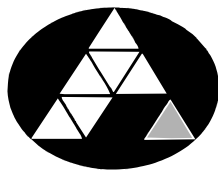


POHJOIS-KARJALAN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Mikhail Ignatov

SIIRRETTÄVÄN BETONIASEMAN KIVIAINESSILOSTON
MODULOINTI

Opinnäytetyö
Joulukuu 2012



POHJOIS-KARJALAN
AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ
Joulukuu 2012
Kone- ja tuotantotekniikan
koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
p. (013) 260 6800

Tekijä(t)
Mikhail Ignatov

Nimeke
Siirrettävän betoniaseman kiviainessiiloston modulointi

Toimeksiantaja
Tecwill Oy

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tehtävänä oli suunnitella luonnos moduulirakenteisesta kiviainessiilosta. Tavoitteena oli tutkia yrityksen vanhemmat projektit, esittää niitä toimeksiantajalle ja etsiä sopiva ratkaisu eli fysikaaliset mitat suunnittelun käynnistämistä varten. Päämääränä oli luoda malli ja tulevaisuudessa mahdollisesti kokonaisen tuotteen, jota pystytään kuljettamaan lvy-maiden tavarajunalla sekä purettuna pienemmiksi osiksi mahduttaa merikonttiin.

Työ tehtiin kesällä yrityksen omissa tiloissa. Yritys antoi käyttää oman työkoneen suunnitteluohjelmineen. Opinnäytetyössä käytettiin eniten tuotekehitysprojektin toimintavaiheiden kannalta luonnosteluvaihetta eli etsittiin aina parempi ratkaisu mallipuolella.

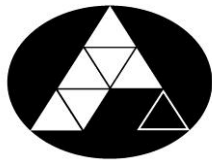
Työssä käydään kyseiseen aiheeseen liittyvää teoriaosuutta. Kerrotaan lyhyesti lukijalle betonista, betoniasemista, tuotekehityksestä, moduloinnista ja käydään läpi työn tekijän saatuja tuloksia.

Opinnäytetyön aihe on tärkeä toimeksiantajalle, koska lähitulevaisuudessa yrityksessä aiotaan toteuttaa kyseistä tietoa. Kyseisellä tuotteella lyhennetään tuotteen läpimenoaikaa. Pienempien osien valmistus mahdollistaa käyttää pienempiä työtiloja, mikä työllistää pienempiäkin konepajoja.

Kieli
suomi

Sivuja 44
Liitteet 7
Liitesivumäärä 8

Asiasanat
betoni, betoniasema, kiviainessiilosto, moduuli



NORTH KARELIA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

THESIS
December 2012
**Degree Programme in Mechanical
and Production Engineering**
Karjalankatu 3
FIN 80200 JOENSUU
FINLAND
Tel. (013) 260 6800

Author(s)
Mikhail Ignatov

Title
The modular design of a mobile concrete plant's aggregate silo.

Commissioned by
Tecwill Oy

Abstract

The purpose of this thesis was to design a draft of a modular design of an aggregate silo. The objective was to analyze the company's older projects, present them to the commissioner and to find an optimal solution of the physical dimensions for the planning of the product's launch. The goal was to create a model and possibly for the future the whole product itself, which can be transported to CIS countries by freight train. Also disassembled into smaller details silo is possible to transport by shipping container.

The work was done during the summer at the company's own premises. The company allowed using its own computer with already installed design program. In the thesis there was used the R&D project's steps of design, which mostly was drafting of the model over and over to achieve a better solution for the future product.

This thesis covers not only the topics related to theory, such as concrete, concrete plants, product development and modulation, but also includes authors achieved results briefly written.

The thesis's theme is very important for the commissioner, because in the near future the company will forward the collected data to actually manufacture the product. The product enables to shorten the lead time. Manufacturing the smaller details allows to use smaller workspaces, which employs smaller machine shops.

Language
Finnish

Pages 44
Appendices 7
Pages of Appendices 8

Keywords

concrete, concrete plant, aggregate silo, module

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Abstract

1	Johdanto	6
1.1	Opinnäytetyön kuvaus ja rajaus	6
1.2	Tecwill Oy	6
2	Välisanat	8
2.1	Betoni	8
2.1.1	Sementti	8
2.1.2	Kiviaines	8
2.2	Seosaineet	9
2.3	Betoniasema	10
2.3.1	Betoniaseman toimintaperiaate	12
2.3.2	Sementin säilöntä	12
2.3.3	Veden ja lisäaineiden säilöntä	13
2.3.4	Kiviaineksen varastointi	13
2.3.5	Betonimassan sekoitin	15
2.3.6	Osa-aineiden lämmitys	18
2.3.7	Ohjausjärjestelmä	20
3	Varsinainen aihe	22
3.1	Tuotekehitys	22
3.1.1	Tuotekehityksen työvaiheet	22
3.2	Moduulijärjestelmä	25
3.3	Kiviainessiilon tuotekehitys	27
3.3.1	Fysikaaliset mitat	28
3.4	Moduulijako	31
3.4.1	Mitä varten piti kaikki purkaa?	32
4	Pohdinta	32
4.1	Mitä jäi tekemättä	32
4.2	Omat sanat tästä työstä	33
5	Lähteet	35

- Liite 1. Steel-Kamet Oy:n mobiili betoniasema. [4 s. 10]
- Liite 2. (1) Haarup esitteestä. [5 s. 7]
- Liite 3. (2) Haarup esitteestä. [5 s. 12]
- Liite 4. COBRA vakiomallit. [19 s. 3]
- Liite 5. COBRA ominaisuudet. [19 s. 6]
- Liite 6. COBRA talvivarustelu. [19 s. 7]
- Liite 7. BHS:n sekoitin ja toimintaperiaatekuvaus. [9 s. 4]
- Liite 8. BHS:n laadukas sekoitus. [9 s. 5]

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön kuvaus ja rajaus

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella siirrettävään betoniasemaan liitettävän kiviainessiilon. Kiviainessiiloston piti olla moduloitavissa, mikä mahdollistaisi siilon konfiguroitavuutta riippuen pohjakartioiden lukumäärästä.

Opinnäytetyön aiheen ehdotti paikallinen siirrettäviä betoniasemia valmistava yritys Tecwill Oy. Kuultuani aiheesta kiinnostuin sen haasteellisuudesta ja otin haasteen vastaan.

Sovimme rajata työn pelkkään tuotteen analysointiin ja mallinnukseen. Jos olin ottanut vielä lujuuslaskunkin mukaan, niin olisi koko työ jo liian suuri. Aikakin oli kolmantena rajoituksena, koko kesä 2012.

Työni ideana oli analysoida yrityksen vanhoja projekteja. Analysoinnin jälkeen etsiä yhdessä toimeksiantajan sopivat fysikaaliset rajat moduulille. Päämääränä oli yrittää sovittaa moduuleista koottu kiviainessiilo lvy-maiden tavarajunan vauvuun, mallimuodossa. Ja, jos mahdollista, niin myös mahdollista purkaa ja kuljettaa merikontissa mihin tahansa maapalloa. Tutkittuani asiaa liittyen kuljetettavuuteen rautateitse ja merikontissa esitin kirjallisen ehdotuksen/mielipiteen moduulin fysikaalisesta ulkomuodosta, rakenteesta ja sen liitettävyydestä toisiin moduuleihin, mikä antoi potkua työni edistyksessä.

