



Aalto University
School of Engineering

Rakennushankkeen tuotannon suunnittelu ja ohjaus

Olli Seppänen
Professor of Practice

21.3.2019

Oppimistavoitteet

- **#1** kuvailla eri tuotannon suunnittelun menetelmien erot
- **#2** ymmärtää, miten vaihtelevuus vaikuttaa tuotantoon
- **#3** kuvailla eri tuotannon ohjausmenetelmien erot



Tuotannosuunnittelu / aikataulu

- **Hyvä tuotannonhallinta on edellytys hankkeen onnistumiselle**
- **Aikataulu vaikuttaa hankkeen kustannuksiin, laatuun ja työturvallisuuteen**
- **Suunnittelulla minimoidaan riskit ja parannetaan aikataulun ohjattavuutta**

Suunnittelun tavoitteita

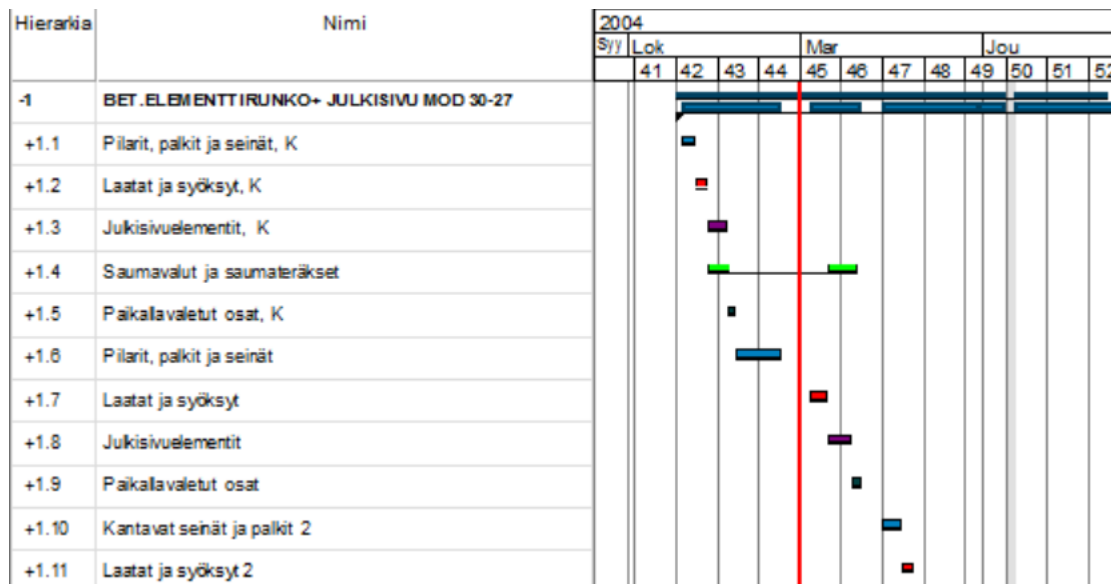
- **Tuottavuuden maksimointi**
 - Jatkuva resurssien käyttö
 - Määriin ja menekkeihin perustuva kesto
 - Tahdistettu tuotanto
 - Yksi työryhmä yhdessä paikassa
- **Riskin minimointi**
 - Samat työryhmät läpi hankkeen
 - Minimoidaan resurssit
 - Riittävästi pelivaroja
- **Toteutuskelpoinen**
 - Oikeat riippuvuudet
 - Resurssirajoitteet otettu huomioon
 - Suunniteltu yhdessä aliurakoitsijoiden kanssa

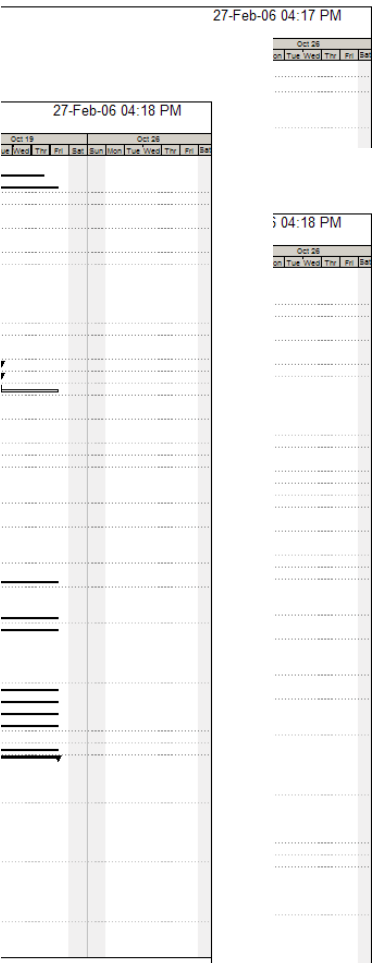
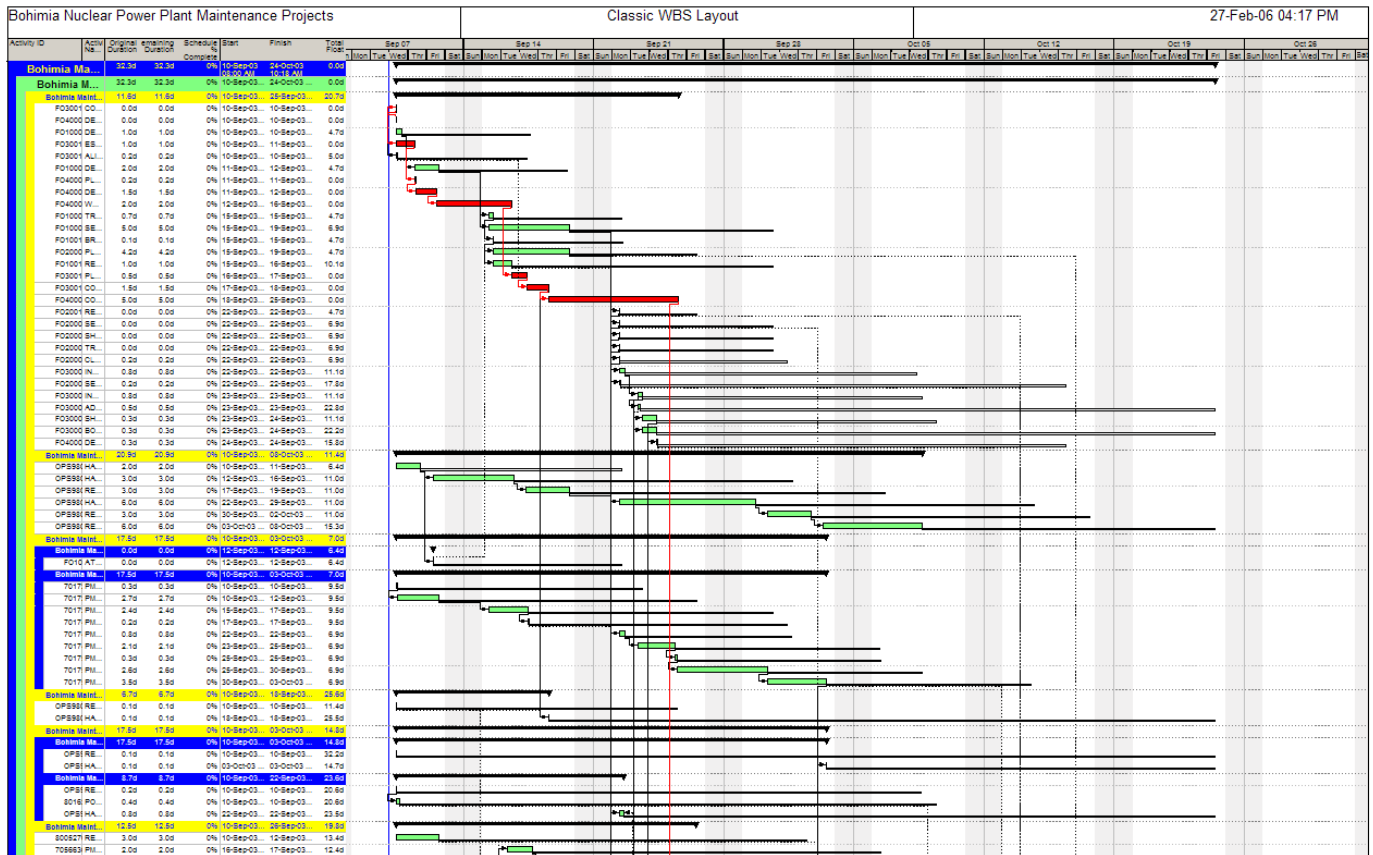
Eri aikataulumuotoja

- **Janakaavio**
- **Kriittisen polun menetelmä (CPM)**
- **Paikka-aikakaavio / vinoviiva-aikataulu**
- **Sijaintipohjainen johtamisjärjestelmä (LBMS – Location-Based Management System)**

Janakaavio

- Henry Ganttin kehittämä 1900 –luvun alussa
- Perinteisin aikataulumuoto
- Pystyakselilla tehtävät, vaaka-akselilla aika





█ Remaining Level of Effort Third Baseline
█ Actual Level of Effort Actual Work

TASK filter: All Activities

(c) Primavera Systems, Inc.

█ Remaining Level of Effort Third Baseline
█ Actual Level of Effort Actual Work

(c) Primavera Systems, Inc.

