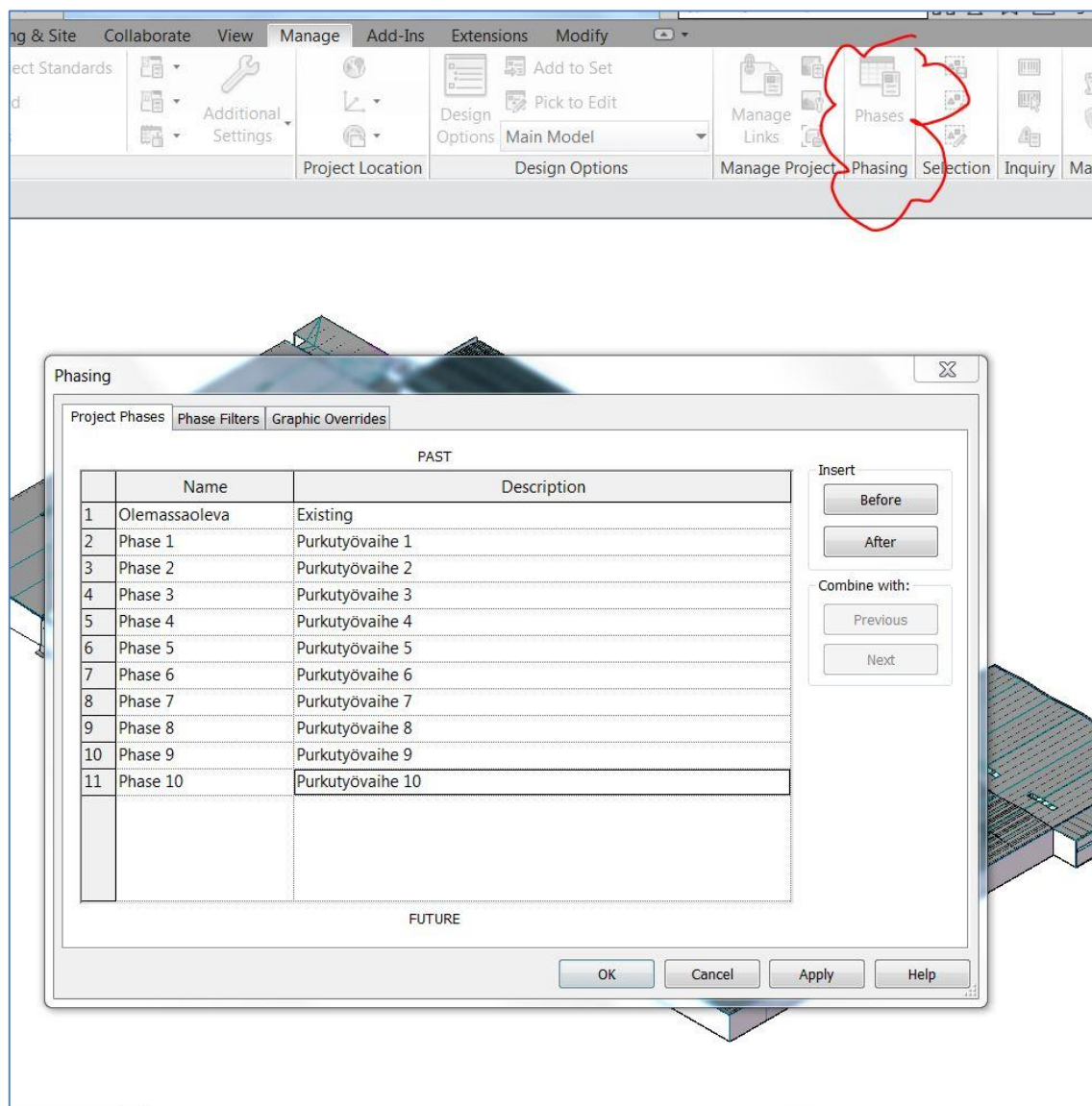
Tietomallipohjaisesti turvallisuusasiakirja voidaan laatia erilliselle dokumentille, joka tallennetaan hankkeen pilvipalveluun tai se voidaan tehdä suoraan tietomalliin ja tulostaa

esimerkiksi viranomaisia varten tietomallista. Esimerkissä turvallisuusasiakirja on laadittu inventointimalliin Revit-ohjelmaan laaditun dokumenttipohjan avulla. Tietomallin kautta laadittuun turvallisuusasiakirjaan on helppo liittää asiakirjassa olennaisesti edellytetyjä tietoja mm. terveydelle vaarallisista aineista, tuenta- ja sortumavaaroista, maapohjan kantavuustietoja sekä esittää erilaisina aluerajauksina ympäristön työlle aiheuttamia vaara-alueita.

Turvallisuusasiakirja sopimusasiakirjana voidaan järjestää urakoitsijoiden käyttöön avaamalla pilvipalvelun osia tarjousvaiheessa. Lisäksi tietomalli tulisi asettaa ladattavaksi ja käytettäväksi urakoitsijoiden käyttöön jo tarjousvaiheessa, jolloin urakoitsijat pääsevät hankkeen varhaisessa vaiheessa käyttämään ja perehtymään perinteisestä poikkeavaa purkutyösuunnittelumenetelmää. Urakoitsijoilta saadun palautteen perusteella tietomallia voidaan muokata kohdekohtaisesti paremmin soveltuvaksi, kun siihen on vielä aikaa ennen purkutöiden aloittamista.

Purkutyöohjelmaan olennaisesti kuuluvia ilmoituksia ja lupia varten pilvipalveluun varataan oma kansionsa. Rakennusvalvonnat Suomessa ovat siirtyneet jo pääosin sähköisiin lupapalveluihin, joten lupa-aineiston siirto järjestelmistä toisiin on jo mahdollista. Suoria linkkejä tietomallin ja esimerkiksi Väestörekisterikeskuksen tai rakennusvalvonnan järjestelmiin ei tässä vaiheessa kuitenkaan ole käytettävissä. Tietomalliin on siirrettävissä esimerkiksi rakennusvalvonnan purkulupaan liittyvien ehtojen tarkistamista vaativia tarkastus-hyväksyntä-menettelyjä. Tietomallista saadaan myös laskettua Väestörekisterikeskukselle tarvittavat laajuustiedot (rakennuksen poistumailmoitus). Purkujätteen määräll ilmoitukseen ja mahdolliseen ympäristölupaan tarvittavat laajuustiedot on saatavissa tietomallista. Mikäli kohde sisältäisi esimerkiksi puhdistettavia maa-aineksia, olisi tietomalliin mahdollista lisätä maaperämalli, josta saatavia tietoja voisi yhdistää puhdistusprosessin laadunvarmistukseen.

Tietomallia voidaan hyödyntää hankesuunnitteluvaiheessa purkutyön alustavan vaiheistuksen hallintaan hyödyntämällä yleisesti saatavilla olevaa menekkitietoa ja 4D-suunnittelun mahdollistavia ohjelmistoja. Esimerkissä purkutyön vaiheistus on laadittu Navisworks-ohjelmistolla, hyödyntäen Revitin Phase-toiminnallisuutta.

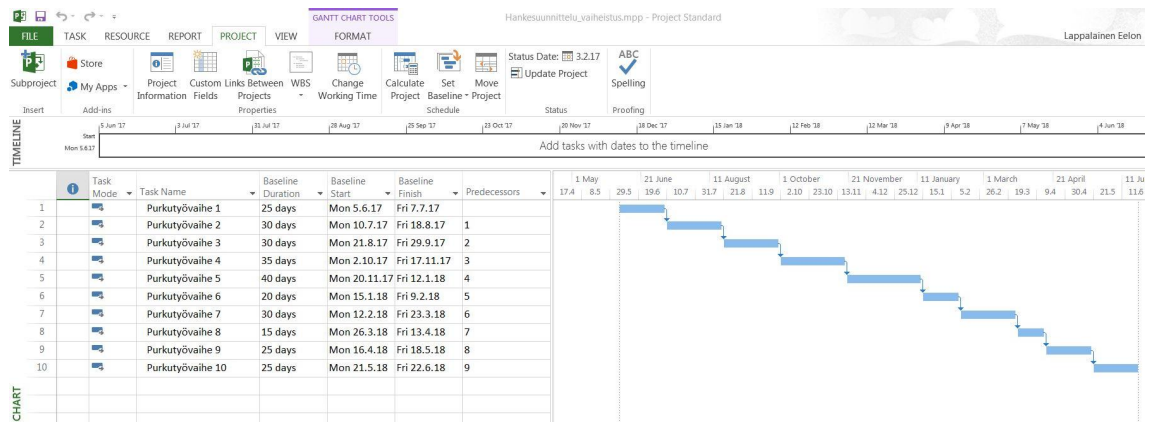


Kuva 39. Purkutyövaiheiden määrittäminen Revitissä.

Purkutyövaiheiden luonnin jälkeen alueilla sijaitsevat objektit filtribuutaan soveltuvin parametrein. Esimerkitapauksessa alueet on numeroitu ja nimetty tietyllä tavalla, jolloin filtribuointi on nopeaa ja jokainen objekti sisältää ko. alueen tunnuksen. Vaiheet siirtyvät suoraan Navisworks-ohjelmistoon, jolloin vaiheistus voidaan sitoa alustavaan projektiaikatauluun, joka on tuotu MS Project-ohjelmasta.

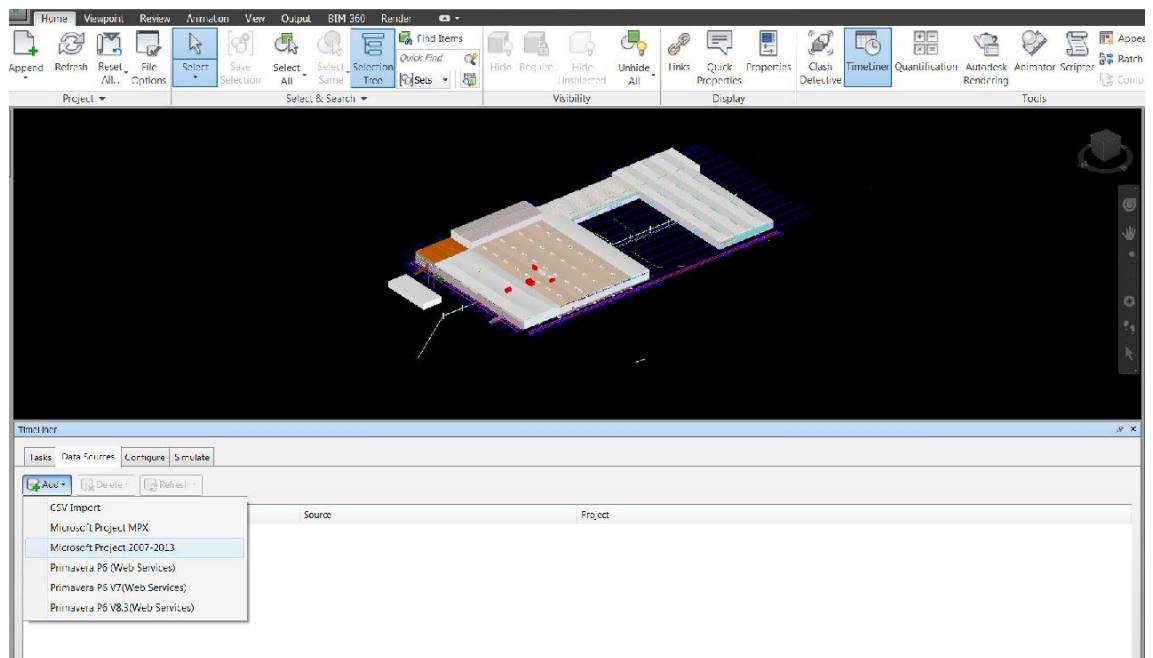
Purkutyövaiheiden ryhmittelyä (esim. Navisworksin "Sets"-toiminnallisuus) sujuvoittaa olennaisesti objektien ja rakennusosien selkeä nimeäminen ja ryhmittely. Sekava ja epälooginen objektien käyttö tietomallinnusvaiheessa lisää tarpeetonta työtä tietomallin jatkajalostuksen aikana (mm. aikataulu- ja määrätiedon hallinta). Purkutyötä varten ei ole

erikseen laadittu nimeämishojeita, mutta alalla vakiintuneita TALO-nimeämisyjärjestelmiä voi soveltaa inventointimallia laadittaessa normaalisti ja näin objektien ryhmittely saa luontaisen ja yleisesti tunnetun hierarkian.



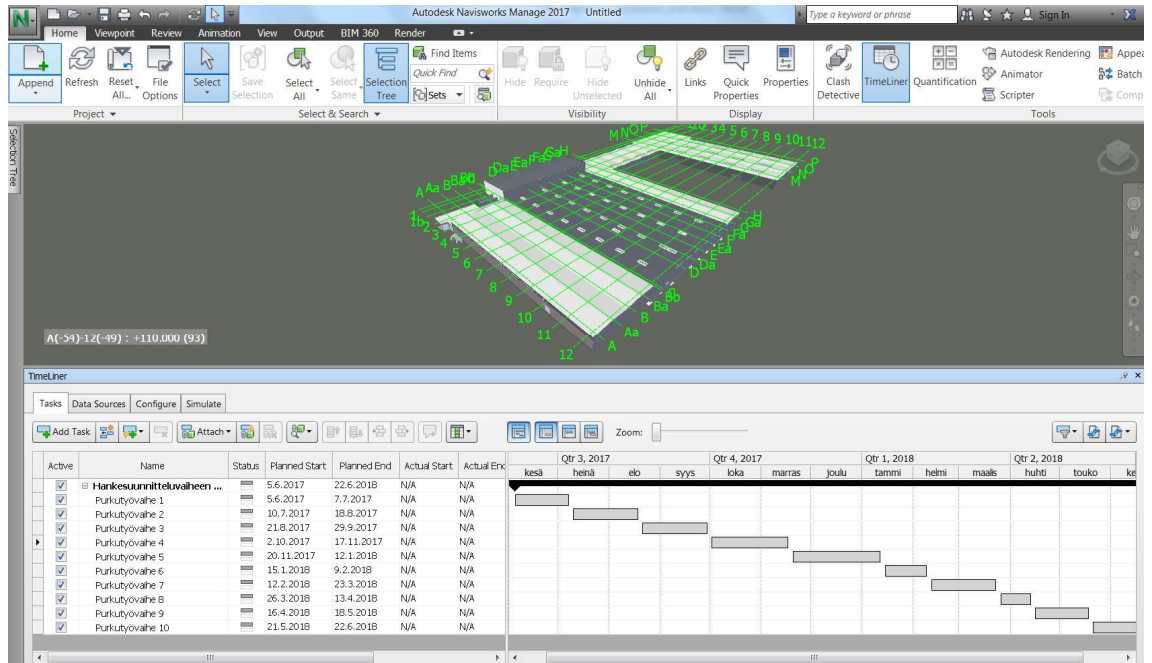
Kuva 40. Hankesuunnitteluvaiheen purkutyövaiheet MS Projectissa.