Kirjallista ehdotusta en aio näyttää tässä työssä, vaan käytän joitakin osia siitä.

1.2 Tecwill Oy

Vuonna 1994 Joensuuhun perustettu siirrettäviä betoniasemia suunnitteleva ja valmistava yritys, jossa henkilökunnalla on jo ollut yli 10 vuotta kokemusta betoniasemien ja betonituotekoneiden valmistuksessa. Vuodesta 2004 Tecwill Oy on avannut tytäryhtiön Puolassa ja vuonna 2005 Venäjällä.

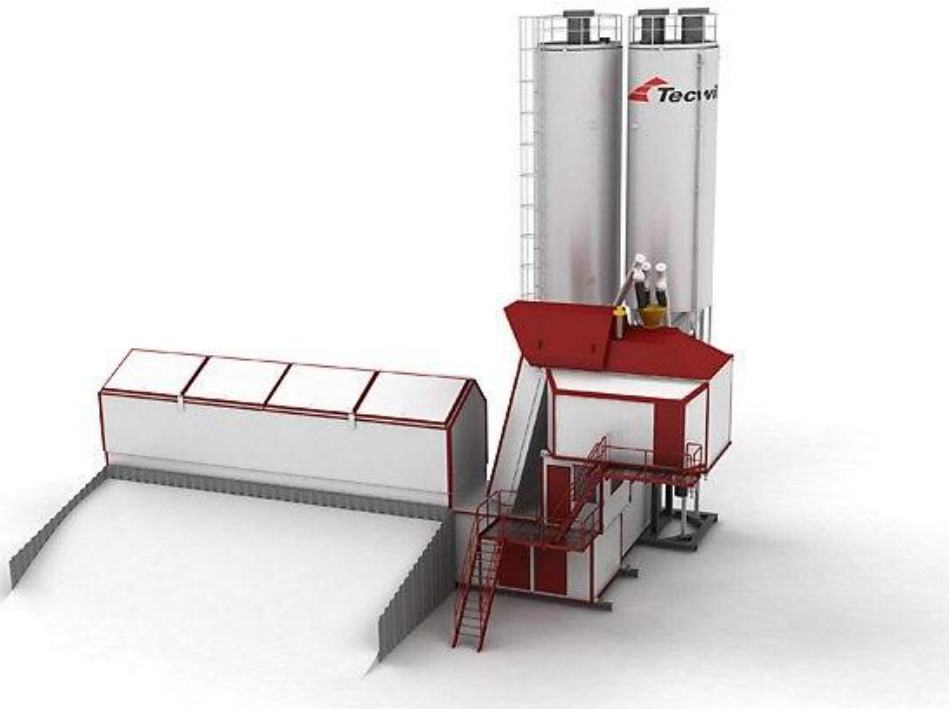
Tecwill Oy on kehittänyt oman kansainvälisesti patentoidun COBRA betoniasemaperheen (patentti numero US6607298). Alla on tietokoneella animoidusta videosta otettuja kuvia keulamoduulin, COBRAn, pystytyksestä.



MOBILE COBRA C80

Kuva 1. Betoniaseman keulamoduuli pystytyksen vaiheessa [1]

Sekä toinen kuva kokonaan pystytetystä Tecwillin betoniasemasta, mitä myydään eniten.



Kuva 2. Valmiiksi pystytetty COBRA C80 betoniasema kiviainessiiilosto ja semettisiiilot liitettynä. [1]

2 Välisanat

Ennen kuin aloitan varsinaisen aiheen läpikäymisen, haluan vähän kerrata seuraavat asiat:

1. Mikä on betoni?
2. Mikä on betoniasema?
3. Mikä on kiviainessiilo?

2.1 Betoni

Betoni on keinotekoinen kivi, rakennusmateriaali, jota saadaan kun kovettuu etukäteen laskettu sementti-, vesi ja runkoainemäärät. Betonissa tapahtuu sementin ja veden välillä kemiallinen reaktio, hydrataatio, jonka seurauksena betoni kovettuu sementtikiveksi. Runkoaineena käytetään tavallisesti kiviainesta, raekoon mukaan lajiteltua soraa, jota saadaan suoraan luonnon soraesiintymistä tai murskataan kalliosta. Betonissa käytetään sementin, veden ja runkoaineen ohella lisä- ja seosaineita (notkistimet, huokostimet, hidastimet ja kiihdyttimet). [2 s. 18]

2.1.1 Sementti

Sementti on hydraulinen sideaine, joka veden kanssa reagoiessaan muodostaa niin veden alla kuin ilmassakin kovan ja kestävännen lopputuotteen. Sementillä on ratkaiseva merkitys moniin betonin ominaisuuksiin. Sementin kemiallinen koostumus vaikuttaa niin tuoreen betonin työstettävyyteen kuin esim. kovettuneen betonin säilyvyyteen. Betonin ominaisuuksiin kuten lujuteen, lämmönkehitykseen ja kemialliseen kestävyyteen voidaan vaikuttaa sementin valinnalla. [2 s. 39]

2.1.2 Kiviaines

Kiviaines on tilavuudeltaan suurin osa betonin kokonaistilavuudesta, 65–80 %. Kiviaineksi käy periaatteessa mikä tahansa riittävän luja ja tiivis, rakeinen materiaali, joka ei vaikuta sementin reaktioihin eikä huononna betonin säilyvyyttä. Betonin kiviaineksena voidaan käyttää luonnon kiviaineksia hiekasta soraan asti.

Kiviainesta lajitellaan sen sisältämien erisuuruisten rakeiden määrien painosuhteilla. Rakeisuus kuvaa kiviaineksen rakeiden kokoja ja jakaumaa. Rakeisuus määritetään tavallisesti kuivaseulonnan avulla. Saatuja tuloksia esitetään betonin koostumuslomakkeessa.

Kuivausseulonnalla selvitetään raekooltaan yli 0,125 mm kiviaineksen erikokoisten rakeiden keskinäinen jakautuminen sen mukaan, kuinka suuri osa näytteestä läpäisee kunkin normaaliseulasarjaan kuuluvaan verkkoseulaan. Normaaliseulasarjan silmäkoot ovat 0,125, 0,25, 0,5, 1, 2, 4, 8, 16, 31,5 ja 63 mm. Tarkemmat ohjeet löytyvät standardista SFS-EN 933-1.

Kiviaineksen puhtaudella ja kosteudella on suuri merkitys lopputuotteen laatuun. Kiviaines ei saa sisältää haitallisia määriä betonin ominaisuuksia huonontavia aineita, kuten orgaanisia lahoamisjätteitä eli humusta. Humus hidastaa tai jopa estää betonin kovettumisen. Tarkemmat ohjeet koskien kiviaineksen puhtautta käsitellään standardissa SFS-EN 1744-1.