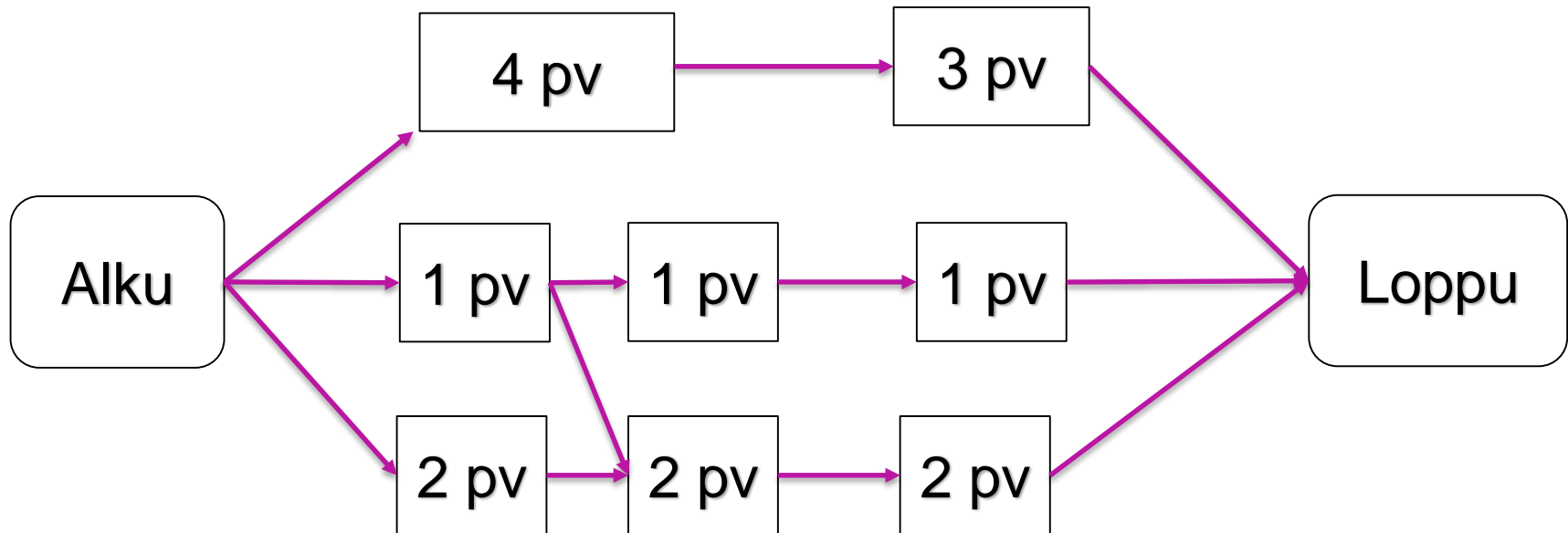
Kriittisen polun menetelmä (CPM)

- Kehitetty USA:ssa 1959-
- Kansainvälisesti käytetyin aikataulusuunnittelun menetelmä
- Suomessa vähän käytetty
- Suurin osa aikatauluohjelmista perustuu CPM-teoriaan

- Teoria perustuu kriittisen polun laskentaan

CPM

- Montako päivää tarvitaan alla olevan projektin valmistumiseen?

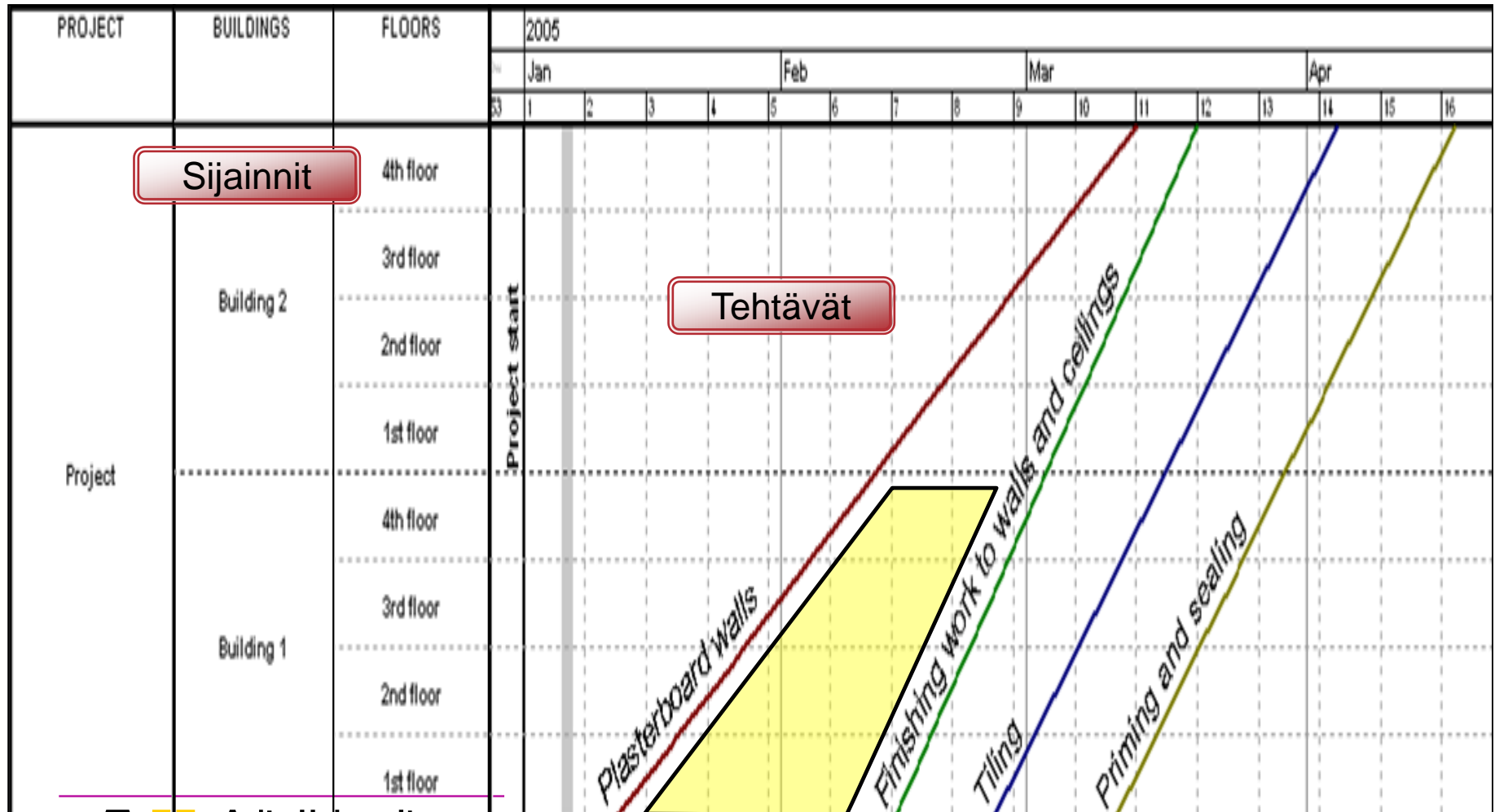


Paikka-aikakaavio / Vinoviiva-aikataulu

- **Ensimmäinen käyttö rakennushankkeessa Empire State Building 1929**
- **Professorit Kiiras ja Kankainen toivat Suomeen 1980 –luvun lopussa (TKK)**
- **Suomessa laajaa käyttöä, muualla maailmassa hajanaista (esim. Brasilia, Turkki ym.)**

Paikka-aikakaavio

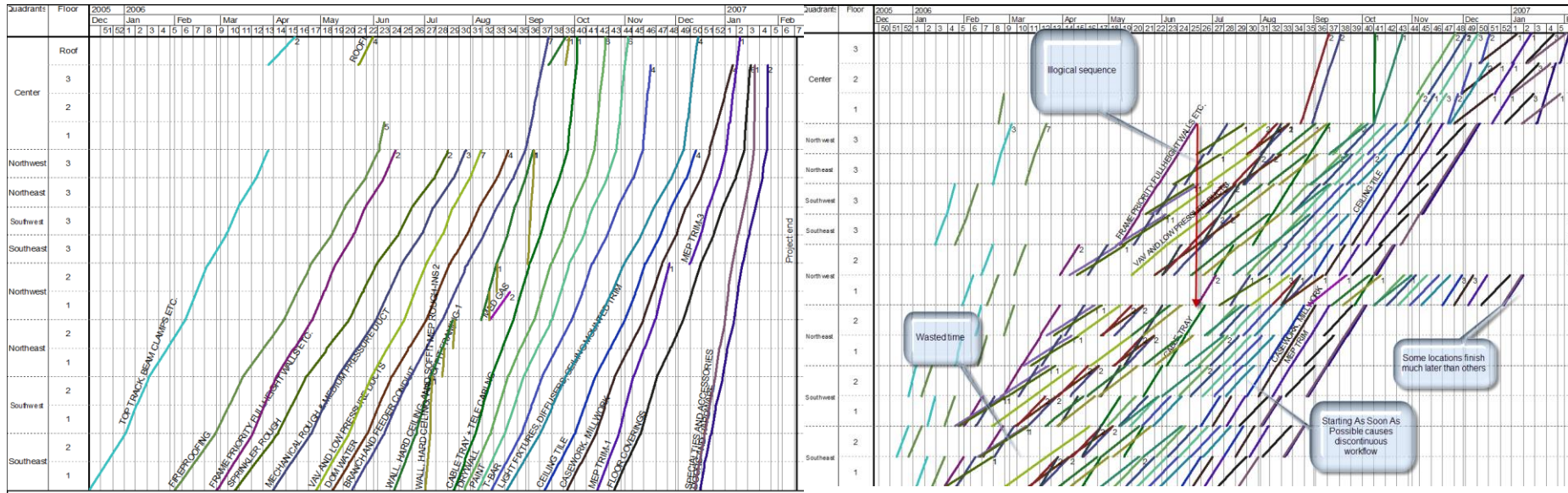
Aika



Sijaintipohjainen johtamisjärjestelmä LBMS

- **Yhdistelmä CPM ja paikka-aikakaavio**
- **CPM –tekniikkaa kehitetty eteenpäin sijaintipohjaiseksi**
- **Mahdollistaa aikataulun optimoinnin**
- **Työkaluja aikataulun ohjaukseen**