Purkutyövaiheiden aikataulutuksen valmistuttua, voidaan aikataulutiedoston tiedot siirtää Navisworks-ohjelmistoon Timeliner-toiminnolla. Alla esitettyssä kuvassa näkyy Time-liner-toiminnallisuus ja eri tiedonsiirtoformaatit Navisworksin aikataulunhallintatyökaluun. MS Projectille tiedonsiirto on suoraviivaista, valitsemalla ohjelmiston kohdalta siirtoformaatti, tiedonsiirto käynnistyy. Tiedonsiirtovaiheessa olennaista on valita aikataulutiedostosta tarvittavat tehtäväkohtaiset sarakkeet, jotka halutaan siirtää myös Navisworksin puolelle.



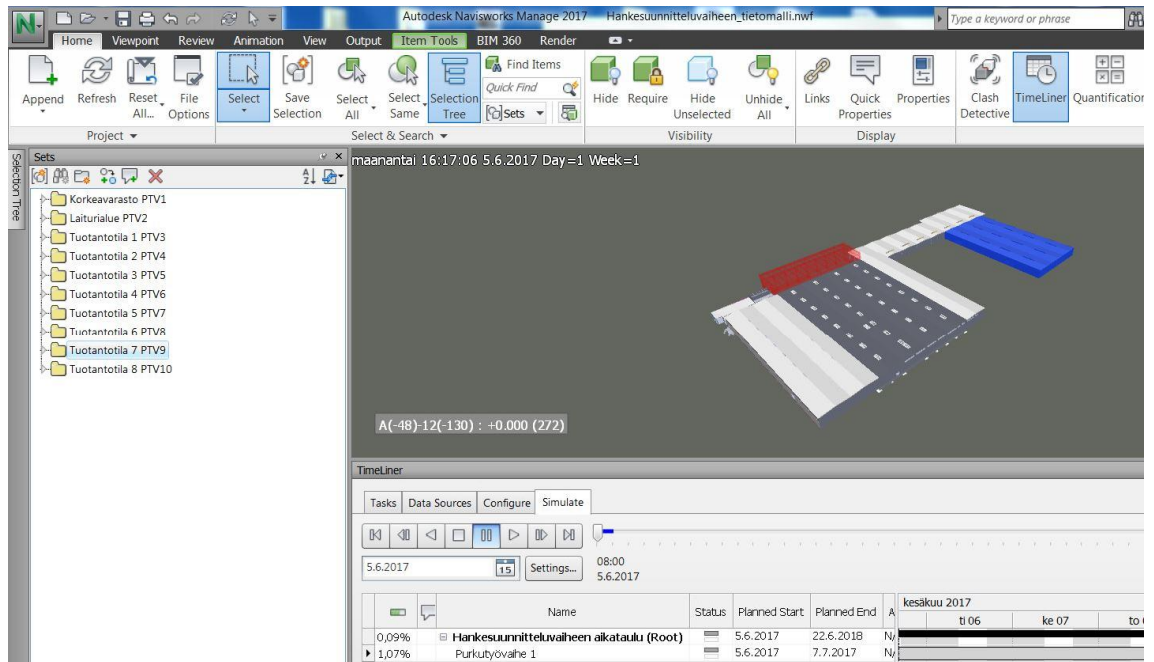
Kuva 41. Aikataulutiedoston siirto MS-Projectista Navisworksiiin.

Aikataulutiedon siirron jälkeen purkutyövaiheita voidaan alkaa liittämään tietomallin objekteihin. Objektit ja purkukohteet on suositeltavinta jakaa jollain loogisella tavalla ryhmiin, jotta yksittäisten objektien käsittelytä vältetään tässä vaiheessa. Toteutusvaiheessa, kun aikataulutus etenee viikkotasolla, tarkentuu aikataulutieto myös objektikohtaiseksi.

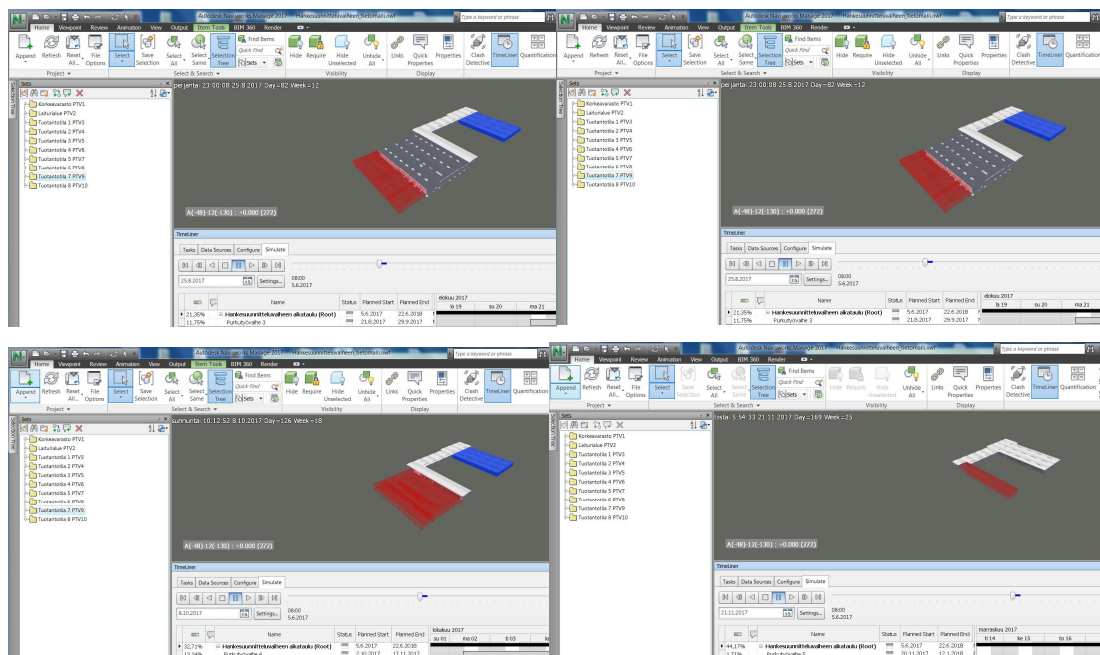


Kuva 42. MS-Projectin purkutyövaiheet siirrettyinä Navisworksiiin.

Alla olevassa kuvasarjassa hankesuunnitteluvaiheen aikataulutietoon on lisätty tietomallin objektit siinä tarkkuudessa, kuin purkuvaiheita hankesuunnitteluvaiheessa käsitellään. Navisworks-ohjelmiston Timeliner-toiminnolla purkutyöstä saadaan nopeasti havainnollinen animaatio, josta alla olevat kuvankaappaukset on tallennettu.



Kuva 43. Purkutyövähe 1, purettava alue osittain läpinäkyvänä punaisella.



Kuva 44. Purkutyöväheiä 3...6, purettavat alueet osittain läpinäkyvinä punaisella.

Tarjouspyyntödokumentaation liiteasiakirjaksi on mahdollista liittää hankesuunnitteluvaiheen tietomalli. Tällöin on varmistettava sähköisen aineiston oikeellisuudesta. Aineiston oikeellisuuden tarkistukseen ja mahdollisten urakka-aikana ilmenevien ylimääräisten

lisä- ja muutuskustannusten hallitsemiseksi on syytä laatia tietomalliseloste, johon kuvataan mahdollisimman tarkasti tietomallin laatimisessa tehdyt yleistyksiset, oletukset ja tietomallissa olevat puutteet. (Rakennustieto Oy, 2014.)

Sopimukseen liittyvät asiakirjat voidaan tietomallipohjaisessa hankkeessa liittää käytettävään pilvipalveluun ja näin aineisto on kaikkien hankkeessa jo mukana olevien ja hankkeen edetessä mukaan tulevien saatavilla ja käytössä. Urakan aikaisten lisä- ja muutostöiden käsittelyyn on mahdollista hyödyntää tietomallia, jonka avulla erilaiset määrälaskelmat ja tarkastelut ovat havainnollisia ja visuaalisia. Määrälaskentaa suorittavissa yrityksissä on nykyään käytössä työkaluja, joilla tietomallista saatavia määriä voidaan siirtää suoraan määrälaskentaohjelmistoihin.

6.2.2 Rakennesuunnitteluvaihe

Rakennesuunnitteluvaiheessa tärkein tehtävä on rakenteen stabiliteetin tutkiminen. Rakennesuunnittelija käy läpi rakennejärjestelmän sekä siihen mahdollisesti elinkaaren aikana tehdyt muutokset inventointimallia ja saatavilla olevia suunnitelmia vertaamalla. Lisäksi tässä vaiheessa käydään läpi purkuohjelma ja sinne kohteen käyttöhistoriasta kerätyt tiedot.

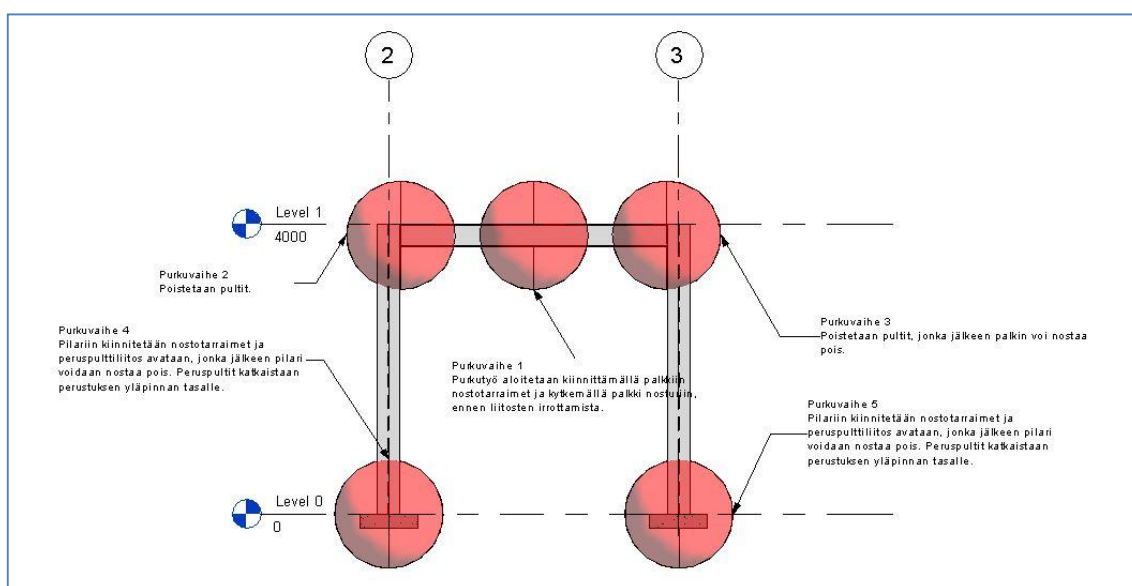
Stabiliteetin tutkiminen purkutyövaiheessa on tavallaan käänteinen rakennesuunnittelu-tehtävä. Rakennesuunnittelijan on käytävä läpi purkamisen työvaiheet ja varmistettava, että rungon ja rakenteiden stabiliteetti säilyy koko purkamisen ajan. Rakenne ei saa muuttua hallitsemattomaksi mekanismiksi missään purkutyön vaiheessa.

Koska purkutyön suunnittelu edellyttää työvaiheiden tunnistamista ja käyttämistä, tulisi tietomalliin tässä vaiheessa laatia purkutyön alustavat vaiheet, jotta tietomallia voidaan muokata tehokkaasti ja vaiheittainen eteneminen ja tarvittaessa mahdolliset lyhyet työvaiheanimaatiot olisi mahdollista helposti toteuttaa. Vaiheiden käyttö tulisi suunnitella siten, että niiden jatkokäyttö ja muokattavuus työvaihesuunnittelussa olisi mahdollisimman vaivatonta. Rakennesuunnittelussa yleisesti käytössä olevissa ohjelmistoissa on vapaita attribuutteja, joilla rakennesuunnittelija voi jakaa purettavia ja tuettavia rakennusosia erilaisiin vaiheisiin.

Tietomallipohjaisessa rakennesuunnittelussa rakennesuunnittelija voi valita useita eri esittämistapoja purkutyölle. Alla on esitetty muutama esimerkki tietomallin mahdollistamista esitystavoista.

Esitystapa 1 ("pallomaiset" purkutyöobjektit)

Esitystapa 1 on tehty käyttämällä Revit-ohjelmiston family-kirjastoa, josta sopiva läpikuultava geneerinen massa-objekti on muokattu attribuuttien, värin ja läpikuultavuuden osalta soveltumaan purkutyössä olennaisten kohtien korostamiseen. Objektille on annettu tunnistenumero, joka samalla toimii purkutyövaiheen numerona ja ohjeistaa oikeaan työvaiheistukseen. Lisäksi objektiin on lisätty kommentti-soluun suunnittelijan ohje purkutyön turvalliselle suorittamiselle.

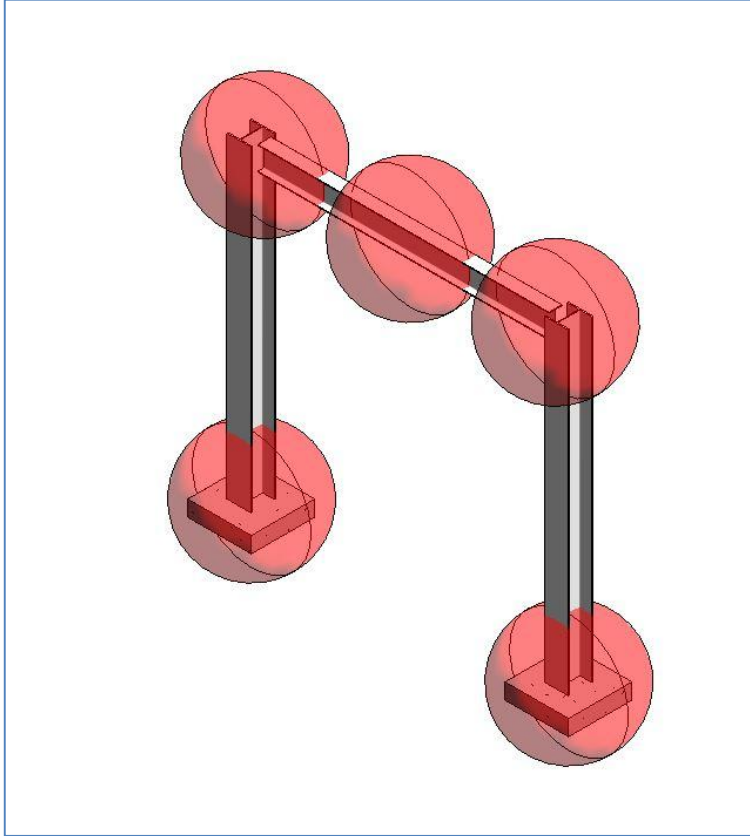


Kuva 45. Tietomalliin lisätty punaiset ja läpikuultavat pallomaiset purkutyöobjektit

Purkutyöobjektien sisältö on tuotu näkyviin "tagein", jotka osoittavat objektin, sen numeron ja suunnittelijan antaman ohjeistuksen. Objektin läpinäkyvyys mahdollistaa mm. virtuaalilasien käytön. Objektin ominaisuudet siirtyvät sellaisenaan myös esim. Navisworks-ohjelmistoon tai IFC-tiedonsiirtona IFC:tä käyttäviin ohjelmistoihin, jolloin purkutyötä suunnitteleva ja toteuttava urakoitsija ei ole sidottu yhden valmistajan tuotteiden käyttämiseen.