Kosteudella voidaan pilata kokonainen betonierä. Useimmiten kiviainesta varastoidaan ulko-olosuhteissa, jolloin ulkoiset ilmiöt muuttavat kiviaineksen kosteuden. Täten on, ennen kuin otetaan käyttöön, kuivatetaan kiviaines yli 100 °C:ssa punnitsemalla se ennen kuivatusta ja sen jälkeen (SFS-EN 1097-5). Myös kiviaineksen vedenimu eli absorptio pitää määrittää (SFS-EN 1097-6). [2 ss. 31-38]

2.2 Seosaineet

Kiviaineksen tai sementin sijaan voidaan käyttää runko- ja sideaineina toimivia mineraalisia seosaineita.

Lentotuhka on kivihiilen poltosta syntyvä sivutuote, mutta sitä ei käytetä 100 %, vaan sähköisten ja mekaanisten erottimien avulla otetaan talteen vain 5-40 % koko tuhkasta. Lentotuhka voi korvata kiviaineksen tai sideaineen.

Masuunikuonajauhe on raudanvalmistuksessa masuunissa muodostuneesta emäksisestä silikaattisulatteesta nopeasti jäähdyttämällä saatu tuote. Masuunijauheen käytössä sideaineena tarvitaan vähemmän vettä verrattuna sementtiin ja se notkistaa betonin, ja vähentää betonin hydratoitumislämpöä. Tämän takia masuunijauhetta sisältävää betonia paljon käytetään isojen rakenteiden valuisa. Masuunikuonajauhe parantaa betonin sulfaatinkestävyyttä.

Silika on piiraudan ja piin valmistuksessa syntyvä savukaasuista erottuva erittäin hienojakoinen (raekoko < 1 µm) aine. Silika sitoo huomattavasti enemmän vettä kuin sementti, joten sen kanssa pitää käyttää veden tarvetta vähentäviä lisäaineita.

Silikalla parannetaan betonin lujuutta, kemiallista kestävyyttä, koossapysyvyyttä, tiiviyyttä ja vedenpitävyyttä. [2 ss. 59-61]

2.3 Betoniasema

Betoniasema on betonin valmistuksen aikana käytettyjen laitteiden muodostava kokonaisuus. Betoniasemalla käsitellään raaka-aineiden vastaanoton ja varastoinnin, runkoaineen ja veden lämmityksen, betonin osa-aineiden mittauksen ja annostelun, massan sekoituksen, notkeuden säädön sekä laadunvalvonnan. (Kuvio 1)

Asema voi olla kiinteä, jota rakennetaan suuriin asutuskeskuksiin (esim. Joensuuun Lakan Betoni). Kiinteällä betoniasemalla on suuri betonin tuotto, sekä jatkuva työmaa-alue, jossa varastoidaan paljon raekooltaan erilaisia kiviaineksia. Kuvassa 3 esitetään Etelä-Ranskassa rakennusvaiheessa olevan fuusioreaktorin työmaa-alueen.

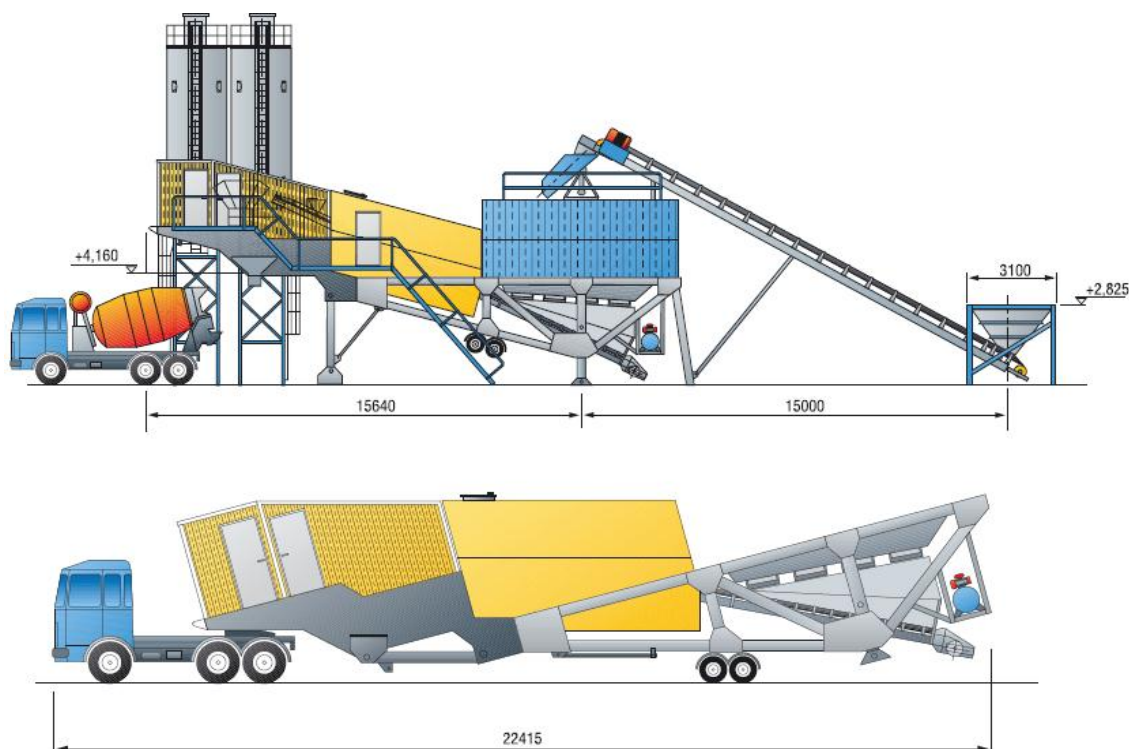
Siirrettäviä betoniasemia käytetään kaukana asutuskeskuksista olevilla työmaa-alueilla, jossa rakennustöiden jälkeen ei rakenneta mitään lähitulevaisuudessa. Siirrettävä betoniasema puretaan pienempiin kokonaisuuksiin, komponentteihin, ja kuljetetaan joko seuraavalle työmaa-alueelle tai varastointipaikalle.



Kuva 3. ITER – International Thermonuclear Experimental Reactor, fuusioreaktorin rakennusalueella oleva betoniasema [3]