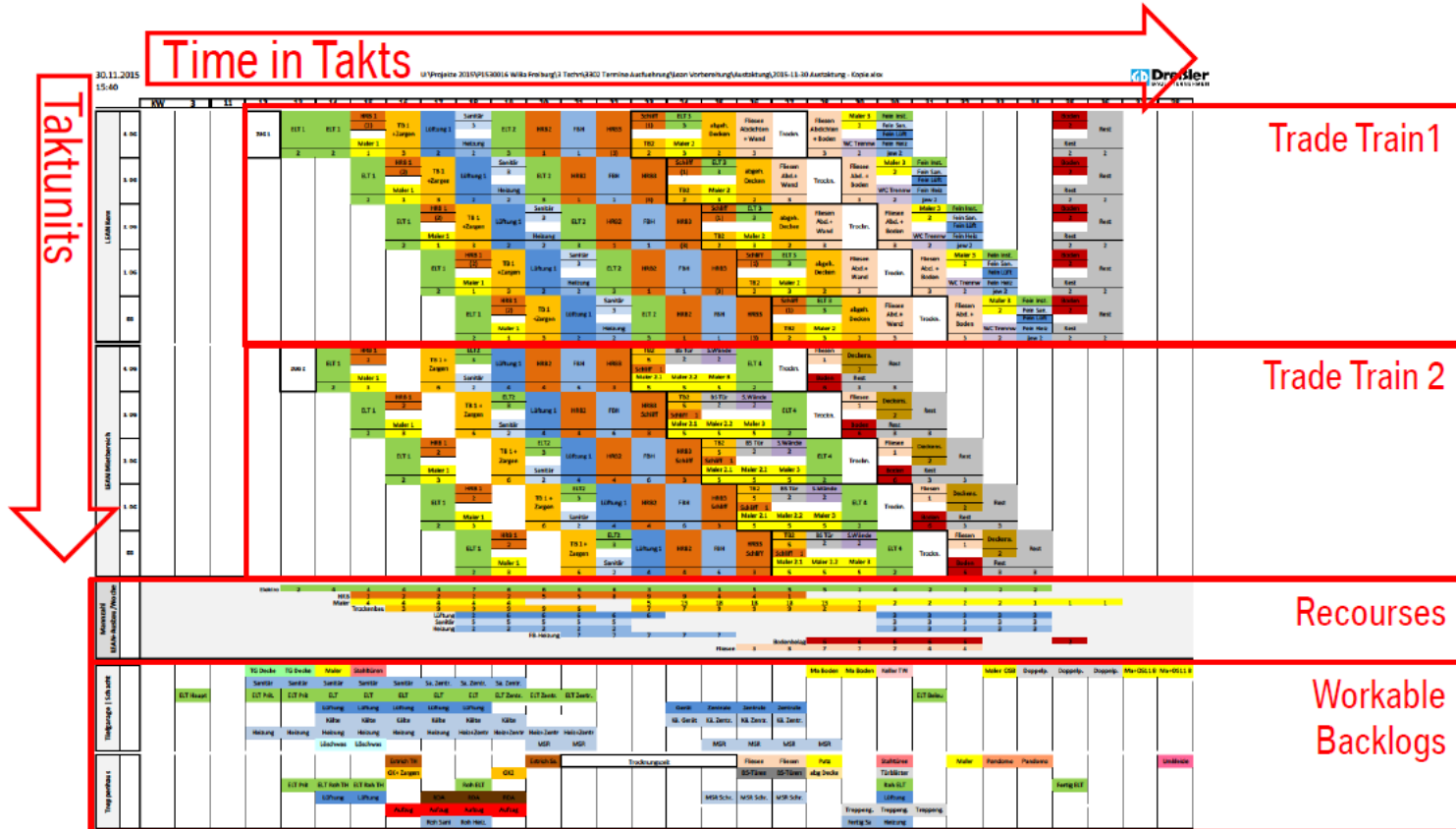
Case Camino medical center



	Location-based schedule					CPM Schedule				
Subcontractor	Max Resource use	Peak resource use	Direct cost (\$)	Mobilization/ Demobilization Cost (\$)	Waiting cost (\$)	Peak resource use	Direct cost (\$)	Mobilization/ Demobilization Cost (\$)	Waiting cost (\$)	
Casework	12	8	185,480	1,280	-	10	231,680	7,680	43,307	
Ceiling tile	12	12	262,320	1,920	-	11	316,320	12,320	118,693	
Doors, frames, hardware	4	4	38,800	640	-	2	76,000	3,413	19,733	
Drywall	20	18	566,920	4,800	120,049	20	738,800	16,960	245,227	
Electrical	12	12	406,000	2,080	2,598	14	494,720	11,840	123,397	
Fireproofing	10	10	291,200	1,600	-	14	271,040	2,240	-	
Flooring	12	12	228,720	1,920	-	18	372,480	12,480	176,960	
Mechanical	16	11	263,400	3,040	19,720	11	409,080	8,000	90,613	
Paint	8	6	126,400	960	-	6	181,760	5,760	106,020	
Plumbing	8	6	104,000	960	-	3	109,480	1,760	14,133	
Specialties	1	1	8,640	160	-	3	49,640	1,493	7,253	
Sprinkler	3	2	59,440	320	-	3	98,000	1,813	37,973	



Tahtisuunnittelu



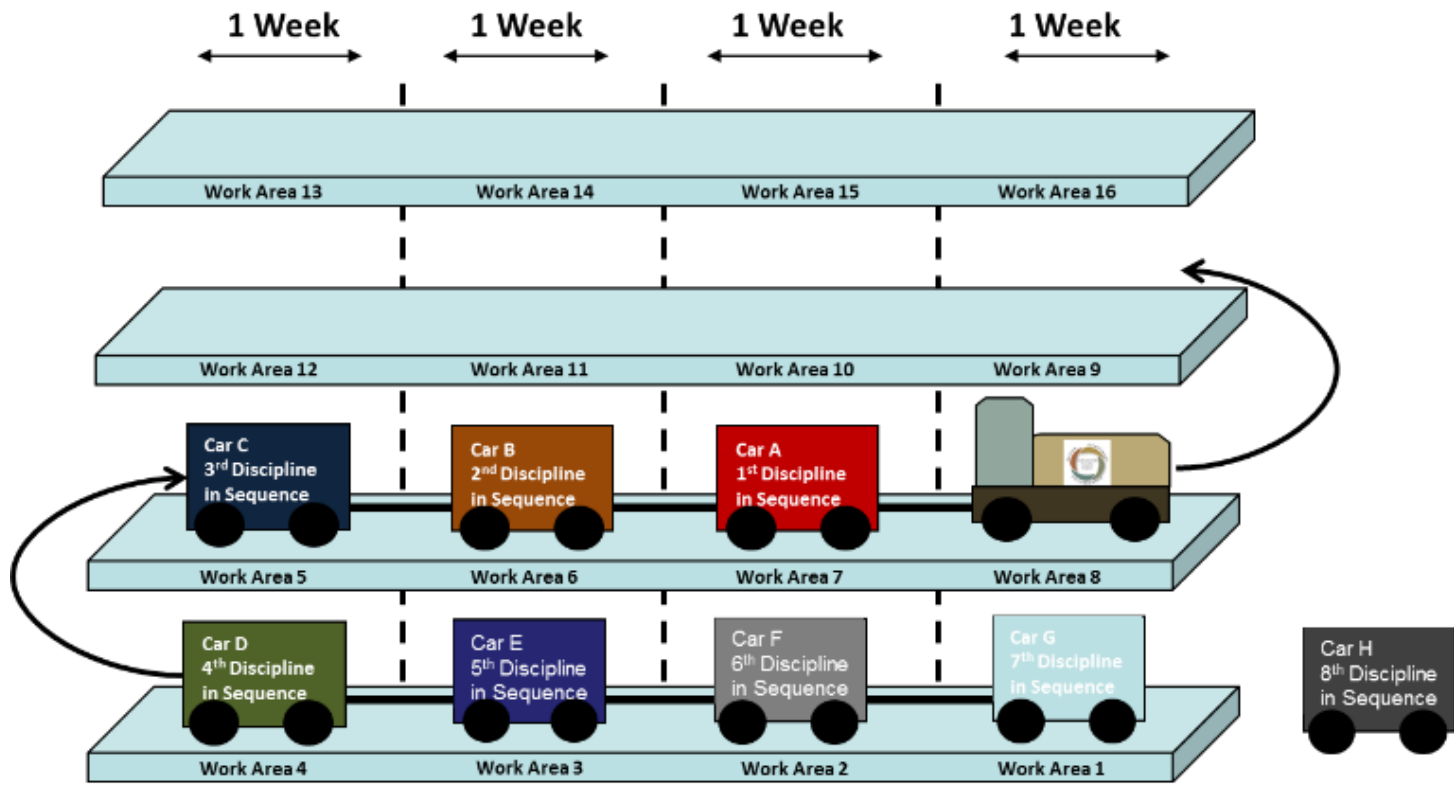
Tahti – loistavia tuloksia muilla aloilla, nyt tulossa rakennusosalalle