Purkutyöobjekteihin voidaan kytkeä myös vuorovaikutteisuus purkutyösuunnittelijan, urakoitsijan sekä tilaajan välillä. Autodeskin ohjelmistoissa kommentointi voidaan tehdä joko suoraan Revitissä (ns. Collaborate-toiminnallisuus), Navisworksissä (nwd-tiedosto-

jen kommentointi ja kommenttien koonti sekä käsittely) tai IFC:tä hyödyntävissä ohjelmistoissa (BimSight, Solibri jne.). Autodeskin BIM360-pilvi linkittää eri ohjelmistojen kommunikaation yhdelle alustalle ja vastaavia toiminnollisuuksia on myös muilla ohjelmistotoimittajilla.



Kuva 46. Havainnekuva tietomalliin lisätyistä purkutyöobjekteista

Tietomallin mahdollistamat havainnekuvat kannattaa hyödyntää ja niiden luominen tietomallista on helppoa. Erilaiset 3d-näkymät yhdistettynä tasonäkymiin, detaljeihin sekä työohjeisiin helpottavat erityisesti monimutkaisten rakenteiden tai monessa eri vaiheessa tehtävien purkutöiden hahmottamiseen.

Modify Schedule/Quantities

New Delete

Properties

Schedule

Schedule: Purkutyövaihe Edit Type

Phase Filter Show All

Phase Purkutyö

Other

Fields Edit...

Filter Edit...

Sorting/Group... Edit...

Formatting Edit...

Appearance Edit...

Properties help Apply

Project Browser - Purkutyöobjektit_VE...

East

North

South

West

Sections (Building Section)

Section 1

Legends

Schedules/Quantities

Multi-Category Schedule

Purkutyövaiheistus

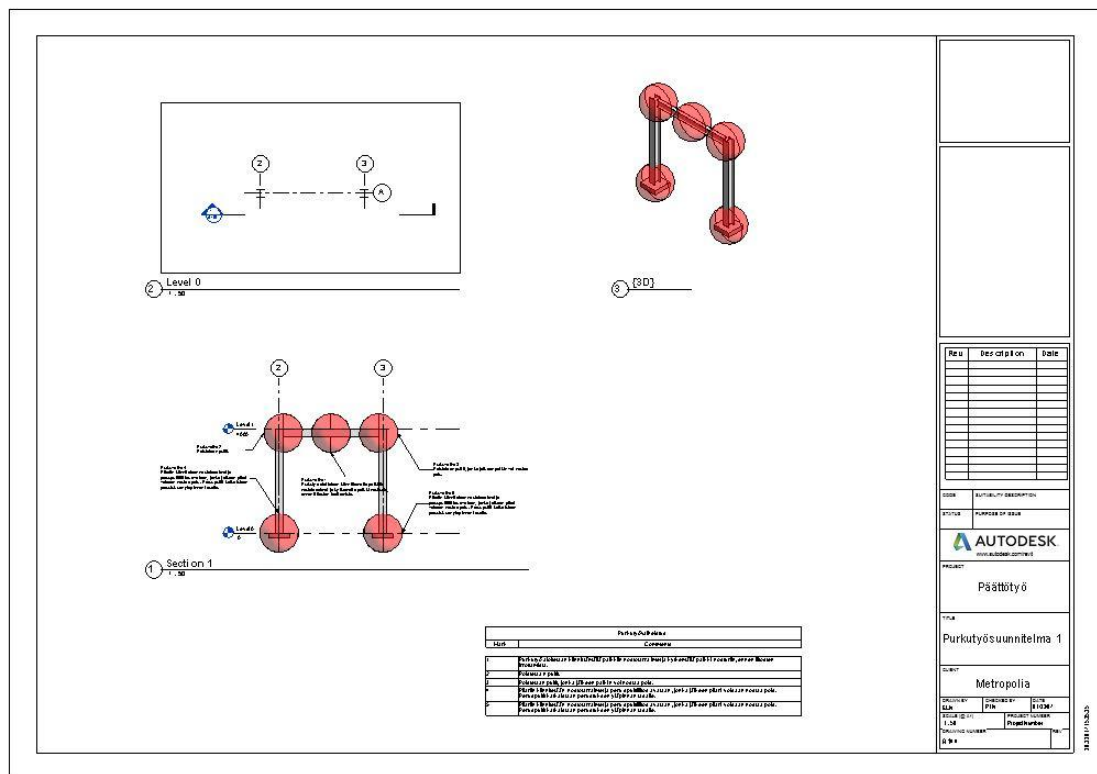
View List

<Purkutyövaiheistus>

A	B
Mark	Comments
1	Purkutyö aloitetaan kiinnittämällä palkkiin nostotarraimet ja kytkemällä palkki nosturiin, ennen liitosten irrottamista.
2	Poistetaan pultit.
3	Poistetaan pultit, jonka jälkeen palkin voi nostaa pois.
4	Pilarin kiinnitetään nostotarraimet ja peruspultti liitos avataan, jonka jälkeen pilari voidaan nostaa pois. Peruspultit katkaistaan perustuksen yläpinnan tasalle.
5	Pilarin kiinnitetään nostotarraimet ja peruspultti liitos avataan, jonka jälkeen pilari voidaan nostaa pois. Peruspultit katkaistaan perustuksen yläpinnan tasalle.

Kuva 47. Purkutyöobjektien sisältämää tietoa koottuna taulukkoon.

Tietomallin kautta purkutyöobjekteihin siirretty objektiokohtainen tieto saadaan siirrettyä erilaisiin taulukoihin jatkojalostusta varten. Taulukot yhdistettynä tietomallista otettuihin näkymiin voidaan koota myös perinteisen purkutyösuunnitelman muotoon, kuten alla olevassa kuvassa on esitetty.

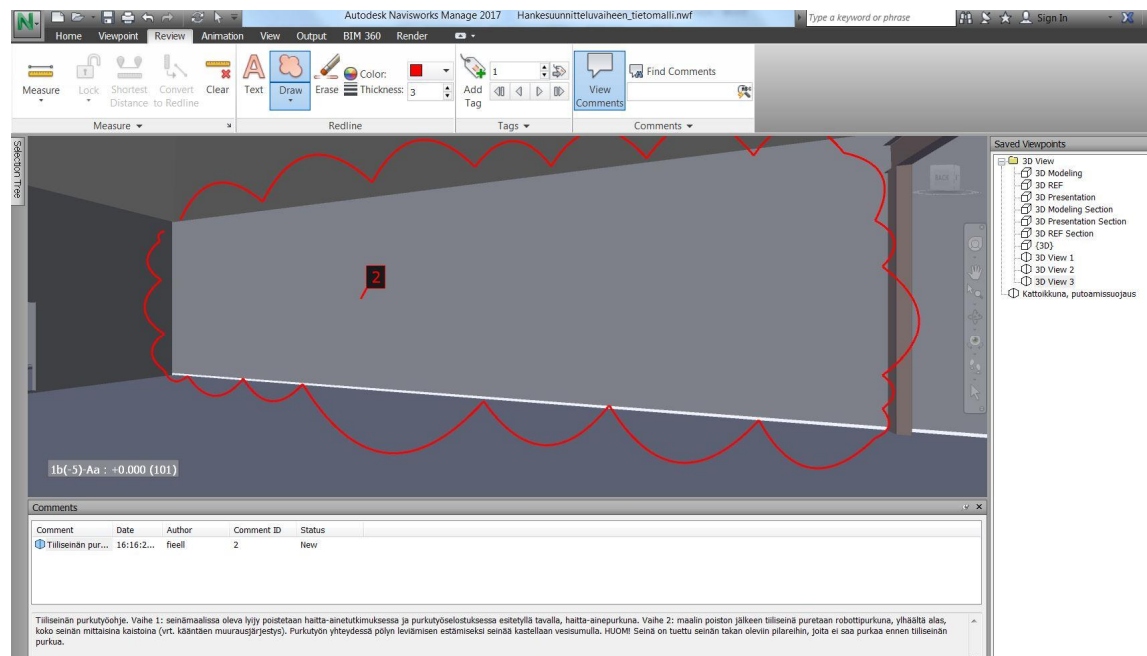


Kuva 48. Tietomallista luotu purkutyösuunnitelma.

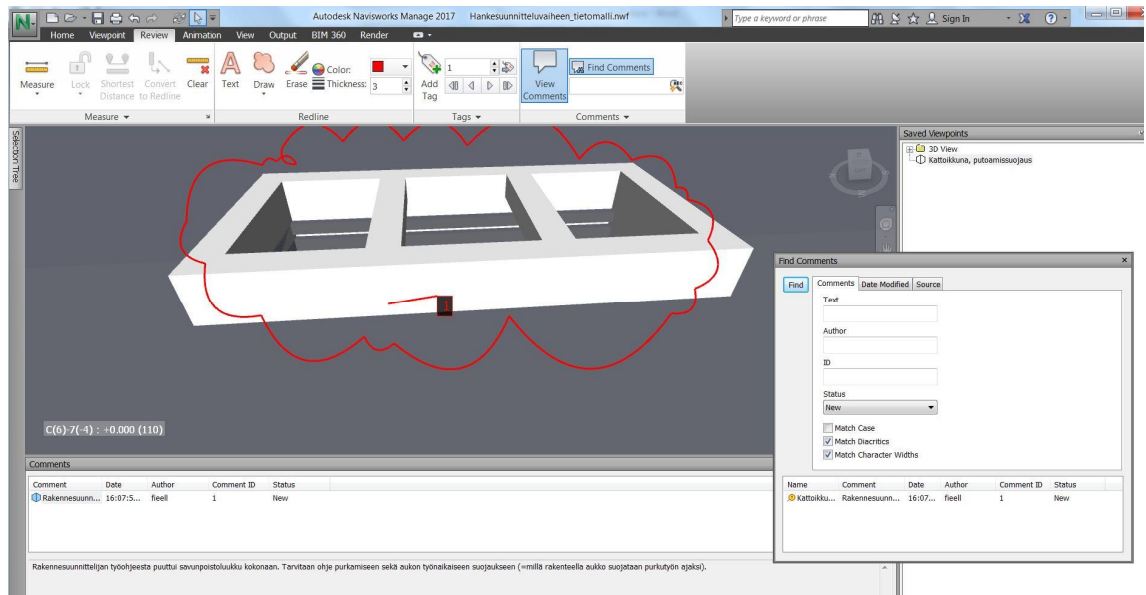
Esitystavan 1 käyttö on tietomallin laajamittaista hyödyntämistä ja kaikki tieto, joka näkyville saadaan, perustuu tietomallin sisältämään tietoon, jota voidaan esittää useissa eri muodoissa. Tietomalliobjektien sekä virtuaalilasien käyttö on helppo integroida jo nykytekniikalla. Havainnollisten ja kronologisten symbolien käyttö mahdollistaa myös tietomallipohjaisen esittämistavan kehittämisen pelilliseen muotoon, jota on hyödynnetty jo muilla teollisuuden aloilla ja mm. puolustusvoimissa. (Haapala, Tolonen, 2015.)

Esitystapa 2 ("Snapshot" ja ohjeteksti)

Toinen tietomallin hyödyntämistapa purkutyön ohjeistukseen on kuvankaappausten käyttö. Tässä työtavassa suositeltavaa on käyttää tietomalliohjelmistoa, joka tukee tallennettuihin näkymiin sidottuja kommentteja, jotka tallentuvat tietokantaan jatkokäyttöä ja mm. taulukointia varten.



Kuva 49. Suunnittelijan tietokantaan tallentuva näkymäsidonnainen purkutyöohje.

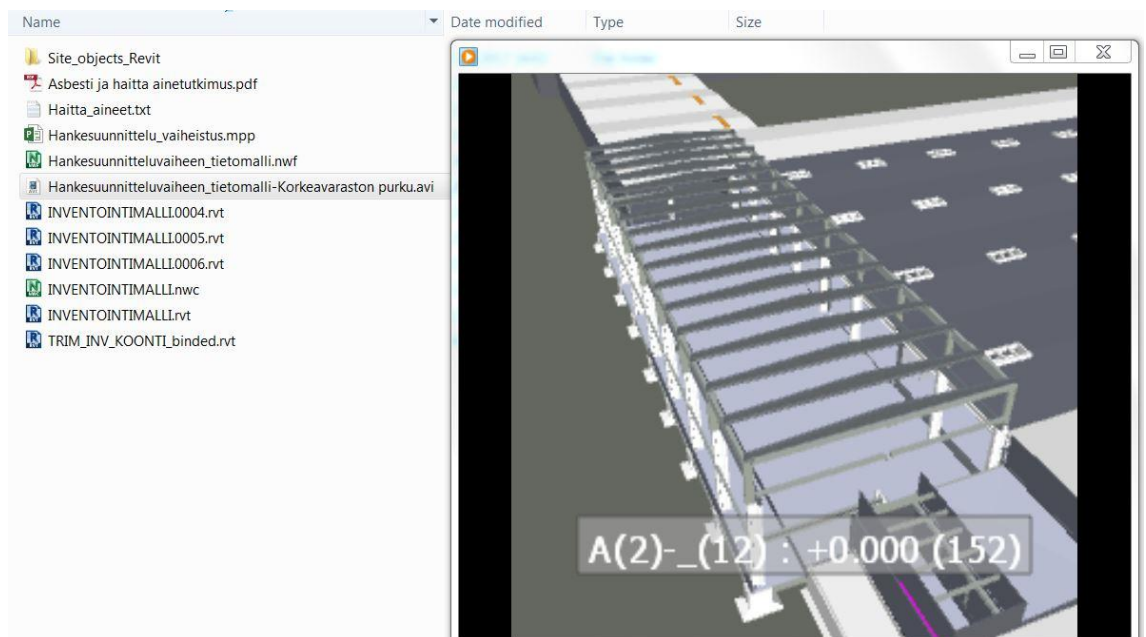


Kuva 50. Näkymään sidottu ja tietokantaan tallentuva urakoitsijan kommentti.