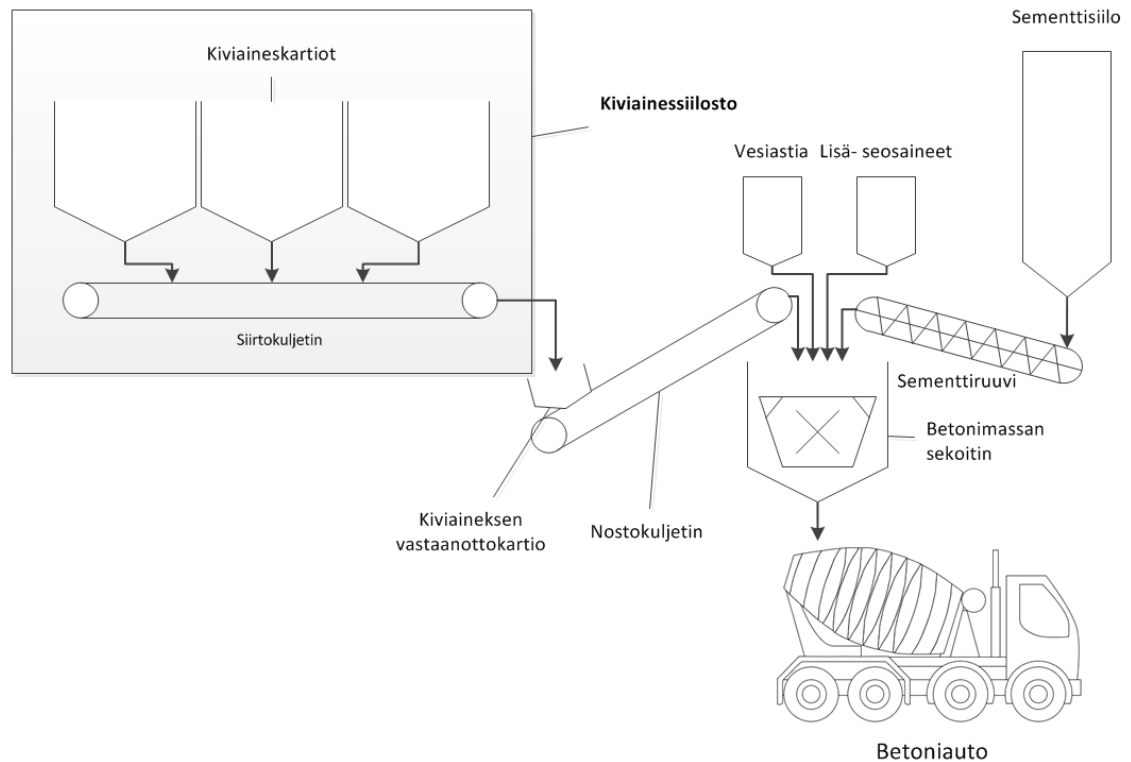


Kuva 4. Tecwill Oy:n siirrettävä Super COBRA betoniasema yrityksen testipystytyksessä [1]



Kuva 5. Mobiili betoniasema [4]

Mobiilien betoniasemien käyttöönottoon kuluu vain yksi päivä, mikä nopeuttaa huomattavasti työkulua rakennustyömaalla.



Kuvio 1. Betoniaseman periaatteellinen toimintakuva. [Itse tehty]

2.3.1 Betoniaseman toimintaperiaate

Kuvioon 1 pohjautuen haluaisin kirjoittaa vähän betoniaseman toimintaperiaatteesta. Muutenkin se olisi loogista, koska työni suoraan liittyy betoniaseman toimintaan.

2.3.2 Sementin säilöntä

Säiliöauto tuo sementtiä betoniasemalle, missä paineilman avulla syötetään sementti teräsrakenteisiin pohjastaan kartionmuotoisiin siloihin (kuvassa 2 on kaksi sementtisiiloa aseman takana). Pintaindikaattoreiden avulla seurataan sementtisiilon täyttymistä ja tyhjentymistä. Sementti syötetään vaa'alle sementtiruuvilla, jonka syöttönopeutta voidaan säätää.

Pitkän säilytysajan vaikutuksesta sementin laatu heikkenee, voi ilmetä sitoutumishäiriöinä sekä lujuuden katoamisena. Kosteuden päästyä säilön sisään voi aiheuttaa sementin paakkuuntumista.

Sementti tulee säilyttää kosteudelta suojatussa tilassa. Käytetyn sementin tulee täyttää SFS-EN197-1 määräykset ja olla CE-merkittynä. [2 s. 293]

2.3.3 Veden ja lisäaineiden säilöntä

Vesi aiheuttaa sementin hydratoitumisen, mutta betonin valmistuksessa ei käy mikään tahansa vesi. Vesi ei saa sisältää sulfideja, sulfaatteja, humusta (suovesi) sekä sokeria (sokeri estää betonin kovettumista kokonaan). Kloridien pitoisuus vedessä ei saa ylittää 0,03 painoprosenttia, öljyt ja rasvat vaikeuttavat sementin hydratoitumista. Betonin valmistuksessa voidaan käyttää vesijohdosta otettua tai luonnosta juomakelpoista vettä. Lisää tietoja veden puhtauden vaatimuksesta on käsitelty SFS-EN 1008 määräyksessä.

Lisäaineet varastoidaan omissa säiliöissä, joiden sisällä on sekoitin. Sekoitin pitää lisäaineen homogeenisena. Lisäaineet on suojeltava jäätymiseltä. [2 s. 294]

2.3.4 Kiviaineksen varastointi

Kiviainesta voidaan varastoida ulkosalla lähellä asemaa, maataskussa tai aseman annostelusiilossa – kiviainessiilossa. Normaalisti varastoidaan erilaisia kiviaineksiä ja niiden lajitteiden lukumäärä vaihtelee 2:n ja 6:n välillä, niin kuin varastojen lukumäärä (kuvassa 6 on 5:n "taskun" kiviainessiilo).



Kuva 6. Haarupin 5:n "taskun" (pohjakartion) kiviainessiilosto. [5]

Kiviainessiilo on teräsrakenteinen kokonaisuus, jonka kiviaineksen varastointitilavuus vaihtelee 20:n ja 150:n m³ välillä. Jakamalla siilo väliseinällä luodaan jokaiselle kiviainelajitteelle oma varastotila. Jokaisen varastotilan alapuolella on kartiopohja, jonka avulla on helpompi tyhjentää siiloa. Kiviainesta voidaan syöttää vaakalaitteelle paineilmatoimisilla sektoriluukuilla (kuva 7), täry- (kuva 8) ja hihnasyöttimillä (kuva 9). Kiviaineksen massan mittauksessa voidaan käyttää joko vaaka-astiaa tai hihnavaakaa. [2 ss. 294-295]



Kuva 7. Haarupin sektoriluukku varustettu täryttimellä. [5]

Kuvan 7 mukaan pneumaattinen sylinteri avaa luukun ja kiviaines täyttää vaakakuljettimen hihnan. Luukkuun kiinnitettyllä täryttimellä parannetaan kiviaineksen syötettävyyttä.



Kuva 8. Haarupin tärysyötin. [5]

Tärysyöttimen toimintaperiaate on lähes samanlainen kuin sektoriluukun, mutta syötettävyyys on tarkempi.



Kuva 9. Haarupin hihnasyötin. [5]

Hihnasyöttimen hihnaa pyörittämällä syötetään kiviaines vaakakuljettimen hihnan päälle. Tämä syöttötapa on tarkin.

2.3.5 Betonimassan sekoitin

Sekoitin on sähkömekaaninen laite, joka sekoittaa ja muodostaa homogeenisen, ensin kuivan ja sitten veden lisättyä sekaan märän, betonimassan. Sekoitimia on kolmenlaista, vapaapudotussekoittimet (kuvat 10 ja 11), tasosekoittimet (kuva 12) ja pakkosekoittimet (kuvat 13, 14 ja 15).