- **BMW: 50% rakennuskestojen lyhennys. Uusi automalli vuotta aiemmin markkinoille**
- **Cathedral Hill Hospital, San Francisco: 10% keston lyhennys, 30% tuottavuuden parannus**
- **Skanska Norjassa: 50% keston lyhennys sairaalahankkeessa**
- **Suomessa tehty vielä aika vähän caseja rakentamisessa mutta laivan hyttisaneeraus: tuottavuus 380%, keston lyhennys 73% (Heinonen & Seppänen 2016)**

Esim. Californian sairaalahanke

Tahtituotanto - tahtisuunnittelu

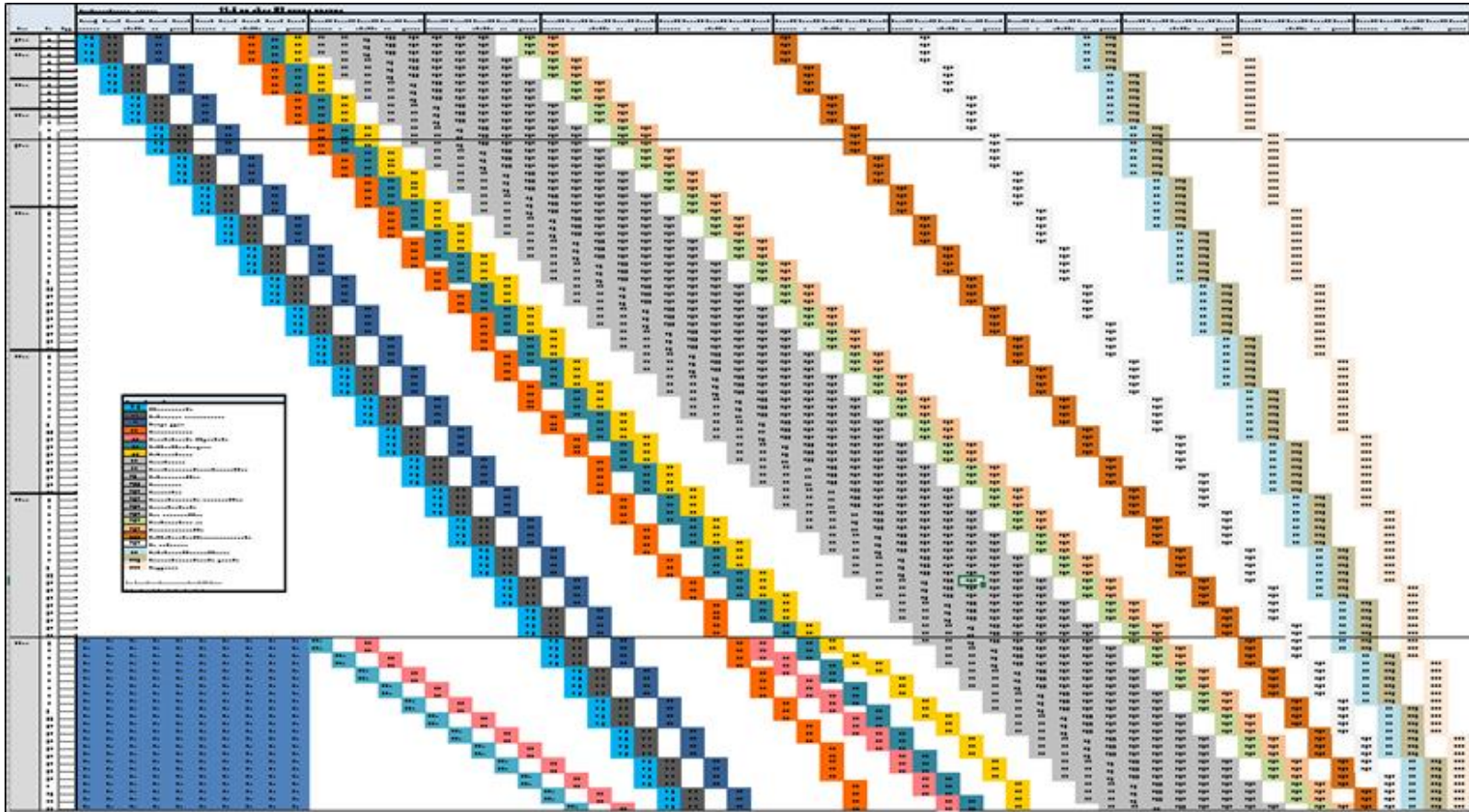
- Kerrokset jaettu alueisiin
- Jokainen urakoitsija saa viikon alueella
- Vain yksi urakoitsija alueella kerrallaan
- Kaikki materiaalitoimitukset vain omalle alueelle
- Juna liikkuu perjantain ja maanantain välisenä aikana – työt valmiiksi perjantaina, uusi mesta alkaa maanantaina.



Suomessa tehtiin Visio 2030 yhteydessä 2 tahtihanketta

- Haahtela Arcadahallen ja Fira Capella
- Molemmissa sisävalmistusta pystyttiin olennaisesti lyhentämään

Arcadahallenin tahtiaikataulu



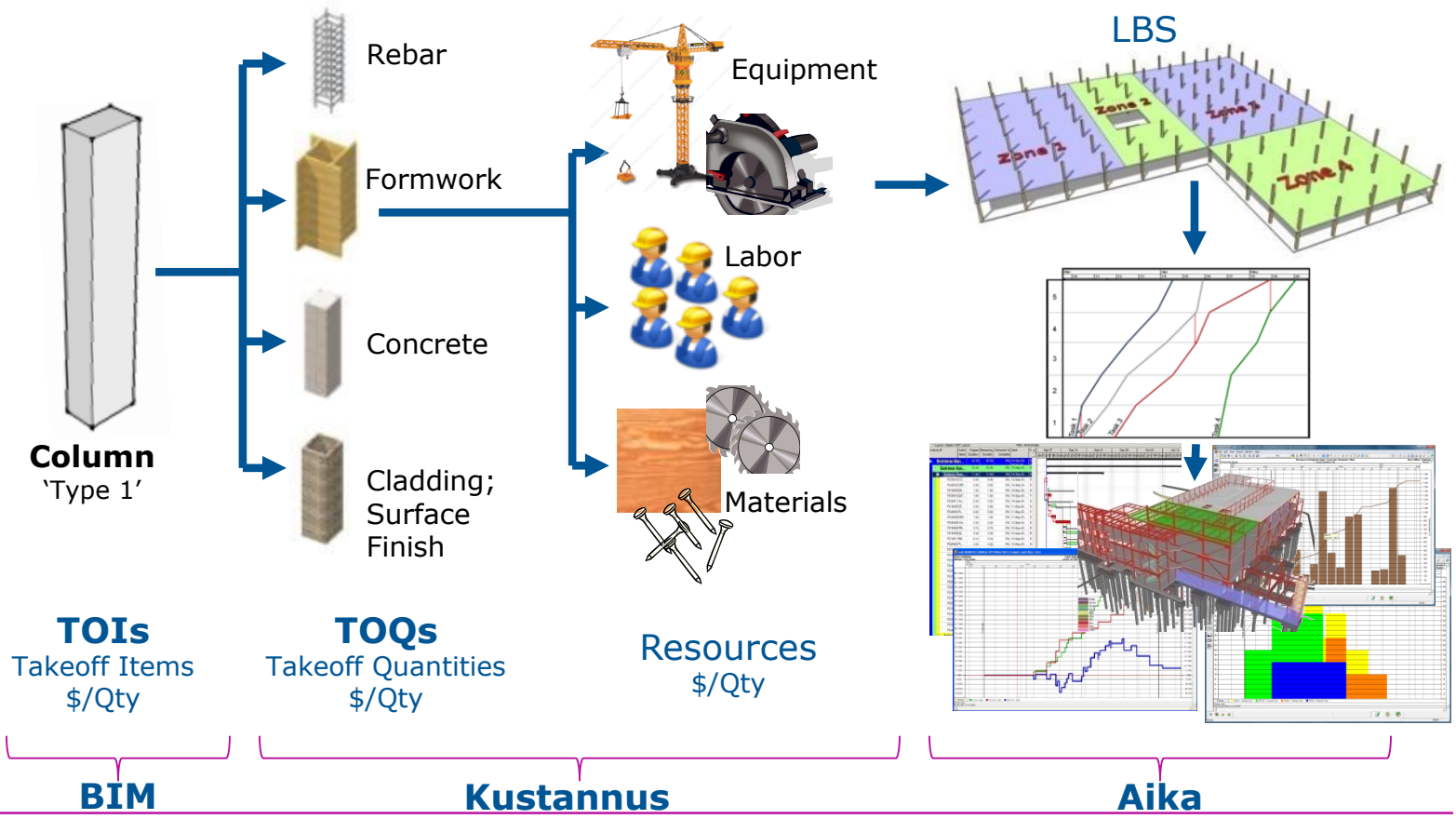
Päivittäisjohtamisen aamupalaveri



Ensimmäisten pilottien tulokset

	Capella	Arcadahallen
Tahdin vaikutus läpimenoaikaan	Lyhensi huomattavasti	Lyhensi huomattavasti
Tahdin vaikutus kustannuksiin	Kasvoivat hieman	Ei merkittävää vaikutusta
Tahdin vaikutus laatuun	Parani hieman	Parani hieman
Tahdin vaikutus työturvallisuuteen	Ei merkittävää vaikutusta	Ei merkittävää vaikutusta