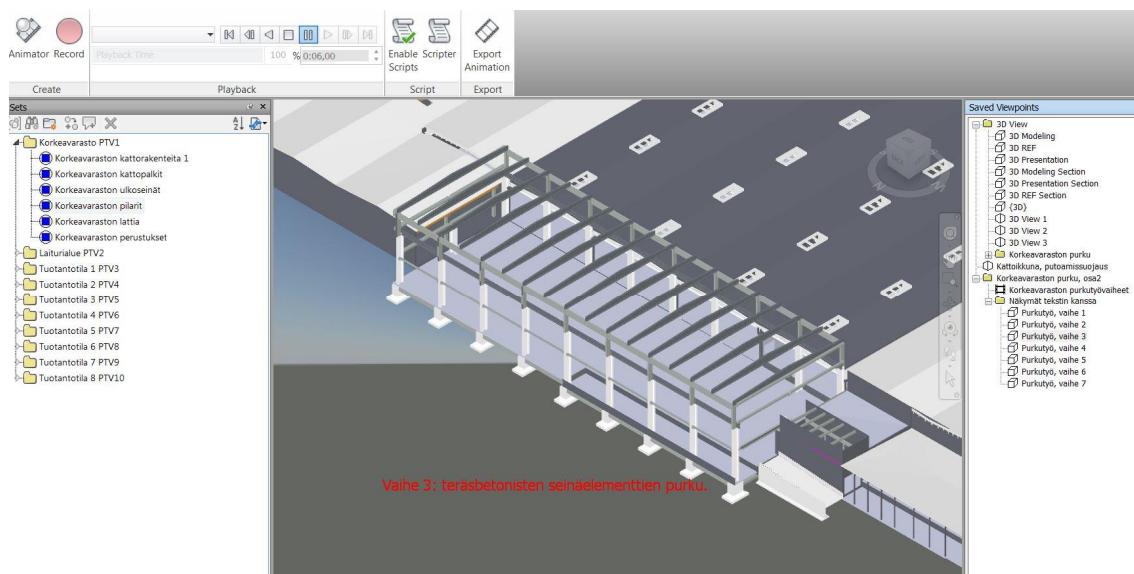
Kommenttien jatkokäsittely voidaan tietomalliohjelmistojen lisäksi siirtää seurattavaksi myös esimerkiksi Jira-tehtävienhallintaohjelmistoon tai perinteiseen Excel-seurantaan.

Esitystapa 3 (animaatio)

Kolmas vaihtoehto suunnitellun purkutyön esitystavaksi on animaatio, jota useimmat tietomalliohjelmit tukevat. Esimerkissä animaatio on luotu Navisworks-ohjelmistolla. Animaatioon voidaan liittää ohjetekstiä, jota voi seurata yhdessä animaation kanssa.



Kuva 51. Ote purkutyösimuloinnista, animaatio tallennettu .avi-tiedostomuotoon.



Kuva 52. Animaatioon sisällytettyä ohjetekstiä.

Edellä esitetyt esimerkit osoittavat, että tietomallia hyödyntämällä voidaan laatia kohdekohtaisesti soveltuvat purkuohjeet, joilla voidaan varmistaa yleisiä ”menetelmäkortteja” tarkempi ja kohteeseen soveltuva purkutyötapaa, joka samalla voidaan luoda menetelmäkortteja havainnollisemmaksi ja vuorovaikutteisemmaksi. Tietomalliin on liitettävissä purkuselostus-tyyppiset dokumentit. Esimerkissä purkuselostus on tallennettu pilveen BIM 360 DOCS-sovelluksella.

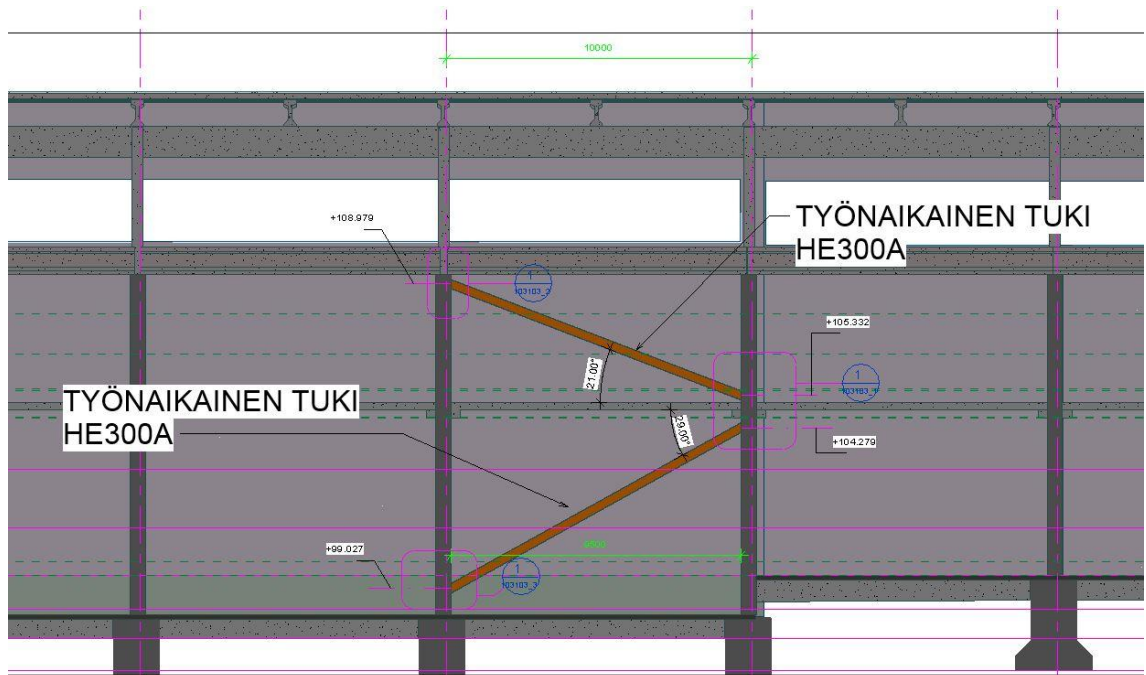
Purkutyössä usein tarvittavat rakenteiden tuennat ja suojaukset voidaan tietomallissa esittää useilla tavoilla. Alla on esitetty esimerkkejä tuentatarpeen esittämisestä tietomallissa.

Tuentasuunnitelma, tapa 1 (rakennesuunnitelma)

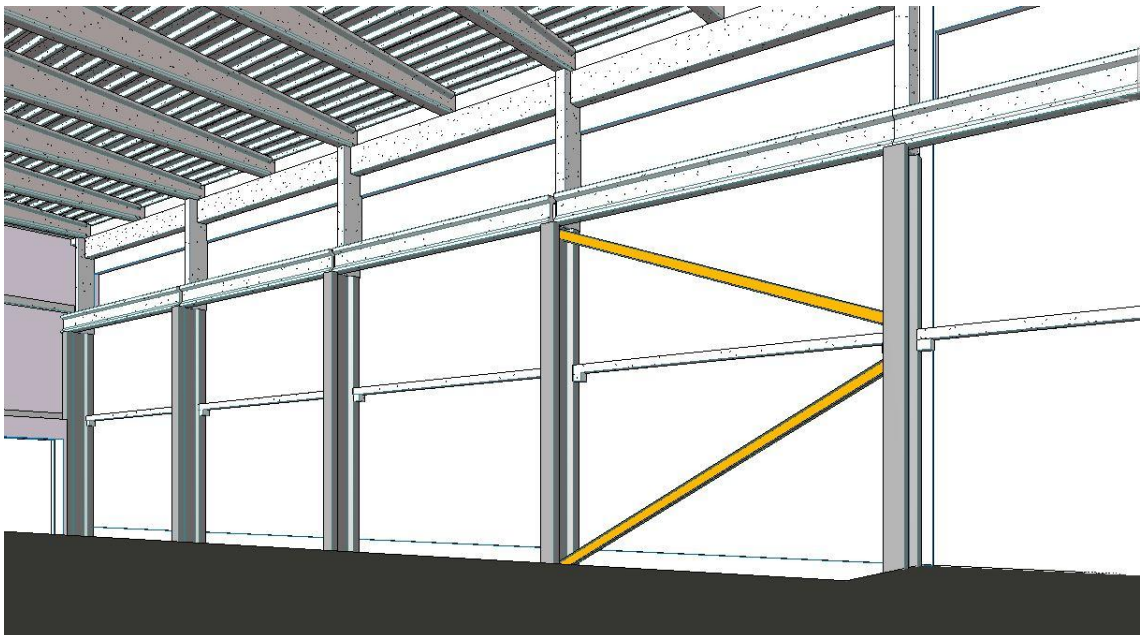
Tietomallin kautta tapahtuvassa tuentasuunnittelussa rakennesuunnittelija mallintaa tuentaan tarvittavat rakenteet. Suositeltavaa on mallintaa tuentaan tarvittavat rakenteet selkeästi eri tasoille (mikäli mallinnusta tehdään suoraan inventointimalliin) tai mieluiten täysin omaan, erilliseen tuentamalliin, jolloin inventointimallia käytetään tuentamallissa referenssimallina. Erillisen mallin käyttäminen vähentää esimerkiksi määrälaskennassa syntyvien tulkintavirheiden mahdollisuutta.

Tuentasuunnittelu tavanomaisilla teräs- ja puurakenteilla ei juuri eroa normaalista rakennesuunnittelutyöstä. Tukitelineiden ja tehdasvalmisteisten tukirakenteiden osalta hyödynnettävissä on tukitelineiden valmistajilta saatavat 3d-tiedostot. Mikäli 3d-aineistoa ei

ole valmiina, joudutaan jossain tapauksissa mallintamaan tukirakenteita 2d-dokumentaatiosta rakennesuunnittelijan toimesta.



Kuva 53. Rakennesuunnittelijan esittämä tuentasuunnitelma.



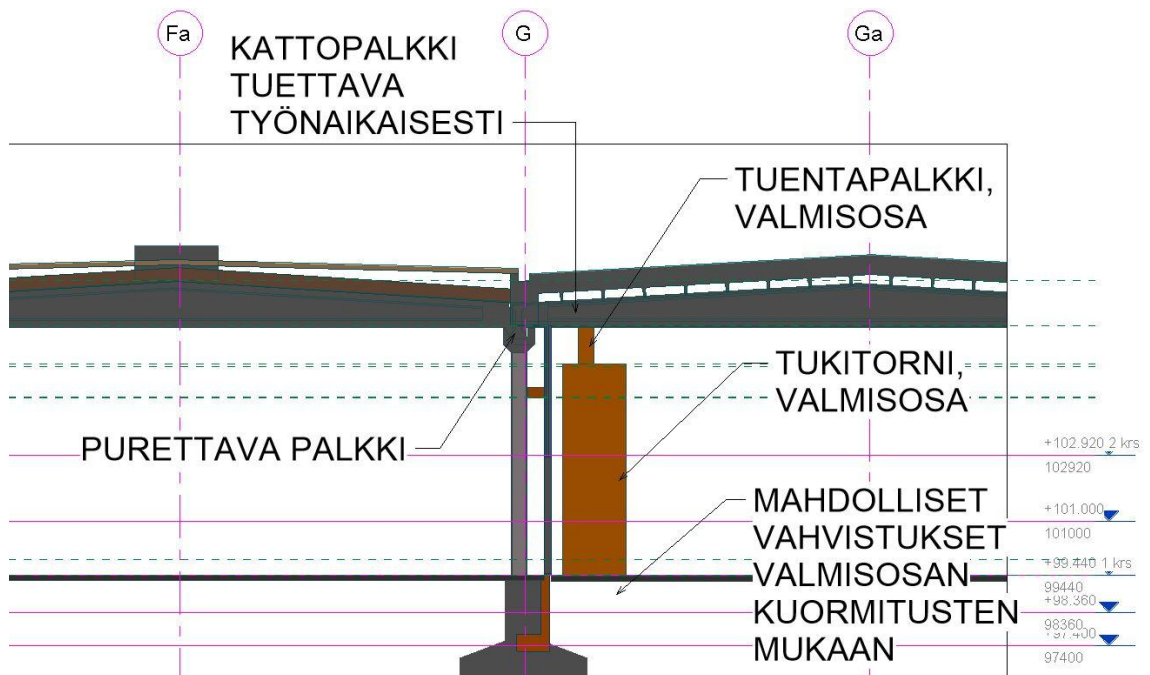
Kuva 54. Aksonometria rakenteellisesta työnaikaisesta tuennasta.

Tuentasuunnittelu tietomallissa mahdollistaa tuentaan tarvittavien määrien laskemisen sekä tiedonsiirron FE-ohjelmistoihin. Tuentaan tarvittavat rakenneosat voidaan myös korostaa huomioväreillä, kuten yllä olevissa kuvissa on esitetty, jotta työn aikana lisättävät tukirakenteet erottuvat selkeästi olemassa olevista ja purettavista tukirakenteista.

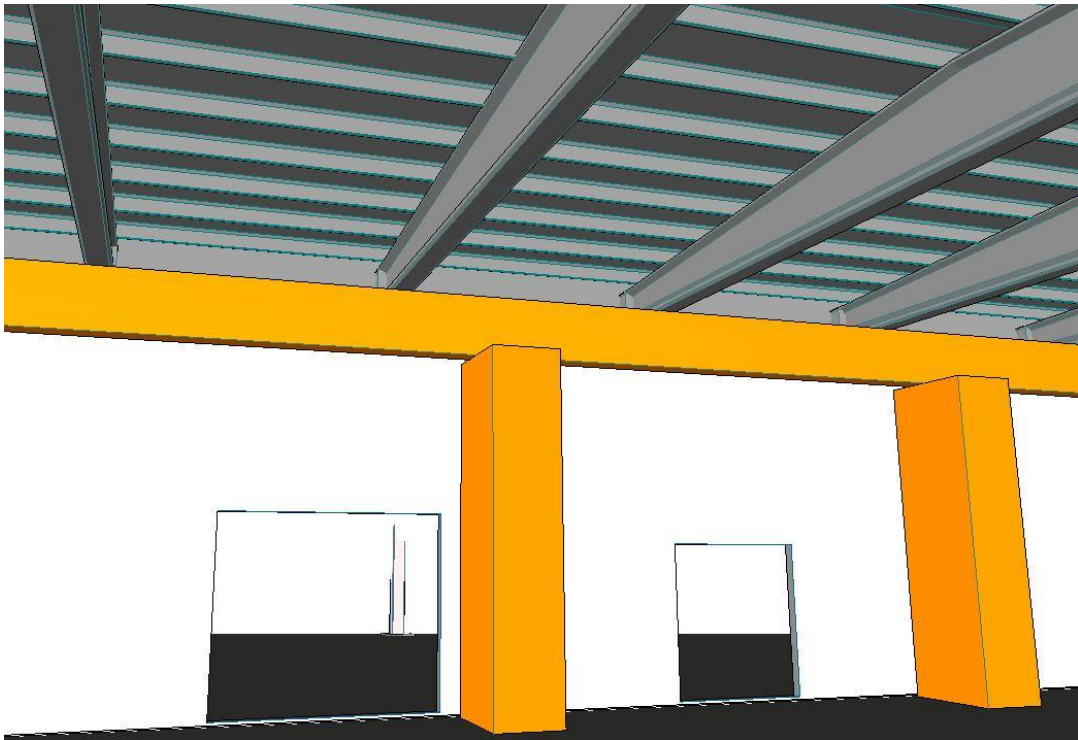
Tuentasuunnitelma, tapa 2 (viitesuunnitelma)

Tässä tavassa rakennesuunnittelija laatii viitteellisen tuentasuunnitelman, joka toimii lähtötietona lopullisen tuentarakenteen suunnittelevalle valmisosatoimittajalle. Valmisosatoimittajat ovat erikoistuneet esimerkiksi omiin tukitornijärjestelmiinsä ja ovat kehittäneet mm. laskentaohjelmistoja teline- ja tuentajärjestelmien mitoittamiseen. Tuentatavassa valmisosatoimittajan tulee hyväksyttää ja esittää laatimansa tuentasuunnitelmat sekä laaditut laskelmat kohteen vastaavalle rakennesuunnittelijalle, joka tarkistaa, että tuentasuunnitelma noudattaa riittävällä tarkkuudella viitesuunnitelmaa ja purkutyö voidaan tuotesasuunnitelmalla turvallisesti suorittaa.