Kuva 10. Vapaapudotussekoitin, käsin ohjattava ja – kuljetettava. [6]



Kuva 11. Rudus Oy:n betoniauto, varustettuna vapaapudotussekoittimella. [7]



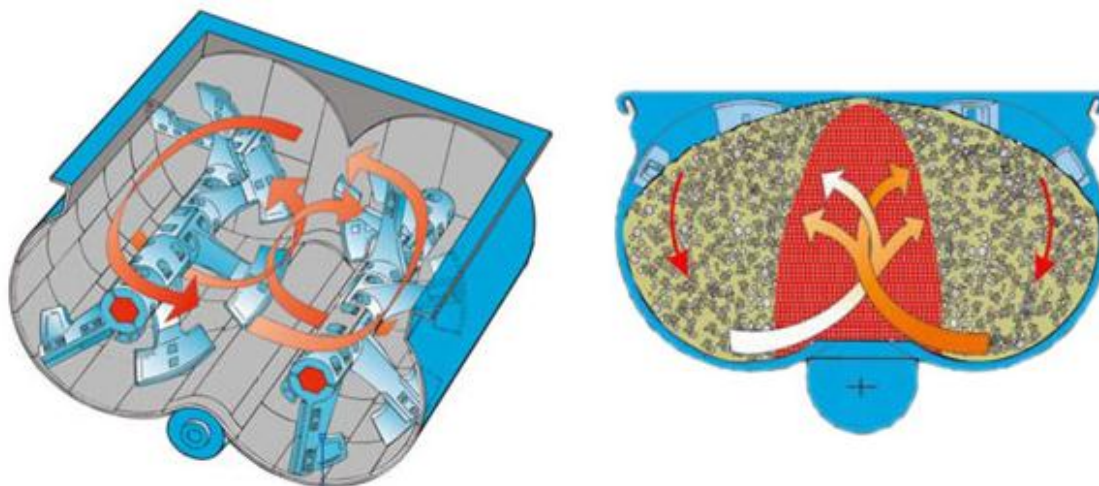
Kuva 12. Tasosekoitin Lapa mixer. [8]



Kuva 13. Planetaarinen pakkosekoitin [5]



Kuva 14. Pakkosekoittimen sisällä [5]



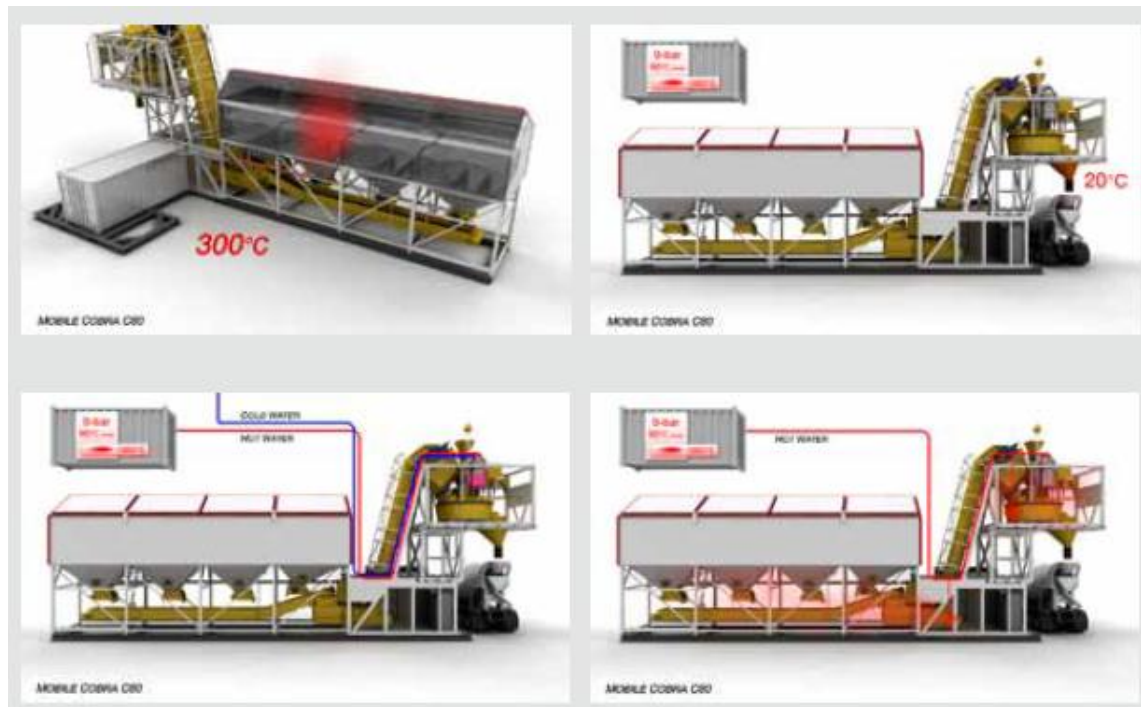
Kuva 15. Kaksiakselinen pakkosekoitin [9]

Tavallinen sekoitusaika on 60—90 s. SFS-Inspecta Sertifiointi Oy:n mukaan sekoitusajan on oltava vähintään 60 s. Pidempi sekoitusaika ei paranna normaalibetonin homogeenisuutta, ellei ole kyse jostakin erikoisbetonista. Erikoisbetonin laatu paranee jos sekoitetaan sitä enemmän kuin 60 s. Ennakkokokeilla löytyy optimaalinen sekoitusaika, mutta valitsemalla oikean sekoittimen, saadaan parempi lopputulos. Vapaapudotus- ja pakkosekoittimet ovat sekoituskyvyltään samanarvoisia, kun on kysymys notkeudeltaan normaaleista valubetoneista. Sen sijaan pakkosekoitin soveltuu paremmin jäykempien betonimassojen sekoittamiseen. [2 ss. 298-299]

2.3.6 Osa-aineiden lämmitys

Betonin valmistuksessa on tärkeää tietää ja hallita osa-aineiden lämpötilaa, jolloin saadaan sopiva betonimassan lämpötila.

Kiviaineksen, mikä on merkittävin osa-aine, lämpötilaa voidaan säätää syöttöveden avulla. Kesäaikana kiviaineksen lämpötilan merkitys ei ole niin suuri, vaan yritetään pitää kiviainesta kuivana. Höyry, lämpöpatterit tai lämminilmahuallus ovat kolme vaihtoehtoa, millä voidaan kiviaines pitää kuivana. Kuumailmalämmitys on yleisin menetelmä. Talven aikana kiviaineksen seassa olevat jääkamit vaativat erityisesti niiden sulattamista, mikä voi johtaa äkilliseen paikalliseen kosteuden nousuun.



Kuva 16. Tecwill COBRA C80 betoniaseman seosaineiden ja betonin lämmitysjärjestelmä [1]

Myös muiden osa-aineiden lämpötiloja on tietävä ja hallittava, kuten sementin ja veden.

Veden avulla voidaan parhaiten ja nopeimmin saavuttaa haluttu betonimassan lämpötila, koska vettä on helppo lämmittää, veden lämpökapasiteetti on suuri ja tästä johtuen lisäämällä kylmää tai kuumaa vettä voidaan massan lämpötilaa helposti säädellä.