LBMS ja BIM



Cost Planner 3D View

Assemblies and Components: New Component, New Subcomponent, Activate Assembly, Delete

References: Descriptions and Consumptions Only, Include Formula, Include Quantities, Reference Browser, Import, Export

Navigate: From Project, From Reference, TOQ Filter

View Controls and Layout Presets: Quantity, Margins, Cost, Variance, Manage, Save Version, Manage Versions

Cost Versions: Show, Divide, Add, Undivide, Activate, Markup Values, Add-Ons & Markup

- 1 Project
 - View Dashboard
 - Define Settings
 - Select Module
- 2 Content
 - Edit Tags
- 3 Model Management
 - Manage Models
- 4 Task and LBS
 - Manage Tasks
 - Manage Location Systems
 - Manage Locations
- 5 Schedule
 - Plan Schedule
 - Manage Versions
 - View Schedule
 - Manage Crews
- 6 4D Simulation
 - Explore 4D Simulation
- 7 Reports
 - Create Report

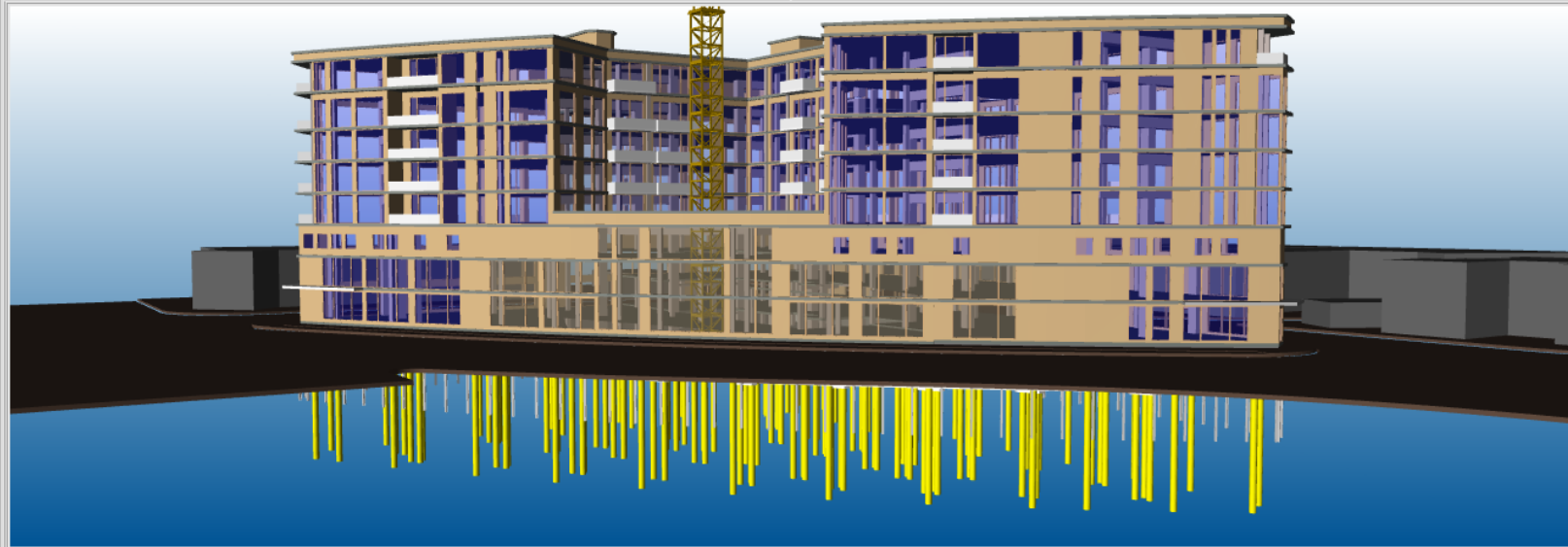
Task Manager - Modified 3D View

Code	Name	Quantity	Unit
0001	Soldier Piles		
31.34.00.050.0	Soldier Piles	2,503.39	LF
0002	Excavation & Lagging		
31.34.00.030.0	Lagging	7,891.59	SF
0003	Piles		
31.62.00.010.0	Precast RC Pile	156.00	EA
LP1L001	Piling Labor	234.00	HR
M31.62.00.010	Precast RC Pile - Materials	156.00	EA
0004	Pile Caps		
03.11.00.060.0	Erect Forms to CIP Concrete - Pile Cap	5,082.65	SF
03.21.00.060.0	Reinforcement Steel to - Pile Cap	32.80	TON
03.31.00.060.0	Casting Concrete in place to - Pile Cap	328.00	CY
0005	Basement Wall		
03.11.00.360.0	Erect Forms to CIP Concrete - Perimeter Basement Wall - Side 1	4,772.55	SF
03.11.00.362.0	Erect Forms to CIP Concrete - Perimeter Basement Wall - Side 2	4,772.55	SF
03.21.00.360.0	Reinforcement Steel to - CIP Perimeter Basement Wall	28.21	TON
03.31.00.360.0	Casting Concrete in place to - Perimeter Basement Wall	352.67	CY
0006	Columns		
03.11.00.520.0	Erect Forms to CIP Concrete - Column	44,061.69	SF
03.21.00.520.0	Reinforcement Steel to - CIP RC Column	127.73	TON
03.31.00.520.0	Casting Concrete in place to - Column	851.56	CY
0007	Beams		

fx [A1021_002_Precast RC Pile-ID Count

Code	Description	Source Quant.	Consump.	Units
000	SUFFOLK CONSTRUCTION_8500 BURTON WAY...	1.0	1.0	
A1012_003	Pile Cap-ID	328.0	1.0	-
A1021_002	Precast RC Pile-ID	156.0	1.0	-
31.62.00.005.0	Layout Driven Piles	156.0	1.0	EA/EA
31.62.00.010.0	Precast RC Pile	156.0	1.0	EA/EA
31.62.00.011.0	Precast RC Pile - length	4,755.0	1.0	FT/FT
A1026_001	Mat-slab Foundation-ID	174.5	1.0	-
A1032_001	Structural Slab on Grade-ID	589.8	1.0	-
A2013_003	Lagging-ID	789.1	1.0	-
A2013_005	Soldier Piles-ID	100.0	1.0	-
A2021_007	Perimeter Basement Wall-ID	789.0	1.0	-
B1011_005	CIP RC Slab-ID	113,356.9	1.0	
B1011_046	CIP RC Column-ID	5,906.0	1.0	
B1011_069	CIP RC Beam-ID	1,610.3	1.0	
B1014_001	CIP RC Ramp-ID	6,901.9	1.0	
B1021_002	CIP RC Roof Slab-ID	4,010.4	1.0	
B2011_020	Ext Plaster Stucco-ID	4,286.8	1.0	
B2015_010	External Railing (Object)-ID	1,291.3	1.0	
B2016_010	MWP Canopy Soffit-ID	1,374.5	1.0	
B2021_020	External Window-ID	755.0	1.0	
B2032_012	External Door-ID	4.0	1.0	