*

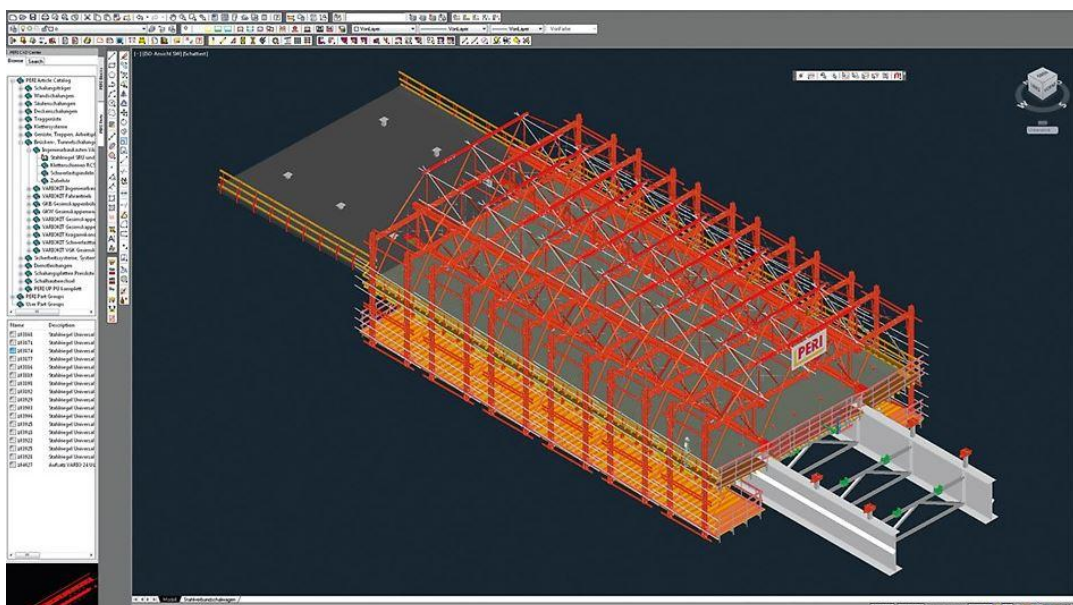


Kuva 55. Rakennesuunnittelijan laatima viitteellinen tuentasuunnitelma.



Kuva 56. Aksonometria viitteellisestä tuennasta.

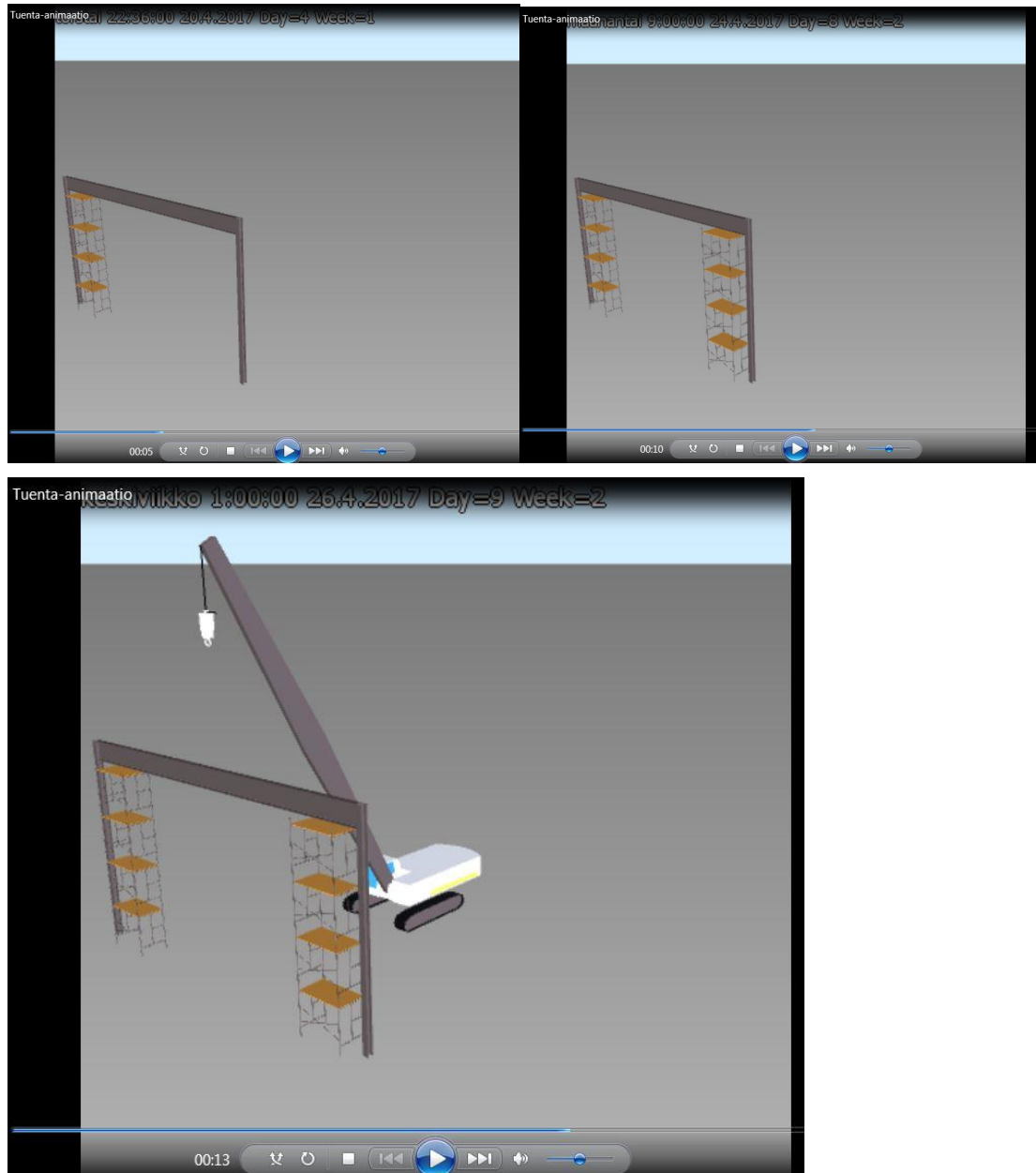
Viitesuunnitelmaa käyttämällä tietomallissa voidaan esittää hyvin karkea tilavarausobjekti tai karkeampia tietomalliobjekteja. Lopullisen valmisosatoimittajan laatima 3d-malli tuennasta siirretään tietomalliin yleensä referenssinä.



Kuva 57. Valmisosatoimittajan laatima 3D-tuentsuunnitelma. (PERI Suomi Ltd Oy, 2017.)

Tuentasuunnitelma, tapa 3 (animaatio)

Kolmas tapa esittää tuentasuunnitelma, on animaatio, jonka voi laatia kohteen rakenne-suunnittelija, urakoitsija tai tuennan toimittava ja suunnitteleva valmisosatoimittaja. Animaation etuna voidaan pitää havainnollisuutta sekä työn etenemisen ajallisen etenemisen simulointia. Animaation yhteyteen on yleensä lisättävä selventävää tekstiä tai puhetta. Animaatiota voidaan hyödyntää erityisesti vaativien tukitelineiden kasaamisessa ja purkamisessa sekä alueen suojaamiseen liittyvään suunnitteluun. (DSM Demolition Ltd, 2017.)



Kuva 58. Kuvasarja (3) tuentaan liittyvästä animaatiosta, toteutus Revit ja NavisWorks.



Kuva 59. Ote animaatiosta, jossa esitetty suojavyöhyke purkutyön aikana. (DSM Demolition Ltd, 2017.)



Kuva 60. Ote animaatiosta, jossa purkutyössä käytettävien ajoneuvojen reitit esitetty. (Visual 5D Ltd, 2017.)

Turvallisen purkutyön suorittamiseen on yleensä useita tapoja ja teknistaloudellisesti parhaimman tuloksen valitseminen onnistuu harvoin hanke- tai rakennesuunnitteluvaiheessa. Purkutyöhön erikoistuneen työnjohtajan tai purku-urakoitsijan kanssa tehtävä

yhteistyö mahdollisimman aikaisessa vaiheessa parantaa rakennesuunnitteluvaiheen purkusuunnitelman toteutettavuutta ja vähentää työvaihesuunnittelussa tehtäviä merkittäviä muutoksia hanke- ja rakennesuunnitelmaan. Tietomallipohjaisten työkalujen käyttö tukee yhteistyötä, työmenetelmien ja -vaiheiden optimointia.

6.2.3 Tarkastus- ja hyväksyntämenettelyt

Laadittujen suunnitelmien tarkastus- ja hyväksyntämenettelyt tietomallipohjaisessa purkutyön rakennesuunnittelussa on perinteisen paperidokumentaation sijaista luontevinta tehdä tietomallissa. Tietomalliohjelmistot tukevat tarkastus- ja hyväksyntämenettelyä ja niissä on yleensä näille varatut omat attribuutinsa, joita voidaan tarkastuksen varmentamiseksi esimerkiksi tulostaa erilaisiksi taulukoiksi tai tulosteiksi. Yksi tapa varmentaa suunnitelmien tarkastus ja hyväksyntä on hyödyntää pilvipalveluita, esimerkiksi BIM360 tarjoaa Autodeskin ohjelmistoille yhteisen alustan tarkastusdokumentaation tallentamiseen ja linkittämiseen. Vastaavia palveluita ja alustoja on myös yleisimmissä projekti-pankkisovelluksissa sekä muiden ohjelmistotalojen tuoteperheissä.

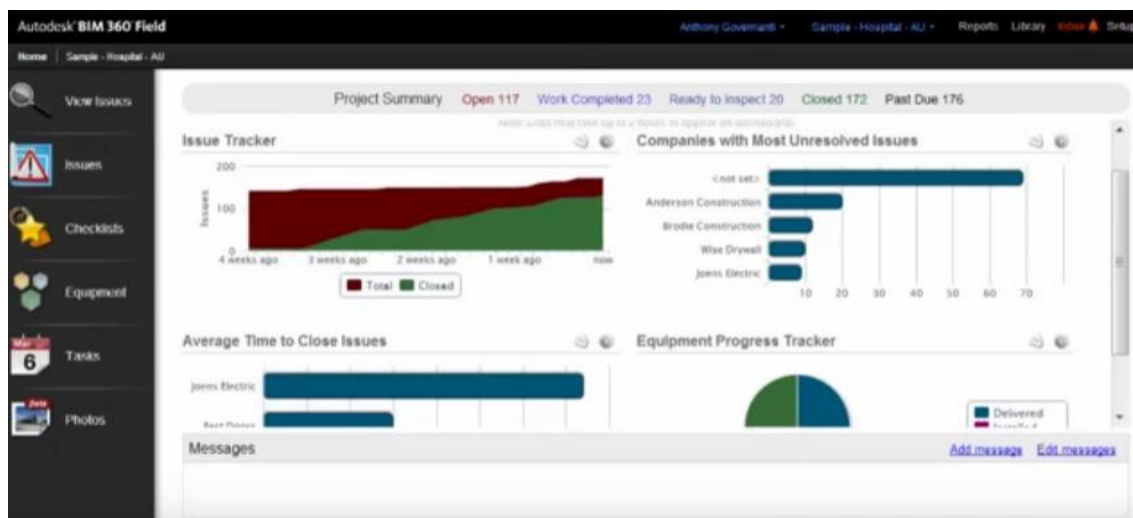
6.2.4 Työvaihe- ja viikkosuunnittelu

Työvaiheiden ja viikkosuunnittelun osalta tietomallin käyttö mahdollistaa täysin sähköisen ja yhdessä paikassa hallittavan työn suunnittelun. Kun hanke- ja rakennesuunnitteluvaihe on toteutettu tietomallintamalla, päätoteuttaja ja purku-urakoitsija voivat jatkaa laaditun tietomallin käyttöä suoraviivaisesti. Työmaiden tarpeisiin on kehitetty useita tietomallisovelluksia, jotka toimivat tableteilla ja hyödyntävät erilaisia pilvipalveluita.

Tässä työssä käytettyyn Autodeskin ohjelmistoperheeseen on saatavilla BIM 360 Field-mobiilisovellus, joka hyödyntää samaa pilvessä olevaa tietokantaa, kuin suunnitteluvaiheessa käytetty BIM 360 DOCS-sovellus. Vastaava pilvipalveluun pohjautuva sovellus on myös Trimble Connect. Pilvipalvelun valinta lähtee päämallinnustyökalujen valinnasta.

Kehittyneitä, jo markkinoilla olevia työkaluja hyödyntämällä, voidaan työmaavaiheessa yhdellä ohjelmistoalustalla toteuttaa mm. purkusuunnitelma, aluesuunnittelu, yleisaikataulun integrointi (4D), tehtäväsuunnittelu ja viikkoaikataulut. Samoin purkutyöhön olennaisesti kuuluva yhteydenpito rakennesuunnittelijaan ja tilaajaan on siirrettävissä sovel-

lukseen. Järjestelyllä saavutetaan merkittävä hyöty purkutyöhön liittyvän dokumentaation keräämisessä ja erityyppisten katselmusten ja hyväksyttämisprosessien seuraamisessa.



Kuva 61. Näkymä BIM 360 Field-soveluksen aikatauluosiosta. (Autodesk Ltd, 2017.)

Laaditun tietomallin laatu hanke- ja rakennesuunnitteluvaiheessa nopeuttaa ja tehostaa työmaavaiheessa tietomallin hyödyntämistä. Tästä johtuen uudisrakentamisessa kehitetyt mallinnusperiaatteet ja tietomallin oikeellisuuden varmentaminen ovat olennainen osa siirryttäessä tietomallitiedon hyödyntämiseen purkutyömaalla.

7 Johtopäätökset

Onko purkutyön suunnittelu- ja toteutusprosessissa sellaisia tehtäviä, joita voitaisiin hallita nykyistä tehokkaammin purkutyötä varten luodulla tietomallilla?

Tehdyn selvityksen perusteella purkutyön suunnittelu on siirrettävissä tietomallipohjaiseksi. Erityisesti hankevaiheen selvitykset (laserkeilaus, inventointimallinnus, haitta-ainekartoitus) kannattaa toteuttaa alusta asti tietokantapohjaisena, jolloin hankkeella on edellytykset edetä tietomallipohjaisena.

Euroopan unionin direktiivien ja yhä tiukentuvien jätteen kierrätystä koskevien lakien kautta paine tehokkaampien tietokantojen käyttöön rakennusten elinkaaren loppuvaiheessa tulee kasvamaan lähivuosina. Tietokannassa olevan datan tehokas analysointi

mahdollistaa materiaalien hyötykäytön aiempaa kattavamman ja tarkemman selvittämisen purkuhankkeissa. Aiheesta käynnistetyt tutkimushankkeet tulevat tuottamaan viiden vuoden sisällä uusia tehokkaita työkaluja purkutyöhankkeisiin.