Tietämällä ainesosien lämpötilat ja sekoitussuhde (missä suhteessa kiviaineksen, sementin, lisä- ja seosaineiden sekä veden massat ovat tai tulevat sekoitettuna keskenään) voidaan laskea likimääräinen betonimassan lämpötila:

$$T_b = \frac{c_k \times T_k \times m_k + c_s \times T_s \times m_s + c_v \times T_v \times m_v}{c_k \times m_k + c_s \times m_s + c_v \times m_v}, \text{ missä}$$

T_k on kiviaineksen lämpötila (°C)

T_s on sementin lämpötila (°C)

T_v on veden lämpötila (°C)

m_k on kiviaineksen massa (kg)

m_s on sementin massa (kg)

m_v on veden massa (kg)

c_k on kiviaineksen ominaislämpökapasiteetti = 0,9 kJ/kg°C

c_s on sementin ominaislämpökapasiteetti = 0,9 kJ/kg°C

c_v on veden ominaislämpökapasiteetti = 4,2 kJ/kg°C

Tästä kaavasta voidaan ratkaista tarvittava veden lämpötila:

$$T_v = \frac{T_b(c_k \times m_k + c_s \times m_s + c_v \times m_v) - c_k \times T_k \times m_k - c_s \times T_s \times m_s}{c_v \times m_v}$$

Kaava pätee silloin, kun kiviaineksen seassa ei ole jääkameja lisäksi on otettava huomioon, että m_k tarkoittaa vain kuivaa runkoainetta ja m_v käsittää sekä kiviainekseen kosteutena sisältyvän että massaan lisätyt veden. Infrapunakameralla tai lämpötila-antureilla mitataan betonimassan lämpötila. [2 ss. 295-297]

2.3.7 Ohjausjärjestelmä

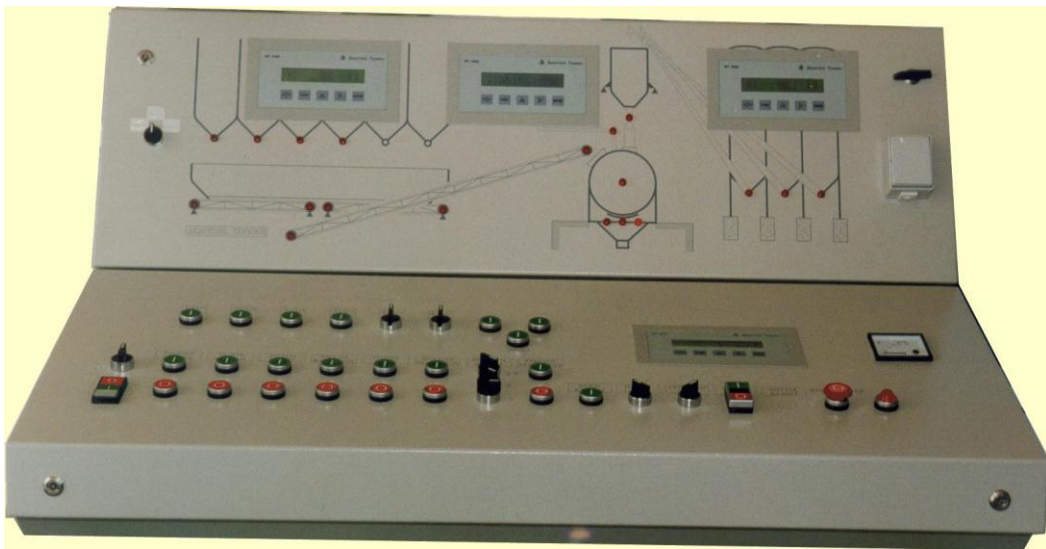
Nykyisin tietotekniset ja mekatroniset ratkaisut, kuten tietokoneohjaus ja automaatio, ovat niin pitkälle kehittyneet, että betoniasema on lähes täysin automatisoitu. Tietenkin automaation monipuolisuus riippuu asemien valmistajista sekä valmistajien valitsemista automaatoratkaisuista (tuotteet, palvelut, logiikkayksiköt ja ohjelmistot). Pientä asemaa voidaan helposti ohjata käsin, mutta mitä suurempitehoinen on betoniasema, sen enemmän kannattaa panostaa ja investoida tehtaan toiminnan automatisointiin. Automaatiikan avulla pystytään valmistamaan juuri se vaadittu betonimassaseos (osa-aineiden sekoitussuhde ja betonimassan notkeus) mitä asiakas vaatii. Keräämällä ja tallentamalla lokille betoniaseman toiminnan aikana tapahtuvia betonin tilauksia (betonin käyttöasteen tarkastelu) ja häiriöitä voidaan jatkossa parantaa valmistuksen hallitsemista ja ennaltaehkäistä suurempia korjaustoimenpiteitä, mikä jarruttaa esim. rakennusprojektin etenemistä.

Betoniaseman korjaustoimenpiteiden aikana on tärkeää olla yhteydessä aseman valmistajan kanssa. Tällöin korjaustyöt, vaihto- ja varaosien sekä uusien antureiden hankinta ja ohjelmiston päivitys etenevät hallitusti ja moitteettomasti. Molemmat osapuolet saavat palautetta sekä valmistaja yrittää parantaa palveluaan jälkimarkkinoinnissa.

Betoniaseman ohjauksessa tärkeimpinä kohtina pidetään kiviaineksen kosteuspitoisuuden mittausta, sillojen täyttöasteen mittausta, käyttöveden lämpötilan mittausta, prosessin kulkua ilmaisevia indikaattoreita, erilaisia varmuusjärjestelmiä ihmisvirheiden estämiseksi sekä annostelutietojen rekisteröintiä. [2 ss. 299-300]

Taulukko 1. Osa-aineiden sallitut poikkeamat betoninormien by 50 (2004) mukaan. [2 s. 298]

Osa-aine	Sallittu poikkeama
Sementti Vesi Kiviainesten kokonaismäärä Seosaineet, joita käytetään >5 % sementin massasta	± 3 % vaaditusta määrästä
Lisä- ja seosaineet, joita käytetään ≤ 5 % sementin massasta	± 5 % vaaditusta määrästä



Kuva 17. Vanhamallinen betoniaseman ohjaus. [10]



Kuva 18. Nykyaikainen ison betoniaseman valvonta/ohjaushuone. [11]

3 Varsinainen aihe

Opinnäytetyöni alussa kerroin lyhyesti mistä on kyse ja halusin ensin tutustuttaa lukijaa ennakkoon suureen kokonaisuuteen – betonitekniikkaan, koneinsinöörin näkökulmasta. Nyt, kun tiedämme jonkin verran betonista ja siihen kuuluvasta betonitekniikan osion alkupäästä, keskitymme nyt varsinaiseen aiheeseen – kiviainessiilon modulointiin.

3.1 Tuotekehitys

Tuotekehityksellä ymmärretään toimintaa, jonka tavoitteena on kehittää uusi tai parannettu tuote. Tuotekehitys on monivaiheinen prosessi. Se käsittää tuoteidean etsimisen, kehitysnäkymien, markkinoiden ynnä muiden tuotekehityshankkeen käynnistämiseen tarvittavien tietojen selvittämisen, varsinaisen tuotteen luonnostelun, yksityiskohtaisen suunnittelun, optimoinnin, työpiirustusten tekemisen, käyttöohjeiden laatimisen sekä tuotantomenetelmien kehittämisen.