Task Manager View Cost Planner



LBS



Palettes

Filtering

Properties

Properties

Properties

Properties

Properties

Properties

Properties

Properties

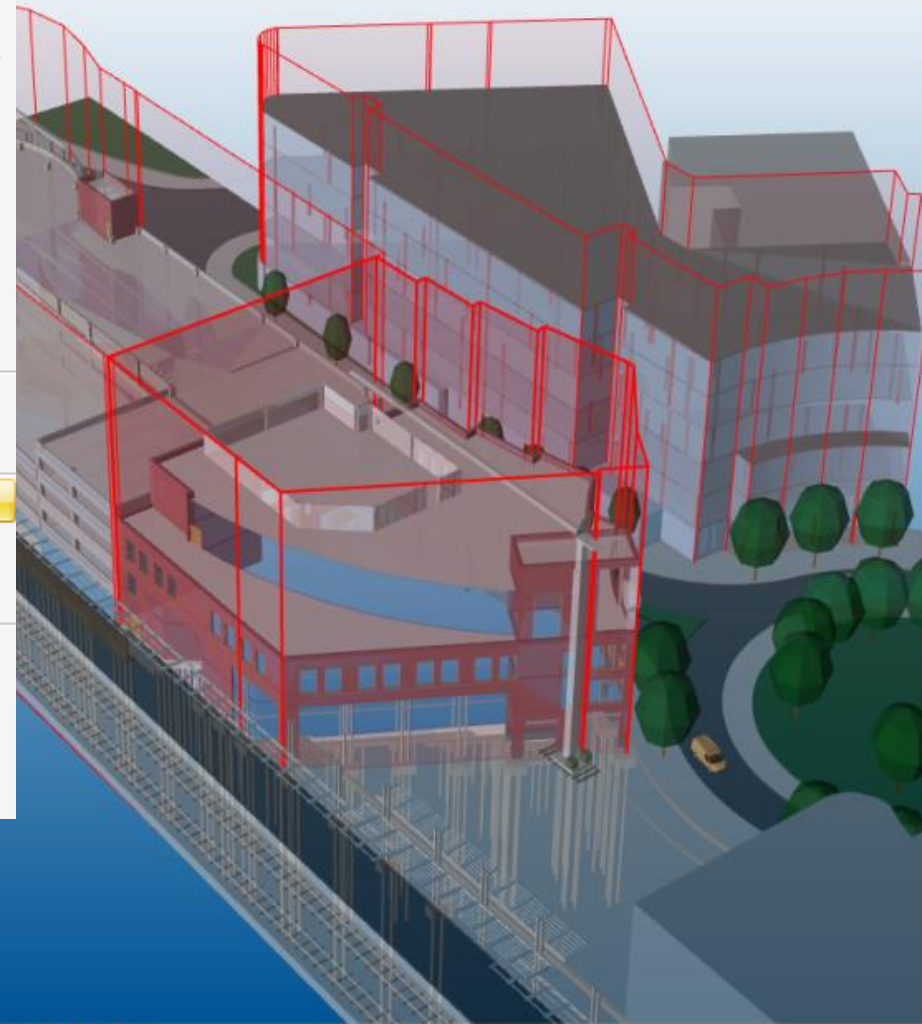
LBS Manager

LBS Manager - Modified

- 1** Project
 - View Dashboard
 - Define Settings
 - Select Module
- 2** Content
 - Edit Tags
- 3** Model Management
 - Manage Models
- 4** Task and LBS
 - Manage Tasks
 - Manage Location Systems
 - Manage Locations
- 5** Schedule
 - Plan Schedule
 - Manage Versions
 - View Schedule
 - Manage Crews
- 6** 4D Simulation
 - Explore 4D Simulation
- 7** Reports
 - Create Report

	1	2	Elevator	Unit
Project				0.00 m
Phases				215.00 m
MAIN				215.00 m
ROOF				258.72 m
4TH				253.59 m
3RD				249.33 m
2ND				245.06 m
1ST				240.18 m
FND				215.00 m
GARAGE				215.00 m
ROOF				254.20 m
4TH				250.75 m
3RD				247.30 m
2ND				243.84 m
1ST				237.85 m
FND				215.00 m
UPTOWN 1				215.00 m
6TH				259.84 m
5TH				255.42 m
4TH				251.00 m
3RD				246.58 m
2ND				242.16 m
1ST				237.74 m
FND				215.00 m
Elements wit...				0.00 m

- Add Location
- Add Sublocation
- Add Location System
- Floor Split
- Zone Split
- Edit
- Merge
- Delete
- Delete All Child Nodes
- Rename
- Set Color
- Isolate**
- Hide
- Translucent
- Copy
- Paste
- Cut
- Copy Link



LBS Manager

Tree

3D View

Noppapeli: Työryhmien paraati

- Viiden hengen ryhmät
- Pelimerkkejä on sata, ne kuvaavat tiloja, joiden läpi työryhmät kulkevat
- Jokainen ryhmän jäsen valitsee yhden nopan
- Omalla vuorolla heitetään noppaa, otetaan pelaajien välissä olevasta varastosta silmäluvun verran merkkejä ja siirretään seuraavalle pelaajalle
- Kirjatkaa lapulle muistiin heitetty silmäluku ja siirretty määrä

Noppapeli: Lopuksi

- **Laskekaa yhteen heitettyt numerot ja siirretyt määrät**
- **Nopan keskimääräinen silmäluku = 5**
- **Heitettyt silmäluvut yhteensä / heittojen lukumäärä = Keskiarvo**
- **Siirrettyjen merkkien keskiarvo = siirretyt merkit yhteensä / heittojen lukumäärä**

Noppapeli: keskustelua

- **Montako kierrosta peli kesti?**
- **Mikä ryhmä sai parhaan tuloksen?**
- **Mikä vaikuttaa eniten koko prosessin vauhtiin eli kokonaiskeston?**
- **Mitä tarkoittaa käytännössä, jos aliurakoitsija ei päässyt siirtämään koko heittämänsä määrää?**
- **Kuka oli tuotantoprosessin pullonkaula?**

Tuotannon vaihtelevuus

- **Asiat eivät koskaan mene täysin suunnitelman mukaan**
- **Suunnitelma tehdään keskiarvoilla mutta kaikissa tuotantoprosesseissa on vaihtelevuutta**
- **Vaihtelevuutta on pienennettävä, kun mahdollista!**
- **Tarvitaan PELIVAROJA ja OHJAUSTA!**

Parikeskustelu

- **Miten rakennusalalla voisi pienentää vaihtelevuutta?**
- **Miten hanketta voi hallita, jos kaikkea vaihtelevuutta ei saada pois?**

Tuotannonohjauksen merkitys

- **Hyvällä tuotannonohjauksella jo saatu (useita esimerkkejä)**
 - 20% korkeampi tuottavuus
 - 10% lyhyempi projektin kesto
 - Vähemmän laatuvirheitä
 - Turvallisempi työmaa
 - Alemmat kustannukset
- **Kustannusta, laatua ja aikaa voidaan parantaa yhtä aikaa prosessia muuttamalla!**
- **Tavoitteet asetettava vielä korkeammalle!**

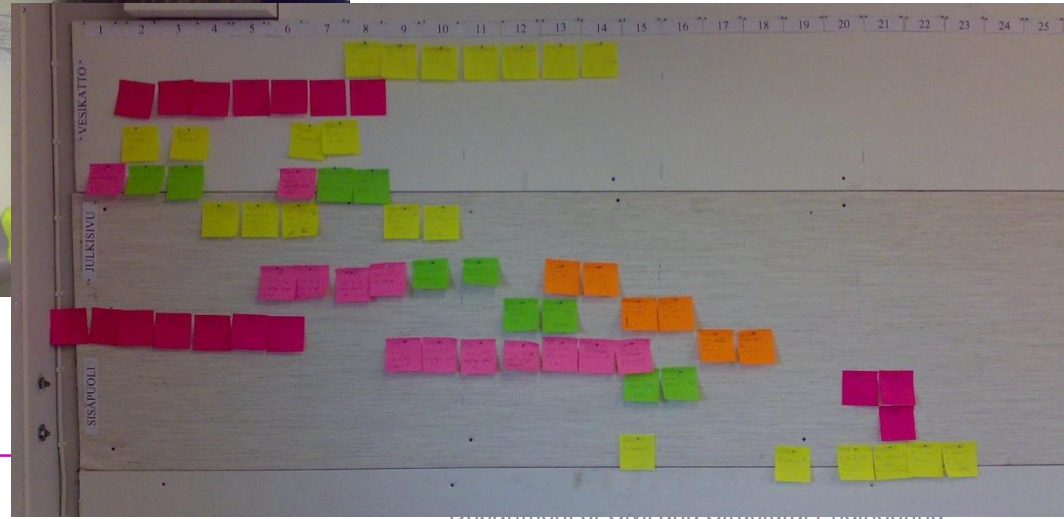
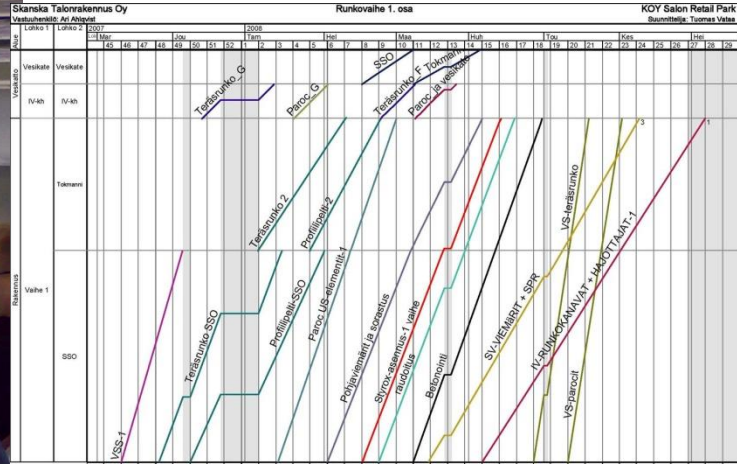
Turner – maailmanennätysvalu LA