Purkutyö on yksi rakennusalan vaarallisimmista työvaiheista ja tietomallin käyttö mahdollistaa aiempaa havainnollisemman ja vuorovaikutteisemman työturvallisuussuunnittelun. Uudisrakennuskohteisiin kehitettyjä työturvallisuustyökaluja voi hyödyntää myös purkukohteissa. Lisäksi purkutyössä usein tarvittavat tuennat ja erityisen vaaralliset työvaiheet on helppo vaiheistaa ja tarvittaessa jopa animoida tietomallin avulla ja hyödyntää tätä aineistoa työtä suorittavien työntekijöiden perehdyttämiseksi.

Mitä tietoa tietomalliin tarvitaan purkutyötä varten?

Purkutyötä varten tietomalliin tarvitaan yleensä kohteesta tehty inventointimalli. Inventointimalli tehdään laserkeilauksen ja vanhojen suunnitelmien avulla. Rajatuissa tapauksissa inventointimallin sijasta voi olla taloudellisempaa käyttää pelkkää pistepilveä ja esimerkiksi Autodeskin Recap- ja Navisworks-ohjelmistoja purkusuunnitteluun. Määrien ja massojen mittaaminen, purkusuunnitelman lakisääteisyys sekä parempi metatiedon hallinta johtanevat useimmissa tapauksissa pelkän pistepilven sijasta inventointimallin hyödyntämiseen.

Luoko tietomallipohjainen purkutyön hankkeeseen lisäarvoa?

Purkutyösuunnittelu hyödyntämällä tietomallia tuo seuraavia lisäarvoja hankkeelle:

- parempi yhteistyö osapuolten välillä
- havainnollisempi ja visuaalisempi ennakkosuunnittelu pienentää työturvallisuusriskejä
- purettavien määrien parempi hallinta
- haitta-aineiden sijainnin parempi hallinta
- parempi aikataulun hallinta visuaalisin työkaluin
- energijätteen päätyvän materiaalin energiasisällön tarkempi arviointi
- työskentely tietokannassa pitää hankkeen dokumentaation keskitetysti yhdessä paikassa
- mahdollistaa tulevaisuudessa itseohjautuvien purkulaitteiden tehokkaan käytön
- mahdollistaa siirtymävaiheessa virtuaalilasien ja lisätyn todellisuuden käytön laitetta operoivien ja työtä valvovien työnjohtajien välillä

- tietomallin parempi muokattavuus hankkeen eri vaiheissa verrattuna paperisiin dokumentteihin

Purkutyön suunnitteluprosessin muutoksella tietomallipohjaiseksi voidaan ennustaa ja hallita elinkaaren loppuvaiheen päästöjä sekä kustannuksia aiempaa tarkemmin ja tehokkaammin. Työturvallisuuteen liittyvät kehitysmahdollisuudet mm. lisätyn ja virtuaalitodellisuuden kautta tuovat purkutyökohteisiin uusia työkaluja riskien hallintaan ja tapaturmien välttämiseen. Purkutyötä suorittavien työntekijöiden perehdyttämiseen liittyvien sovellusten rakentaminen tietomallin muodostamalle alustalle on vain ajan kysymys.

Purkutyössä käytettävien laitteiden automatisointiin tarvittava teknologia on olemassa. Selvityksen perusteella täysin valmiita integroituja järjestelmiä, joissa automatisoitu purkurobotti hyödyntäisi sensoreita, paikkatietoa ja tietomallia, ei ole vielä ole markkinoilla. Purkutyöhön kehitettyjen laitteiden kehitys on historiallisesti seurannut maanrakennustyökoneiden kehitystä ja viime vuosina suuret valmistajat (esim. Caterpillar, Volvo, Sandvik Mining jne.) ovat kehittäneet toimivia automatisoituja maanrakennuskoneita ja kaivoskoneita.

On odotettavissa, että purkutyössä käytettävien laitteiden ja koneiden automatisointi tulee kehittymään vastaavasti. Asiantuntijahaastattelujen ja lähdeaineiston perusteella lähivuosien kehitys purkutyökalujen automatisoinnin osalta tulee ensivaiheessa keskittymään jo käytössä olevan etäohjausteknologian yhdistämiseen tietomalliin ja lisättyyn todellisuuteen, joihin liittyviä kaupallisia sovelluksia on jo valmiina käytettäväksi. Lähdeaineiston perusteella standardisointi-organisaatiot ovat valmistelleet alan standardeja vastaamaan nykyistä pidemmälle vietyä automaatioastetta niin rakennus- kuin purkutyökoneissa.

Merkittävin lisäarvo tietomallipohjaiseksi saadaan hankeosapuolten yhteistyön parane- misesta. Purkutyöt ovat rakennusalalla pirstaloituneet ja projektitiimit vaihtuvat hank- keesta toiseen. Tietomallipohjaisen projektinhallinnan sisältämä korostettu yhteistyön vaatimus voidaan siirtää purkutyösuunnitteluun ja saavuttaa vastaava lisäarvo.

Lähteet

Cheng, Jack. 2013. A BIM-based system for demolition and renovation waste estimation and planning. Hong Kong: Department of Civil and Environmental Engineering, The Hong Kong University of Science and Technology.

Aamulehti. 2017. <<http://www.aamulehti.fi/kotimaa/rastin-talon-purkutyot-jatkuvat-koko-kesan-lahes-puolet-tilalle-tulevista-asunnoista-jo-varattu-23767396>>. Luettu 13.1.2017.

Ahonen, Pauli. 2015. Laserkeilaus, laserkeilausmittauksen suorittaminen ja pistepilven käsittelyohjelmien vertailu. Insinööriyö. Saimaan ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Lappeenranta.

Aluehallintovirasto. 2015. Työpaikkatiedote 1/2015. Tampere.

Arch2O. 2017. Robots to 3D Print Steel Bridge in Mid-air. <<http://www.arch2o.com/robots-to-3d-print-steel-bridge-in-mid-air-mx3d>>. Luettu 16.4.2017.

Autodesk Ltd. Autodesk BIM360 Field. <<https://bim360.autodesk.com/bim-360-field>>. Luettu 28.1.2017.

Building Departments Hong Kong. 2004. Demolition of buildings. Code of practise. Hong Kong.

Building Smart Finland. 2012. YTV2012. Helsinki.

Caterpillar Ltd. 2017. Innovation news. <<http://www.caterpillar.com/en/news/caterpillar-News/innovation/a-whole-new-reality.html>>. Luettu 7.1.2017.

Delprete Masonry Inc. 2017. Masonry demolition. <<http://www.delpretemasonry.com/tag/masonry-demolition>>. Luettu 13.1.2017.

Demolition and Recycling Equipment. 2017. Dedicated demolition line. <<http://en.demarec.nl/portal/products/dedicated-demolition-line>>. Luettu 13.1.2017.

Demolition Forum. Worker Killed in Building Demolition Collapse. <<http://demolitionforum.com/demolition-news/worker-killed-in-building-demolition-collapse>>. Luettu 31.12.2016.

Demolition Magazine. Osa 44/2016. Boston: National Demolition Association.

Doka Finland Oy. 2017. 3D-suunnittelu. <<https://www.doka.com/fi/solutions/services/3D-planning/3-D-suunnittelu>>. Luettu 16.4.2017.

Drivenmedia. 2017. Quirky News – CEO car is now a van; Dummies in cars; Robot Drives Car. <<http://drivenmedia.com.au/wp/quirky-news-ceo-car-is-now-a-van-dummies-in-cars-robot-drives-car>>. Luettu 13.1.2017.

Eastman, Chuck – Teicholz, Paul – Sacks, Rafael- Liston Eastman Kathleen. 2011. BIM Handbook - A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Engineering.com. 2017. <http://www.engineering.com/BIM/ArticleID/12233/Augmented-Reality-for-Architects-and-Civil-Engineers.aspx>. Luettu 7.1.2017.

Eurooppatiedotus, ulkoasiainministeriö. 2017. <<http://www.eurooppatiedotus.fi/public/default.aspx?contentid=255087&contentlan=1>>. Luettu 13.1.2017.

Eurostat. 2017. <[http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Waste_generation_by_economic_activities_and_households,_2012_\(thousand_tonnes\)_YB15.png](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Waste_generation_by_economic_activities_and_households,_2012_(thousand_tonnes)_YB15.png)>. Luettu 13.1.2017.

EVA. 2016. Robotit töihin. Raportti 2/2016.

Eyelevel Creative Ltd. 2017. Professional Augmented Reality. <<http://eyeviewportal.com/>>. Luettu 11.2.2017.

Geodeettinen laitos. 2017. Paikkatietoikkuna. <https://www.paikkatietoikkuna.fi/c/document_library/get_file?uuid=91cf35d0-fd03-4364-9ae3-a3e9764d4c09&groupId=108478>. Luettu 13.1.2017.

GetReading. Didcot Power Station collapse aftermath - tributes paid to man believed to have died in tragedy. <http://www.getreading.co.uk/news/reading-berkshire-news/didcot-power-station-collapse-aftermath-10940867>. Luettu 31.12.2016.

Blane, Grann. 2012. A Building Information Model (BIM) Based Lifecycle Assessment of a University Hospital Building Built to Passive House Standards. Master's Thesis. Norwegian University of Science and Technology. Department of Energy and Process Engineering. Trondheim.

Green Building Council Finland. 2017. Rakennusten ympäristöluokitukset. <<http://figbc.fi/tietopankki/ymparistoluokitukset/>>. Luettu 28.1.2017.

Haapala, Henri –Tolonen, Niko. 2015. Pelillistämisen osa-alueet ja lähtökohdat. Mobiilipelin suunnittelu ja toteutus Nuorten Keskuksen Moottoripaja-hankkeelle. Insinööriyö. Oulun Ammattikorkeakoulu. Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma. Oulu.

Harri, Elias- Välimäki, Vesa. 2015. Sisätilapaikannusjärjestelmän käytettävyyks kontaminoituneessa tilassa. Insinööriyö. Turun ammattikorkeakoulu. Tietotekniikan koulutusohjelma. Turku.

Heganorn, Tim. 2017. Robot Excavator. <<https://www.youtube.com/watch?v=cVvMkBYHfU>>. Luettu 13.1.2017.

Hietanen, Jiri. 2005. Tietomallit ja rakennusten suunnittelu. Helsinki: Rakennustieto Oy.

HISER-project. 2017. <<http://hiserproject.eu/>>. Luettu 13.1.2017.

Husqvarna AB. 2017. Demolition robots, using the different tools. <<https://www.husqvarnacp.com/us/support/user-guides/demolition-robots/using-the-different-tools/>>. Luettu 13.1.2017.

Jävälä, Päivi – Lehtoviita, Timo. 2016. Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Koski, Jarkko. 2012. Maalaserkeilaimen pistepilvien georeferoinnin vertailu. Insinööriyö (YAMK). Metropolia Ammattikorkeakoulu. Rakentamisen koulutusohjelma. Helsinki.

Kuljetusliike Aaltonen Oy. 2017. Purkutyöt. <<http://www.kuljetusliikeaaltonen.fi/purkutyot>>. Luettu 13.1.2017.

Larionova, Svetlana. 2009. Väyläsuunnittelu ja väylän geometria- ja viivamallin. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Maanmittaustekniikan koulutusohjelma. Helsinki.

Leica Geosystems AG. 2017. Leica Machine Control Solutions. <http://www.leica-geosystems.fi/downloads123/zz/machine/general/brochures/Leica_MC_Solution_BRO_fi.pdf>. Luettu 13.1.2017.

Liikennevirasto. 2012. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä. Laserkeilauksen käyttö liikennetunneleiden kunnossapidon hallinnassa. Helsinki: Liikennevirasto.

LinkedIn. 2017. Let's Build An Augmented Reality App on Microsoft HoloLens . <<https://www.linkedin.com/pulse/lets-build-augmented-reality-app-microsoft-hololens-lydia-neo>>. Luettu 11.2.2017.

Academy of Sciences and Literature of Mainz. 2017. Terrestrial Laser Scanning. <<http://www.spatialhumanities.de/en/ibr/technology/terrestrial-laserscanning.html>>. Luettu 13.1.2017.

Nieminen, Juha-Matti. 2011. Koneohjaus maanrakennustyössä. Insinööriyö. Saimaan Ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Lappeenranta.

Novatron Oy. 2017. Kaivinkoneen 2D- ja 3D-ohjausjärjestelmät-esite. Pirkkala.

Onnettomuustutkimuskeskus. 2015. Purettavan sillan sortuminen Mikkelissä 15.6.2015 . Helsinki: Onnettomuustutkimuskeskus.

Opetushallitus. 2017. Kunnossapito. Menestystekijä. <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_1-1_mita_on_kunnossapito.html>. Luettu 28.1.2017.

Oulun kaupunki, Tampereen kaupunki. 2010. Tietomallit ja koneohjaus katuhankkeissa. TEKES loppuraportti. Oulu.

PERI Suomi Ltd Oy. PERI CAD Software. <<https://www.perisuomi.fi/tuoteet/sovellukset-ja-tyokalut/peri-cad.html>>. Luettu 16.4.2017.

Profox Companies Ltd. 2017. Projektikoordinaatio. <<http://www.profox.com/projekti-koordinointi>>. Luettu 28.1.2017.

Rakennustieto Oy. 2014. Konsulttitoiminnan yleiset sopimusehdot 2013. RT 13-11143 . Helsinki: Rakennustieto Oy.

Rakennustietosäätiö. 2012. RATU 0406. Piikkaus, paikkaus, timanttiporaus ja -sahaus . RATU-kortisto. Helsinki: Rakennustietosäätiö ry.

Rakennustietosäätiö ry. 2009. RATU 5009. Purkutoimenpiteet ja – sopimus. Helsinki: Rakennustietosäätiö ry.

Rakennustietosäätiö ry. 2009. RATU 1221-S. Purkusuunnitelma ja purkutöiden tehtäväsuunnittelu. Helsinki: Rakennustietosäätiö ry.

Rakennustietosäätiö ry. 2011. Rakentajain kalenteri 2011. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS, Rakennustieto Oy, Rakennusmestarit ja Insinöörit AMK RKL ry.

Snellman, Viivi. 2014. Resurssitehokas tietomallintaminen rakentamishankkeiden luonnos- ja toteutussuunnitteluvaiheessa. Tutkielma. Aalto University Professional Development – Aalto PRO. Espoo.

Safe work Australia. 2013. Demolition work. Code of Practice. Canberra: Safe Work Australia.

Sandvik Mining Oy. 2015. Mine vehicle and method of determining position and direction of monitored object. <<http://patents.justia.com/patent/20160341041>>. Luettu 16.4.2017.

Sosiaali- ja terveysministeriö. 2002. Työturvallisuuslaki. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738#a738-2002>>. Luettu 13.1.2017.

Sosiaali- ja terveysministeriö. 2015. Laki eräistä asbestipurkutyötä koskevista vaatimuksista. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150684?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=684%2F2015>>. Luettu 13.1.2017.