Tuotekehityksen pyrkimyksenä on täyttää asetetut tavoitteet niin hyvin kuin on teknisesti ja taloudellisesti mahdollista ja tarkoituksenmukaista.

Tuotekehityksessä voi olla kyse täysin uuden tuotteen suunnittelemisesta tai olemassa olevan tuotteen edelleen kehittamisestä niin, että tuotteesta tulee teknisesti aikaisempaa parempi ja valmistuskustannuksiltaan halvempi. [12 s. 9]

3.1.1 Tuotekehityksen työvaiheet

Tuotekehitystä voidaan jakaa neljään päävaiheeseen (kuvio):

1. Tuotekehitysprojektin käynnistäminen
2. Luonnostelu
3. Kehittely
4. Viimeistely

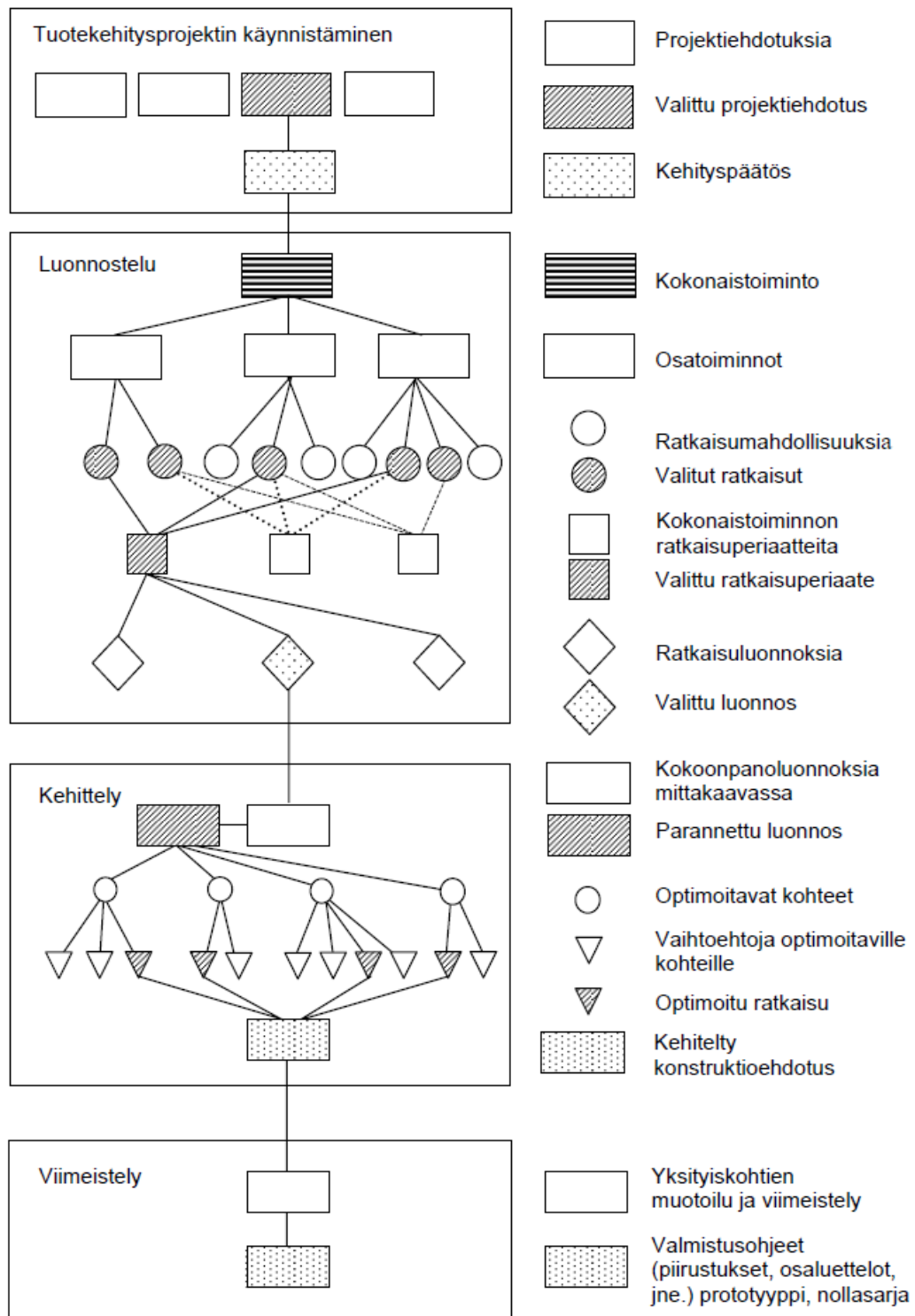
Ennen tuotekehitysprojektin käynnistämistä yritys selvittää oman tuotteen parantamista tarvittavat kohdat (projektiehdotukset), valitsee ”heikoimman lenkin” (valittu projektiehdokas) ja tekee kehityspäätöksen siitä. Ja sitten yritys käynnistää tuotekehitysprojektin jos se on tarpeellista ja mahdollista toteuttaa.

Luonnosteluvaiheessa valittu tuotekehitysryhmä analysoi tehtävää, laatii uudelle tuotteelle asettavat vaatimukset ja tavoitteet. Tietenkin heti ei synny uuden tuotteen luonnos, vaan hiomalla ryhmän esittämiä ratkaisumalleja etsitään optimi

ratkaisu, jonka tuotekehityspäällikkö ja toimitusjohtaja hyväksyvät. Tällöin edetään kohti valitun luonnoksen kehittelyä.

Kehittely alkaa valitun luonnoksen kokoonpanoluonnoksesta. Näin voidaan havaita teknisesti ja taloudellisesti heikkoja kohtia, joita pyritään poistaa. Täten saadaan parannettu luonnos yksi tai useampi. Parannettua luonnosta optimoidaan, eli etsitään tuotteesta valmistuskustannuksiin ja teknisiin ominaisuuksiin vaikuttavat oleelliset osat. Selvitetään vaihtoehtoiset raaka-aineet, edullisin geometria jne. Valitsemalla optimoitua ratkaisua, esitetään tuotekehityspäällikölle ja toimitusjohtajalle kehitelty konstruktioehdotus. Jos ehdotus ei toteuta vaatimuksia riittävän hyvin, on kehitystyö aloitettava alusta ja valittava uusi ratkaisuluonnos.