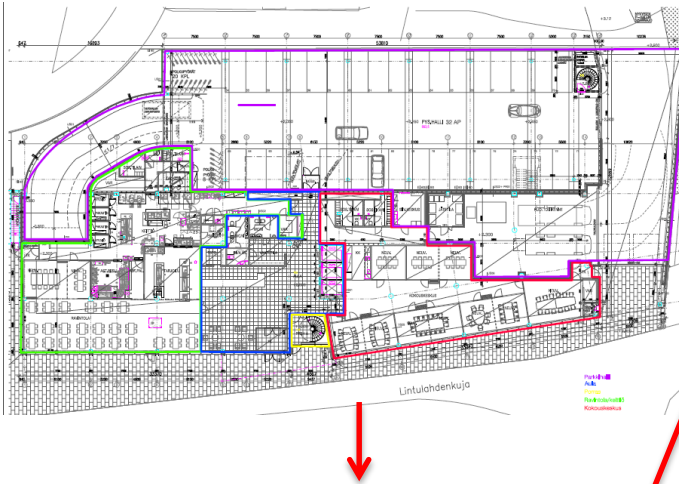
Työmaalla tapahtuva aikataulun suunnittelu ja ohjaus

- Yleisaikataulu suunniteltu yleensä ennen työmaan alkamista
- Rakennusvaiheaikataulu
- Lähitulevaisuuden suunnittelu (look-ahead planning) / tehtäväsuunnittelu
- Viikkosuunnittelu
- Ohjaustoimenpiteiden suunnittelu

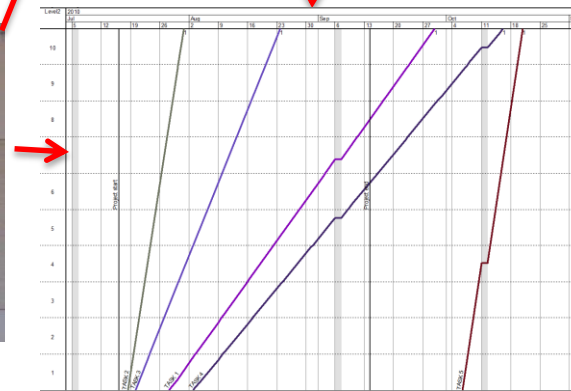
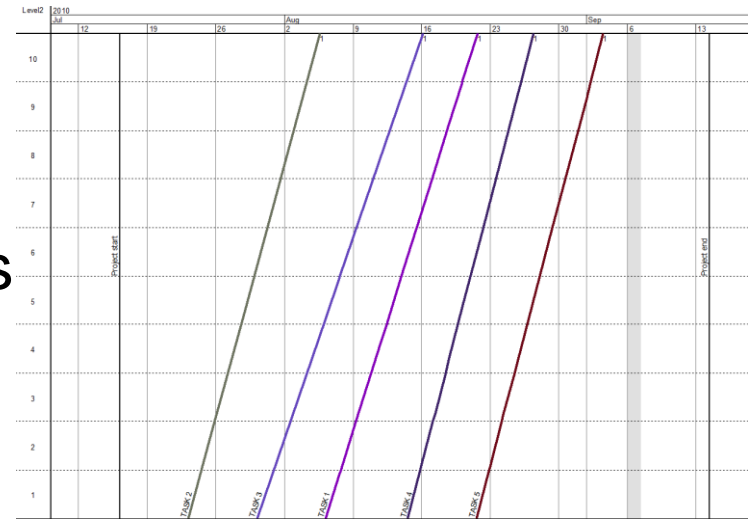
Rakennusvaiheaikataulu



Vaiheaikatauluprosessi



Määrät
Tuotantonopeus



Työpaja 1

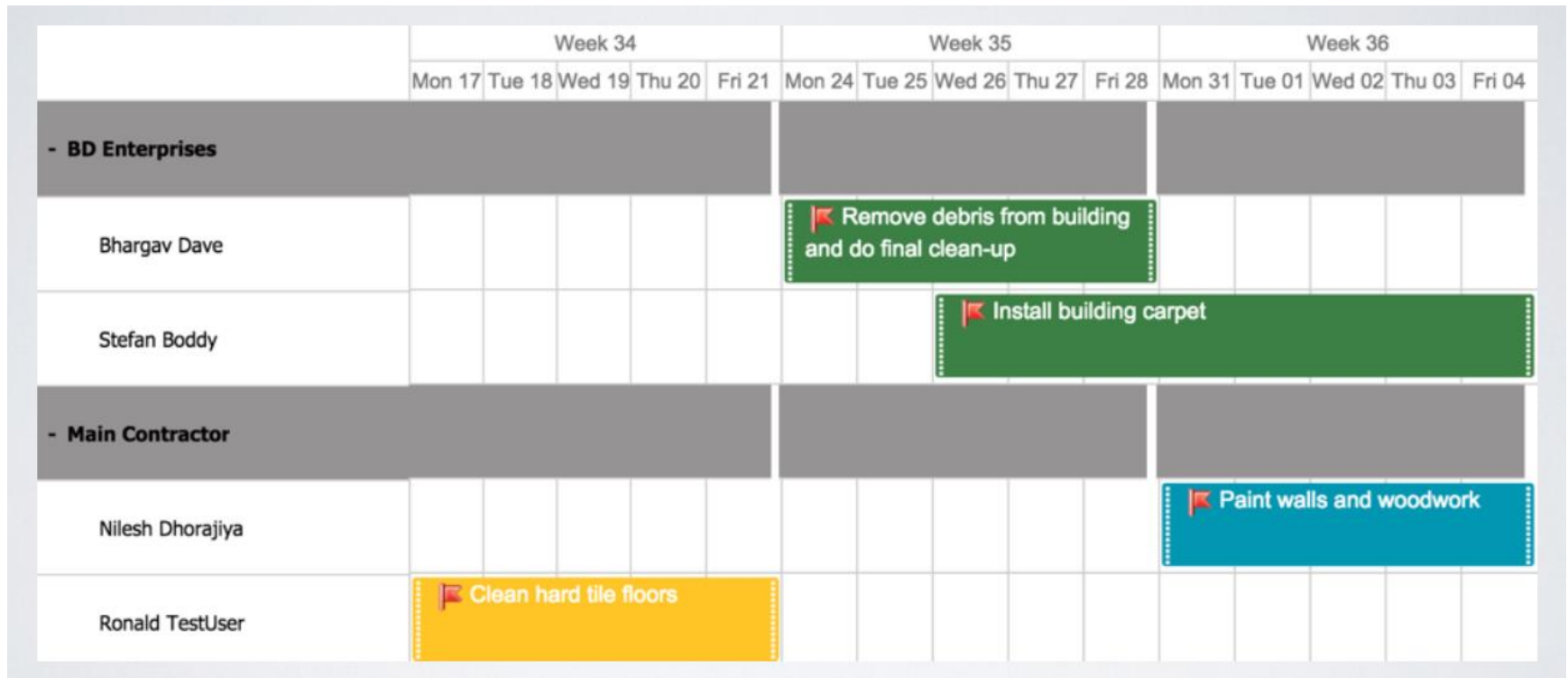
Kotitehtävä

Työpaja 2



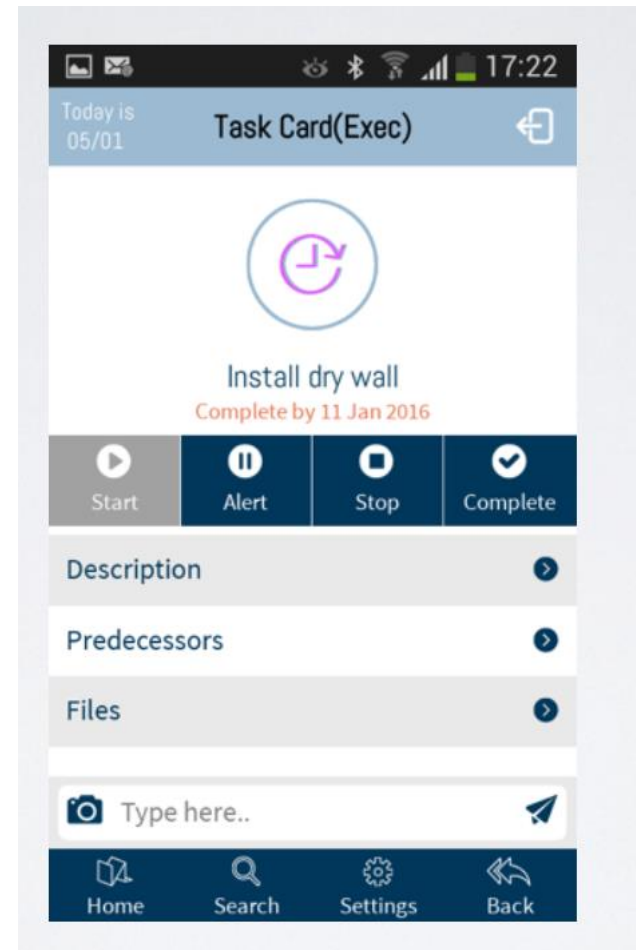
Aalto University
School of Engineer

Lähtöleveysuuden suunnittelu



Viikkosuunnittelu

- Valitaan viikkosuunnitelmaan tehtäviä, jotka voidaan varmasti tehdä (aloitusedellytykset kunnossa)
- Viikkosuunnitelman toteutumamittaus