Stilman, Mike – Michel, Philipp – Chestnutt, Joel – Nishiwaki, Koichi – Kagami, Satoshi – Kuffner, James. 2005. Augmented Reality for Robot Development and Experimentation. Carnegie Mellon University. The Robotics Institute. Pittsburgh.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL. 2013. RIL 216–2013 Rakenteiden ja rakennusten elinkaaren hallinta. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2017. ISO 14000 Ympäristöjohtaminen. <http://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/tuotteet_valokeilassa/iso_14000_ymparistojohdaminen>. Luettu 28.1.2017.

Suomen standardisoimisliitto SFS ry. Turvallisia robotteja teollisuuteen ja henkilökohtaiseen hoitoon. <https://www.sfs.fi/files/7728/robotit_ville_saloranta.pdf>. Luettu 16.4.2017.

Tohka, Jussi. 2012. Johdatus hahmontunnistukseen. Tampereen teknillisen yliopiston signaalinkäsittelyn laitoksen moniste. Tampere.

Valjus, Juha – Varis, Markku – Penttilä, Hannu. 2007. Tuotemallintaminen rakennussuunnittelussa. Tampere: Rakennustieto Oy.

Työterveyslaitos. 2009. Rakennusalan terveys ja turvallisuus 2000-luvulla. Rakennusalan riskiprofiili. Helsinki: Työterveyslaitos.

Valmet Oy. 2017. Augmented reality re-defines predictive maintenance. <<http://www.valmet.com/media/articles/all-articles/augmented-reality-re-defines-predictive-maintenance/>>. Luettu 7.1.2017.

Xiangyu, Wang. 2009. Augmented Reality in Architecture and Design. International journal of architectural computing. Issue 02, Volume 07.

Wikipedia. 2017. Lisätty todellisuus. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Lis%C3%A4tty_todellisuus>. Luettu 3.2.2017.

Wikipedia. 2017. Automaatio. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Automaatio>>. Luettu 6.1.2017.

Wikipedia. 2017. Total station. <https://en.wikipedia.org/wiki/Total_station>. Luettu 16.4.2017.

Wikipedia. 2017. Robottiauto. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Robottiauto>>. Luettu 13.1.2017.

Wikipedia. 2017. Tietokanta. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Tietokanta>>. Luettu 14.1.2017.

Wikipedia. 2017. Virtuaalitodellisuus. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Virtuaalitodellisuus>>. Luettu 3.2.2017.

Wikipedia. 2017. Melbourne Gaol demolition. <https://en.wikipedia.org/wiki/File:Melbourne_Gaol_demolition.jpg>. Luettu 13.1.2017.

Virtuaalimaailma. 2017. Virtuaalitodellisuus – rakentaminen, arkkitehtuuri ja suunnittelu. <<http://www.virtuaalimaailma.fi/virtuaalitodellisuus-rakentaminen-arkkitehtuuri-suunnittelu/>>. Luettu 11.2.2017.

Volvo Construction. 2017. Volvo Prototype HX1 Autonomous, Battery-electric Load Carrier. <https://www.youtube.com/watch?v=69_hBrjSF-o>. Luettu 13.1.2017.

Ympäristöministeriö. 2011. Jätelaki. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110646>>. Luettu 13.1.2017.

Ympäristöministeriö. 1999. Maankäyttö- ja rakennuslaki. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Youtube. 2017. Hololens On Site – Portalen. <<https://www.youtube.com/watch?v=EUNdUajGttc>>. Luettu 11.2.2017.

Purkutyön suunnittelu tietomallintamalla - ohje.

Ohje tietomallipohjaiseen purkutyön suunnitteluun tilaajille, rakennuttajille, rakennesuunnittelijoille ja urakoitsijoille.

PURKUTYÖN SUUNNITTELU TIETOMALLINTAMALLA

**OHJE TIETOMALLIPOHJASEEN PURKUTYÖN SUUNNITTELUUN TILAAJILLE,
RAKENNUTTAJILLE, RAKENNESUUNNITTELIJOILLE JA URAKOITSIJOILLE**



[DRAFT]

[DOKUMENT NR]

2017-04-08

SWECO RAKENNETEKNIikka OY

EELON LAPPALAINEN

Muutosluettelo

VER.	PÄIVÄYS	MUUTOS KOSKEE	TARKASTETTU	HYVÄKSYTTY

1.1.1

Ohjeen sisältö

Hankesuunnitteluvaiheen tehtävät

- lähtötietojen keruu
- häirtä-ainetutkimusten hankinta
- purkutyöohjelman laadinta
- turvallisuusasiakirjan laadinta
- laserkeilauksen hankinta
- inventointimallinnuksen hankinta
- työtilan perustaminen

Rakennesuunnitteluvaiheen tehtävät

- hankesuunnitteluvaiheen purkutyöohjelman läpikäynti
- rakennejärjestelmäselvitys
- alustavien purkutyövaiheiden määrittäminen
- stabiiliteetin tutkiminen purkutyövaiheittain
- alustavan tuentasuunnitelman laadinta
- laadittujen purkutyösuunnitelmien tarkastus ja hyväksyntä

Purkutyön toteutusvaiheen tehtävät

- purkutyöurakoitsijan avustaminen purkutyösuunnitelman laadinnassa
- purkutyösuunnitelman rakennetekninen tarkastaminen ja kommentointi
- yhteydenpito työmaahan

Sisältö

1	Hankesuunnitteluvaiheen tehtävät	1
1.1	Lähtötietojen keruu	1
1.2	Haitta-ainetutkimusten hankinta	1
1.3	Purkutyöohjelman laadinta	2
1.4	Turvallisuusasiakirjan laadinta	3
1.5	Laserkeilauksen hankinta	4
1.6	Inventointimallinnuksen hankinta	4
1.7	Työtilan perustaminen	5
2	Rakennesuunnitteluvaiheen tehtävät	6
2.1	Hankesuunnitteluvaiheen purkutyöohjelman läpikäynti	6
2.2	Rakennejärjestelmäselvitys	6
2.3	Alustavien purkutyövaiheiden määrittäminen	6
2.4	Stabiliteetin tutkiminen purkutyövaiheittain	6
2.5	Alustavan tuentasuunnitelman laadinta	7
2.6	Laadittujen purkutyösuunnitelmien tarkastus ja hyväksyntä	7
3	Purkutyön toteutusvaiheen tehtävät	8
3.1	Purkutyöurakoitsijan avustaminen purkutyösuunnitelman laadinnassa	8
3.2	Purkutyösuunnitelman rakennetekninen tarkastaminen ja kommentointi	8
3.3	Yhteydenpito työmaahan	8

2 Hankesuunnitteluvaiheen tehtävät

2.1 Lähtötietojen keruu

Lähtötietojen keruu tehdään tietomallipohjaisessa purkutyösuunnittelussa hyödyntämällä laserkeilausta. Laserkeilauksen pohjalta laaditaan halutulla tarkkuudella inventointimalli tai hyödynnetään pelkästään laserkeilausdataa.

Laserkeilauksen ja inventointimallin lisäksi lähtötietoina kerätään:

- saatavilla olevat rakennus- ja rakennesuunnitelmat
- käyttö- ja muutoshistoriatiedot
- haitta-aineiden sijanti ja laatu

Kerätyt lähtötiedot liitetään laadittuun inventointimalliin. Haitta-ainetiedot viedään tietomallin objekteihin attribuuttitietona. Inventointimalli laaditaan Revit-ohjelmiston avulla, esimerkiksi Sweco Asiantuntijapalveluiden tuottamana.

2.2 Haitta-ainetutkimusten hankinta

Haitta-ainetutkimusten perusteella tietomallissa oleviin rakenneseisiin liitetään haitta-aineita koskevaa tietoa, joka saadaan näkyviin erilaisiin taulukoihin, määräluetteluihin sekä tietomallista tuotettaviin piirustuksiin ja kaavioihin.

Haitta-ainetutkimusta hankittaessa on tutkimuksen suorittamiseen liitettävä seuraavia ehtoja, jotta tutkimustuloksien siirtäminen tietomalliin olisi mahdollisimman vaivatonta:

- haitta-ainetutkimuksen näytteiden sijainnit tulee merkitä selkeästi rakennuksen pohjakuvaan
- näytteenottokohdat tulee numeroida ja taulukoida
- jokaisen näytteenottokohdan sijainnista otetaan valokuva, jossa näytteen numero selkeästi esim. A4-kokoisella paperilla
- kaikki tutkimusaineisto on toimitettava pdf-muodossa, jotta aineisto saadaan linkitettyä tietomallin objekteihin

Edellä esitettyjen tietojen avulla näytteet saadaan kohdennettua laserkeilauksen avulla tietomallin objekteihin.

Muilta osin noudatetaan normaalia haitta-ainetutkimusmenettelyä ja raportointia.

Mikäli kohde sisältää puhdistettavia maa-aineksia, tulee tietomalliin lisätä riittävällä tarkkuudella maaperämalli, josta saatavia tietoja voidaan yhdistää puhdistustyön laadunvarmistukseen. Maaperämallin laatii kohteen PIMA-konsultti tai geotekninen suunnittelija. Maaperämallin ja tietomallin välinen tiedonsiirtoformaatti on sovittava osapuolten välillä hyvissä ajoin.

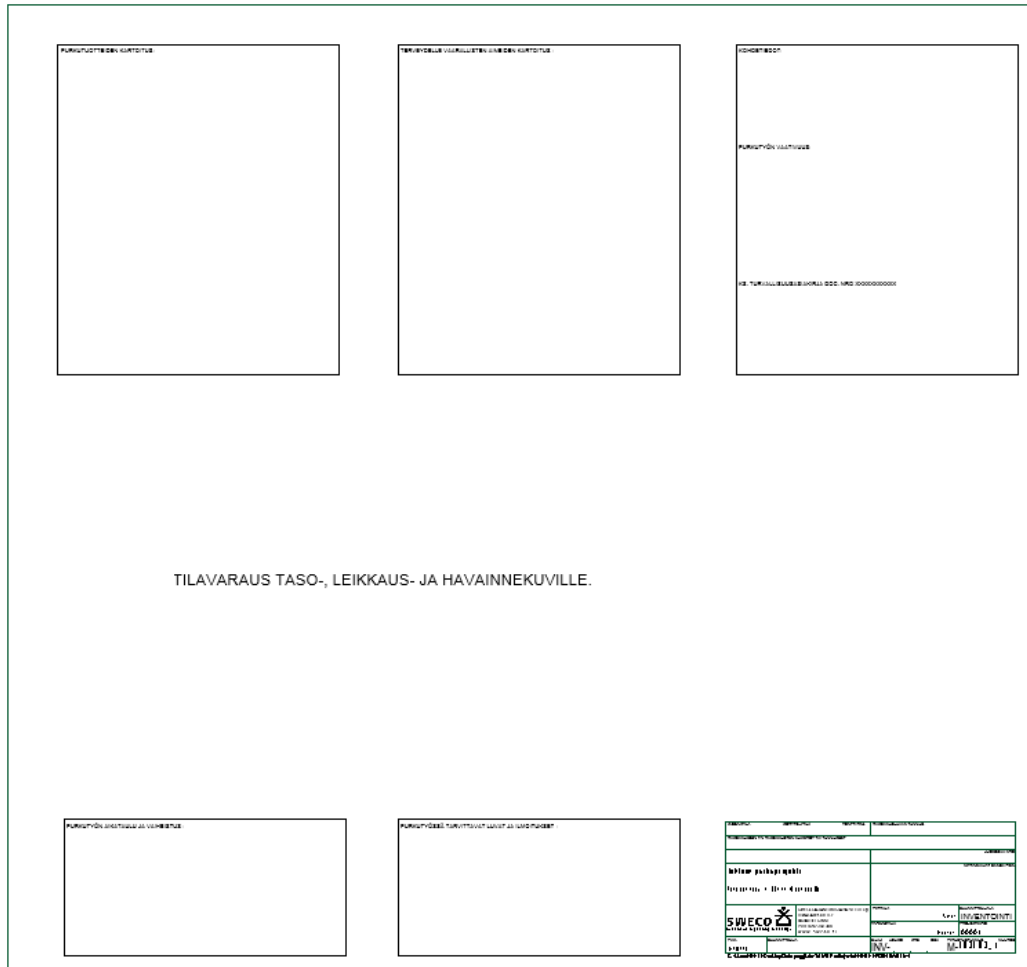
2.3 Purkutyöohjelman laadinta

Purkutyöohjelma laaditaan inventointimallista. Purkuohjelmaa varten laaditaan oma A1-kokoinen piirustusarkki, johon siirretään seuraavalla tavalla nimetyt näkyvät tietomallista:

1. Kohdetiedot
 - tiedot esitetään nimiössä ja lyhyessä selostusosassa nimiön yläpuolella
2. Terveydelle vaarallisten aineiden kartoitus
 - lista laadituista haitta-ainekartoituksista ja linkki työtilaan
3. Purkutuotteiden kartoitus
 - purettavien materiaalien listaus, taulukkona tietomallista
 - taulukossa materiaalikohtaisesti esitetty sijoituspaikka ja kierrätysmahdollisuus
4. Purkutyön vaativuus
 - rakennesuunnittelijan määrittämä purkutyön vaativuustaso, esitetään nimiön yläpuolella olevassa selostusosassa
5. Turvallisuusasiakirja
 - Erillinen asiakirja, suunnitelmaan viittaus turvallisuusasiakirjaan, esitetään nimiön yläpuolella sijaitsevassa selostusosassa
6. Ilmoitukset ja luvat
 - taulukkomuodossa tarvittavat luvat ja ilmoitukset sekä vastuuhenkilöt lupien hakemisen osalta
7. Purkutyön aikataulu
 - taulukkomuodossa purkutyön alustava aikataulu, ml. tarvittava lupaprosessi

Kaupallisia asiakirjoja, kuten tarjouspyyntö ja sopimusasiakirjat, ei sisällytetä tietomallin kautta tehtävään purkutyöohjelmaan. Tarjouspyyntö ja sopimusasiakirjat laaditaan erillisinä dokumentteina tilaajan tai rakennuttajakonsultin toimesta ja tallennetaan hankkeen työtilaan varattuun kansioon.

Seuraavalla sivulla olevassa kuvassa on esitetty malli tietomalliin laaditun purkutyöohjelman piirustusarkin asettelusta.



Kuva 1. Purkutyöohjelman asettelu piirustusarkille.

2.4 Turvallisuusasiakirjan laadinta

Turvallisuusasiakirja laaditaan erilliselle dokumentille, joka tallennetaan hankkeen työtilaan sille varattuun kansioon. Dokumentti voidaan tuottaa inventointimalliin laaditun dokumenttipohjan avulla, jolloin siihen voidaan liittää asiakirjassa olennaisesti edellytetyjä tietoja mm. terveydelle vaarallisista aineista, tuenta- ja sortumavaaroista, maapohjan kantavuustietoja sekä esittää erilaisina aluerajauksina ympäristön työlle aiheuttamia vaara-alueita.

Purkutyöohjelmaan kuuluvia ilmoituksia ja lupia varten pilvipalveluun varataan oma kansionsa. Tietomalliin ja hankkeen työtilaan voidaan siirtää rakennusvalvonnan purkulupaan liittyvien ehtojen tarkistamista vaativia tarkastus-hyväksyntä-menettelyjä.

Tietomallista lasketaan Väestörekisterikeskukselle tarvittavat laajuustiedot rakennuksen poistumailmoitusta varten, purkujätteen määrällimoitukseen tarvittavat tiedot ja mahdolliseen ympäristölupaan tarvittavat laajuustiedot.

2.5 Laserkeilauksen hankinta

Laserkeilaus hankitaan standardin PSK 3402 (Laserkeilauksen ja mallinnuksen hankinta teollisuudessa. 2013) mukaisesti, käyttäen hankinnassa liitettä "Laserkeilauksen ja mallintamisen hankintalomake".

2.6 Inventointimallinnuksen hankinta

Inventointimallinnus tulee hankkia samaan aikaan laserkeilauksen kanssa. Inventointimallinnuksen hankinnassa tulee varmistaa seuraavat seikat:

- luettelo rakennusosista ja/tai järjestelmistä, joita ei päästä keilaamaan ja joita ei mallinneta
- luettelo rakennusosista ja/tai järjestelmistä, joita ei päästä keilaamaan ja jotka mallinnetaan lähdeaineiston avulla (esim. vanhat rakennepiirustukset)
- selkeä toimitusraja (esim. "tontin raja" tai "8m rakennusten ulkoseinälinjasta ulospäin")
- koordinaatiston määrittäminen ja sidontapisteet
- lopputuotteen määrittäminen
 - o laserkeilaus
 - rekisteröitynä pistepilvitiedostona PTX-formaatissa (värillinen)
 - Recap-projektitiedostona
 - indeksikartta keilausasemista
 - tarkkuus/toleranssit (kohina, resoluutio)
 - keilausasemien alustava määrä
 - mittausaikataulu
 - aineiston katselmointi ja luovutus
 - o inventointimalli
 - Revit-tiedostona
 - IFC-tiedostona (IFC 2x3)
 - rakennusosien nimeäminen TALO-2000-järjestelmän mukaisesti

- purkusuunnittelussa ja haitta-aineiden kartoituksen hyödyntämisessä tarvittavien attribuuttien määrittäminen ja luominen
- alkuperäisistä rakennussuunnitelmista ja haitta-ainetutkimuksista saadun haitta-ainetiedon siirtäminen tietomallin objekteille
- tarkkuus/toleranssit
- mallinusaikataulu
- kuvaus edellyttävästä laadunvarmistuksesta
- vaatimus tietomalliselosteen käytöstä (YVT)
- aineiston katselmointi ja luovutus

2.7 Työtilan perustaminen

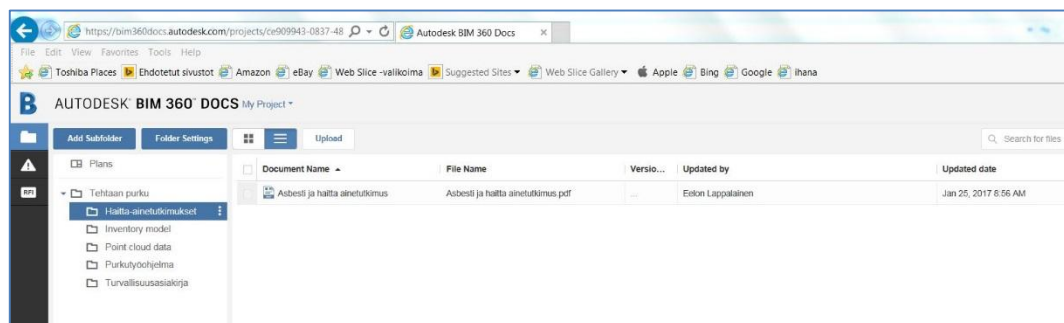
Hankkeelle perustetaan työtila Autodeskin BIM360 DOCS-sovellukseen tai Trimble Connect-sovellukseen, joka mahdollistaa tietomallin hyödyntämisen laajasti eri päätelaitteilla. Käytettävässä pilvipalvelussa on oltava offline-ominaisuus, joka mahdollistaa ohjelmiston käytön myös alueilla, joissa verkkoyhteydet ovat huonot (esim. purettavan kohteen kellaritilat).

<http://www.autodesk.fi/360-cloud>

<http://connect.trimble.com/>

Ota yhteyttä Swecon IT:hen, joka ohjeistaa työtilan perustamisessa hankkeelle. Työtilan kustannuksista on sovittava asiakkaan kanssa projektin aloituspalaverissa ennen työtilan perustamista.

Työtilaan luodaan selkeä hakemistorakenne, jonka luomiseen voi hyödyntää Sweco@workissä olevia valmiita hakemistorakennemalleja, purkutyöhankkeeseen soveltaen.



Työmaalla tehtäviä tutkimuksia ja käyttöhistorian tietoja varten varataan sovellukseen oma kansionsa. Nämä tiedot ovat sovelluksen kautta myös rakennuttajan ja tulevan purkutyömaan vastuuhenkilöiden käytettävissä ja täydennettävissä kokoa hankkeen ajan.

3 Rakennesuunnitteluvaiheen tehtävät

3.1 Hankesuunnitteluvaiheen purkutyöohjelman läpikäynti

Rakennesuunnitteluvaihe aloitetaan käymällä hankesuunnitteluvaiheessa laadittu purkutyöohjelma huolellisesti läpi. Purkutyöohjelman läpikäynnistä laaditaan lyhyt muistio, johon rakennesuunnittelija kirjaa jatkosuunnittelun kannalta oleelliset havainnot ja mahdolliset puutteet lähtötiedoissa. Muistio tallennetaan hankkeen työtilaan.

3.2 Rakennejärjestelmäselvitys

Rakennesuunnittelija selvittää kohteessa käytetyt rakennejärjestelmät ja laatii selvityksestä rakennejärjestelmäselostuksen, joka tallennetaan hankkeen työtilaan. Rakennejärjestelmäselostuksessa hyödynnetään kohteeseen mahdollisesti rakennusvaiheessa laadittuja rakennejärjestelmäselostuksia.

3.3 Alustavien purkutyövaiheiden määrittäminen

Purkutyön suunnittelu edellyttää rakennesuunnittelijalta työvaiheiden tunnistamista ja käyttämistä. Tietomalliin tulee viimeistään tässä vaiheessa laatia purkutyön alustavat vaiheet, jotta tietomallia voidaan muokata tehokkaasti ja vaiheittainen eteneminen ja tarvittaessa mahdolliset lyhyet työ-vaiheanimaatiot olisi mahdollista toteuttaa.

Vaiheiden käyttö tulisi suunnitella siten, että niiden jatkokäyttö ja muokattavuus urakoitsijan tekemässä työvaihesuunnittelussa olisi mahdollisimman vaivatonta. Rakennesuunnittelussa yleisesti käytössä olevissa ohjelmistoissa on vapaita attribuutteja, joilla rakennesuunnittelija voi jakaa purettavia ja tuettavia rakennusosia erilaisiin vaiheisiin.

Vaiheiden nimeämiseen kannattaa kiinnittää huomioita vastaavalla tavalla kuin uudiskohteessa, vaiheiden selkeät ja helposti tunnistettavat nimet nopeuttavat ja helpottavat tietomallin jatkokäyttö ja vähentää tulkintavirheitä.

Purkutyövaiheiden nimeämislogiikan tulee mahdollistaa myöhemmin urakoitsijan toimesta tehtävä vaiheiden muuttaminen ja vaiheiden poistaminen sekä lisääminen.

Suosittelavin tapa nimetä purkutyövaiheet on käyttää TALO2000-nimikkeistöä yhdistettynä lohkoihin, kerroksiin ja moduulin rajaamiin alueisiin. Liikuntasauomalohkojen käyttäminen on myös mahdollista.

3.4 Stabiiliteetin tutkiminen purkutyövaiheittain

Stabiiliteetin tutkiminen purkutyövaiheessa on ”käänteinen” rakennesuunnittelutehtävä. Rakennesuunnittelijan on käytävä läpi purkamisen kaikki työvaiheet ja varmistettava, että rungon ja rakenteiden stabiiliteetti säilyy koko purkamisen ajan. Rakenne ei saa muuttua hallitsemattomaksi mekanismiksi missään purkutyön vaiheessa. Erityisen vaativaksi purkutyön rakennesuunnitteluvaiheen tekee rakennusten ikääntymiseen liittyvät ilmiöt (rapautuminen, korroosio, kosteusvauriot).

3.5 Alustavan tuentasuunnitelman laadinta

Purkutyössä tarvittavat rakenteiden tuennat ja suojaukset voidaan tietomallissa esittää useilla tavoilla. Alla on esitetty kolme tyypillistä tapaa esittää tuennat ja suojaukset:

Tuentasuunnitelma, tapa 1 (rakennesuunnitelma)

Tietomallin kautta tapahtuvassa tuentasuunnittelussa rakennesuunnittelija mallintaa tuentaan tarvittavat rakenteet. Suositeltavaa on mallintaa tuentaan tarvittavat rakenteet selkeästi eri tasoille (mikäli mallinnusta tehdään suoraan inventointimalliin) tai mieluiten täysin omaan, erilliseen tuentamalliin, jolloin inventointimallia käytetään tuentamallissa referenssimallina. Erillisen mallin käyttäminen vähentää esimerkiksi määrälaskennassa syntyvien tulkintavirheiden mahdollisuutta.

Tuentasuunnittelu tavanomaisilla teräs- ja puurakenteilla ei juuri eroa normaalista rakennesuunnittelutyöstä. Tukitelineiden ja tehdasvalmisteisten tukirakenteiden osalta hyödynnettävissä on tukitelineiden valmistajilta saatavat 3d-tiedostot. Mikäli 3d-aineistoa ei ole valmiina, joudutaan jossain tapauksissa mallintamaan tukirakenteita 2d-dokumentaatiosta rakennesuunnittelijan toimesta.

Tuentasuunnitelma, tapa 2 (viitesuunnitelma)

Tässä tavassa rakennesuunnittelija laatii viitteellisen tuentasuunnitelman, joka toimii lähtötietona lopullisen tuentarakenteen suunnittelevalle valmisosatoimittajalle. Valmisosatoimittajat ovat erikoistuneet esimerkiksi omiin tukitornijärjestelmiinsä ja ovat kehittäneet mm. laskenta- ja 3d-mallinnusohjelmistoja teline- ja tuentajärjestelmien mitoittamiseen ja mallintamiseen.

Valmisosatoimittajan tulee hyväksyttää ja esittää laatimansa tuentasuunnitelmat sekä laaditut laskelmat kohteen vastaavalle rakennesuunnittelijalle, joka tarkistaa, että tuentasuunnitelma noudattaa riittävällä tarkkuudella viitesuunnitelmaa ja purkutyö voidaan tuoteosasuunnitelmalla turvallisesti suorittaa.

Viitesuunnitelmaa käyttämällä tietomallissa voidaan esittää hyvin karkea tilavarausobjekti tai karkeampia tietomalliobjekteja. Lopullisen valmisosatoimittajan laatima 3d-malli tuentasta siirretään tietomalliin yleensä referenssinä.

Tuentasuunnitelma, tapa 3 (animaatio)

Kolmas tapa esittää tuentasuunnitelma, on animaatio, jonka voi laatia kohteen rakennesuunnittelija, urakoitsija tai tuennan toimittava ja suunnitteleva valmisosatoimittaja. Animaation etuna voidaan pitää havainnollisuutta sekä työn etenemisen ajallisen etenemisen simulointia. Animaation yhteyteen on yleensä lisättävä selventävää tekstiä tai puhetta. Animaatiota voidaan hyödyntää erityisesti vaativien tukitelineiden kasaamisessa ja purkamisessa.

3.6 Laadittujen purkutyösuunnitelmien tarkastus ja hyväksyntä

Laadittujen suunnitelmien tarkastus- ja hyväksyntämenettelyt tietomallipohjaisessa purkutyön rakennesuunnittelussa tehdään tietomallissa. Tarkastus- ja

hyväksyntämenettelyssä käytettävät attribuutit määritellään projektin alussa. Attribuuteista voidaan tarkastuksen varmentamiseksi tulostaa erilaisia taulukoita ja tulosteita.

Tietomallipohjainen tarkastus- ja hyväksyntämenettely on kuvattava ja kirjattava Sweco@Work:iin.

4 Purkutyön toteutusvaiheen tehtävät

4.1 Purkutyöurakoitsijan avustaminen purkutyösuunnitelman laidinnassa

Turvallisen purkutyön suorittamiseen on useita tapoja ja teknistaloudellisesti parhaimman tuloksen valitseminen edellyttää aina purkutyöhön erikoistuneen työnjohtajan tai purkuruakoitsijan kanssa tehtävää yhteistyötä, joka on aloitettava mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Yhteistyö urakoitsijan kanssa parantaa rakennesuunnitteluvaiheen purkusuunnitelman toteutettavuutta ja vähentää työvaihesuunnittelussa tehtäviä merkittäviä muutoksia hanke- ja rakennesuunnitelmaan.

Tietomallipohjaisessa purkutyösuunnittelussa kaikki osapuolet hyödyntävät tietomallipohjaisia työkaluja ja ohjelmistoja.

4.2 Purkutyösuunnitelman rakennetekninen tarkastaminen ja kommentointi

Purkusuunnitelman rakennetekninen tarkastaminen, kommentointi ja hyväksyntä tehdään tietomallipohjaisessa purkutyösuunnittelussa tietomallissa. Autodeskin ohjelmistoissa kommentointi sekä hyväksynät voidaan tehdä joko suoraan Revitissä (ns. Collaborate-toiminnallisuus), Navisworksissä (nwd-tiedostojen kommentointi ja kommenttien koonti sekä käsittely) tai IFC:tä hyödyntävissä ohjelmistoissa (BimSight, Solibri jne.). Valittu pilvipalvelu linkittää eri ohjelmistojen kommunikaation yhdelle alustalle ("työtilaan").

4.3 Yhteydenpito työmaahan

Sähköposti- ja puhelinliikenteen sekä projektikokousten lisäksi tietomalliprojektissa purkutyöobjekteihin liitetään vuorovaikutteisuus purkutyösuunnittelijan, urakoitsijan sekä tilaajan välillä (ns. Collaborate-toiminnallisuus).

Työnaikainen yhteydenpito ja kommentointi tietomallin kautta toteutetaan vastaavalla tavalla kuin kohdassa 3.2 on esitetty. Työnaikaisessa hyväksyttämässä ja kommunikaatiossa on hyvä käyttää tietomalliin liitettäviä valokuvia.

Kommenttien jatkokäsittely voidaan tietomalliohjelmistojen lisäksi siirtää seurattavaksi esimerkiksi Jira-tehtävienhallintaohjelmistoon tai pilvipalvelussa ylläpidettävään excel-taulukkoon, jolloin kommenttien ja niiden pohjalta sovittujen osapuolten tehtävien edistymän seuranta on avointa ja läpinäkyvää.