Tuotannon valvonta

1. Manuaaliset prosessit

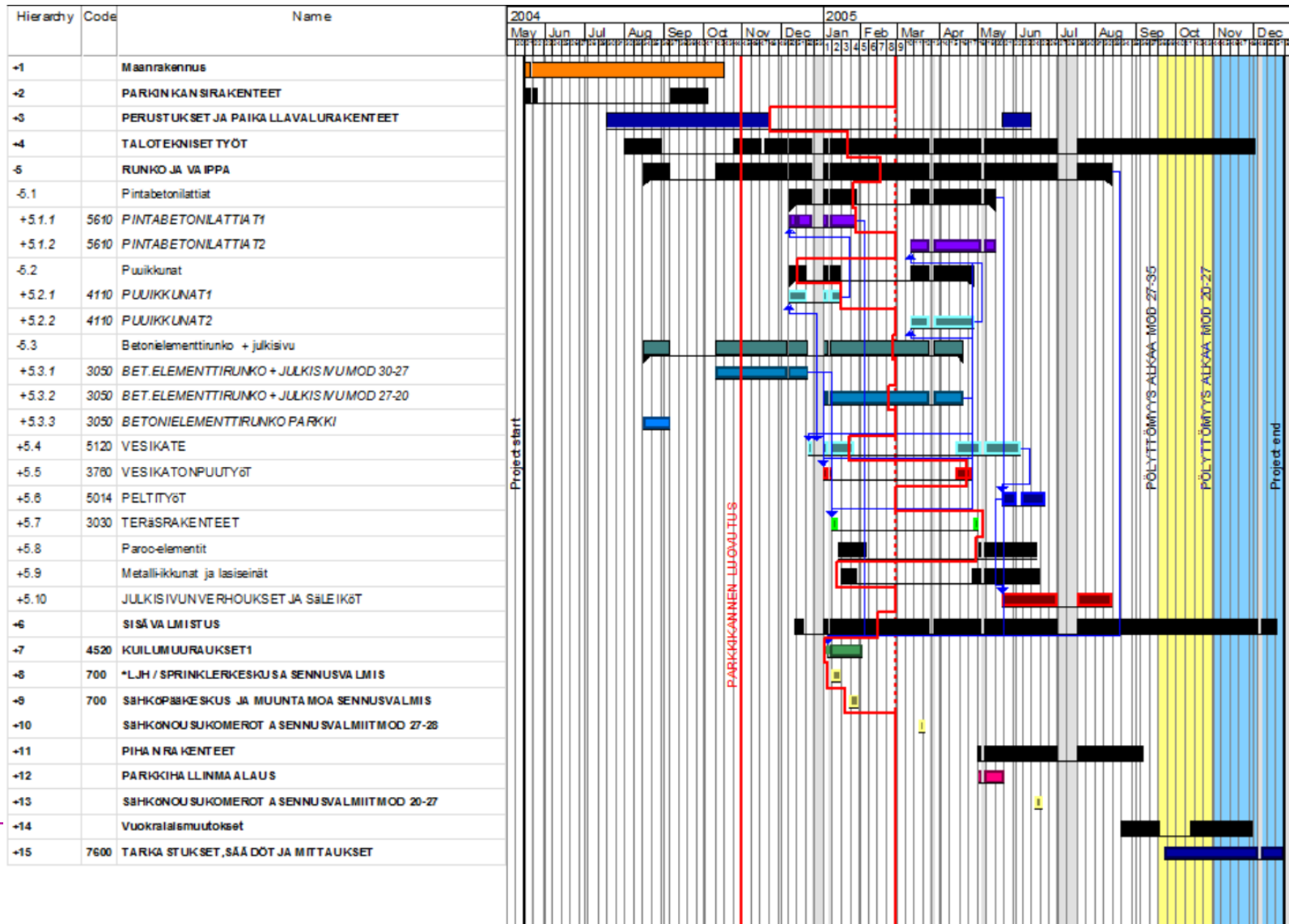
- Janakaavion päivitys
- Valvontavinjetti
- Vinoviiva-aikataulu

2. Digitaaliset prosessit

- BIM-elementit valmiina (VisiLean)

3. Tulevaisuus - automatisointi

Janakaavio

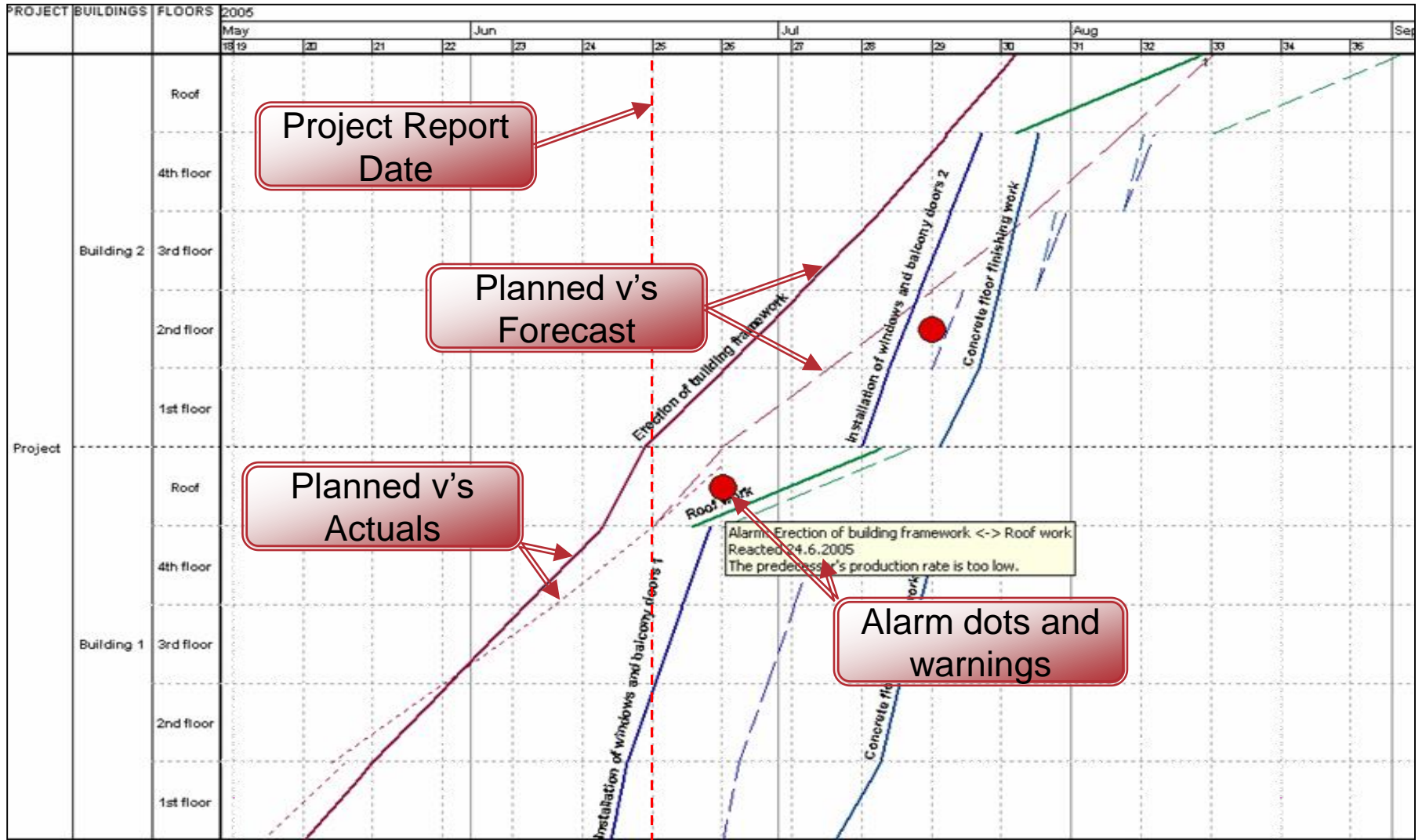


Valvontavinjetti

Lohko	Keiros	Tila										
MOD 30-27	5		1/10	1/17	1/18	1/28	1/28	2/4	2/18	2/23	3/2	3/18
			1/18	88.4%	1/14	2/8	2/9	33.4%				
	4		1/3	1/10	1/10	1/18	1/21	1/28	2/11	2/18	2/25	3/11
			1/12	1/17	1/3	1/28	2/2	54.2%				
	3		12/14	12/21	12/22	1/10	1/14	1/21	2/4	2/11	2/23	3/8
			12/9	12/18	12/18	1/19	1/21	2/11				
	2		12/7	12/14	12/14	12/22	1/5	1/14	1/28	2/4	2/18	3/2
			12/18	12/21	11/26	1/14	1/11	2/11			2/21	0%
	1		12/7	12/7	12/7	12/13	1/3	1/6	1/17	1/28	2/16	2/25
					11/23	12/14						
			PUUIKKUNAT 1		PINTABETONILATTIAT 1		TEKNIKKAKÄYTTÄVÄN OTSAT 1		KIPSILEYYSEINÄT 1		Tasote- ja maalaustyöt	
			+		+		+		+		+	



Vinoviiva



Parikeskustelu

- **Mihin tarkoitukseen aikataulun valvontatekniikat sopivat:**
 - Janakaavio
 - Valvontavinjetti
 - Vinoviiva-aikataulu
- **Mikä erottaa valvonnan ohjauksesta?**
- **Miten rakennusalan tuotannon vaihtelevuutta voi pienentää?**



Kiitos Kysymyksiä & Kommentteja?