Viimeistelyn vaiheessa piirretään hyväksytyyn konstruktioehdotuksen työpiirustukset, laaditaan osaluettelot, käyttö- ja huolto-ohjeet jne. Jos tuote kuuluu sarjavalmistukseen, silloin valmistetaan koekappale eli prototyyppi. Valmistuksen jälkeen prototyypin ominaisuuksia tarkistetaan, että ne vastaavat asetettuja vaatimuksia. Sitten valmistetaan nollasarja, jolla testataan suunniteltuja valmistusmenetelmiä ja kerätään tietoja uuden tuotteen ominaisuuksista. Jos tuotekehityksessä kehiteltävänä on suuri ja kallis tuote, tällöin ei ole mahdollista valmistaa tuotteen prototyyppiä, vaan on valmistettava täysmittainen tuote ja testattava sitä. Viimeistelyvaiheen lopussa päätetään aloitetaanko tuotteen valmistus vai ei. Negatiivinen vastaus voi myös olla, koska saattaa olla, että yrityksellä ei ole riittävästi resursseja eikä löydy sijoittajia tai voi olla myös taloudellinen taantuma ajamassa muita yrityksiä kohti konkurssia. Tai markkina-alueella ei ole enää tarvetta tällaisessa tuotteessa, eli kehitys on mennyt jo ohi ja kilpailijoilla on tarjottavana parempi, halvempi ja valmistusteknisesti nopeammin valmistuva tuote. [12 ss. 14-17]



Kuvio 2. Tuotekehitysprojektin toimintavaiheet [12 s. 16]

3.2 Moduulijärjestelmä

Moduulijärjestelmällä tarkoitetaan koneiden, rakenneryhmien ja yksittäisosien kokoelmaa, jonka jäsenet (moduulit) edustavat erilaisia toiminnallisia ratkaisuja. Yhdistelemällä niitä voidaan toteuttaa erilaisia kokonaistoimintoja.

Moduulit ovat itsenäisiä osia, joita yhdistelemällä saadaan jonkinlainen kokonaisuus. Moduulit yleensä jaetaan toimintomoduuleiksi ja valmistusmoduuleiksi. Toimintamoduuli on määrittää teknisten toimintojen toteutumista siten, että ne toteutuvat joko yksin tai yhdessä toisten moduulien kanssa. Valmistusmoduuli on toiminnosta riippumatta puhtaasti valmistustekninen moduuli.

Erilaisten tai samanlaisten moduulien liittämässä tarvitaan aputoimintoja. Aputoiminnot toteutetaan apumoduuleilla, jotka ovat yleensä kiinnitys- ja liitoselementtejä. Apumoduulit yleensä kuuluvat perustoiminnon toteuttajina ja niitä voidaan kutsua pakkomoduuileiksi. Pakkomoduuli on toimintomoduulin välttämätön osa, joka toteuttaa perustoimintoa. Erikoismoduulit toteuttavat erikoisia toimintoja. Ne joko lisäävät erityisiä osatoimintoja tai täydentävät kokonaistoimintoa.

Moduulit, monimutkaistuessa valmistusteknisen näkökohdan mukaan, jaetaan suurmoduuleiksi ja pienmoduuleiksi. Suurmoduuli on rakenneryhmä, johon kuuluu useampi valmistusosa ja pienmoduuli, työkappale. [13 ss. 436-440]

Paras esimerkki moduulijärjestelmästä on lasten LEGO-lelusarjaa valmistava tanskalainen yritys The Lego Group, joka antaa mahdollisuuden kuluttajalle rakentaa pienemmästä työkappaleesta, pienmoduulista, suuren kokonaisuuden, suurmoduulin. Lisäämällä erikoismoduuleja saadaan rakennettua LEGO-palikoista pienen, liikkuvan auton, junan, robotin. Käyttämällä pienmoduuleja rakennetaan kokonaisia infrastruktuureja. Vain mielikuvitus ja LEGO-palikkojen fysikaaliset ominaisuudet rajoittavat kokonaisuuksien rakentelua.

Tuotteen muuttaminen moduuleiksi edellyttää ei pelkästään etuja tuotteen kannalta, mutta myös haittoja tulee. Esittelen nyt lähteestä [13 ss. 448-451] suoran lainauksen moduulijärjestelmien eduista ja haitoista:

Lähes kaikilla toimialueilla on valmistajan etuina:

- tarjouksia, suunnitelmien tekoja ja konstruktioita varten voidaan käyttää jo valmiita suoritusasiakirjoja. Konstruktio kustannuksia syntyy vain ensimmäisellä valmistuskerralla, mikä tosin rasittaa tuota kertaa myös ylimääräisesti
- tilaukseen sidottuja konstruktio kustannuksia syntyy vain ennalta aavistamattomille lisälaitteille
- yhdistelymahdollisuus epämoduulin kanssa
- yksinkertaisempi työn esivalmistelu ja parempi valmistusaikataulun valvonta on mahdollista

- tilauksen käsittelyä konstruktio- ja valmistusosastoilla voidaan huomattavasti lyhentää moduulien rinnakkaisvalmistuksella, sitä paitsi hyvä toimitusvalmius
- ATK-avusteinen tilauksen käsittely helpottuu
- kustannuslaskenta yksinkertaistuu
- moduuleja voidaan valmistaa tilauksista riippumatta optimaalisissa erissä, mikä voi johtaa kustannuksiltaan edullisempiin valmistusvälineisiin ja – menetelmiin
- hyvät asennusolot tarkoituksenmukaisen rakenneryhmäjaottelun ansiosta
- moduulijärjestelmäteknikkaa voidaan soveltaa erilaisilla tuotantoprosessin konkretisoitumisasteilla, konstruktio-osastolla piirustusten ja osaluetteloiden laatimisessa, edelleen työsuunnitelmien teossa, raakaosien ja puolivalmistuiden hankinnassa, osien valmistuksessa ja asennuksessa sekä myynnissä

Myös käyttäjälle koituu eräitä etuja:

- lyhyt toimitusaika
- paremmat vaihto- ja kunnostusmahdollisuudet
- parempi varaosapalvelu
- myöhemmät toimintoparannukset ja laajennukset voivat tapahtua muunnelmakirjon puitteissa
- virhemahdollisuudet lähes poissuljettuja kypsytetyn muotoilun ansiosta

Valmistaja on saavuttanut moduulijärjestelmän rajat, kun alajaottelu moduuleihin johtaa teknisiin puutteisiin ja taloudellisiin haittoihin:

- sovittautuminen asiakkaiden erityisiin toivomuksiin ei enää ole yhtä laajasti mahdollista kuin yksittäiskonstruktioissa (joustavuuden ja markkinasuuntautumisen väheneminen)
- konstruktio-kustannukset lankeavat suuremmissa määrin etukäteen maksettaviksi. Sen vuoksi usein kokoonpanorakenteen vahvistamisen jälkeen jätetään työpiirustusten laatiminen vasta siihen, kun tilaus saadaan. Näin moduloidun järjestelmän piirustukset täydentyvät vähitellen
- tuotemuutoksia ei kannata tehdä muutoin kuin pitkin aikavälein, koska kertakaikkiset kehityskustannukset ovat korkeat
- tekninen muotoilu riippuu toisin kuin yksittäisvalmistuksessa rakennuspalojen muotoilusta ja hajoituksesta
- suurentuneet valmistuskustannukset esim. sovitepintojen suuremman valmistustarkkuuden vuoksi, koska jälkityö ei ole mahdollista
- asennuskustannukset ja tarvittava huolellisuus suurenevät
- koska valmistajan näkökohtien lisäksi tarvittaisiin käyttäjän näkökohtia, on monessa tapauksessa optimaalisen moduulijärjestelmän määrittäminen vaikeaa

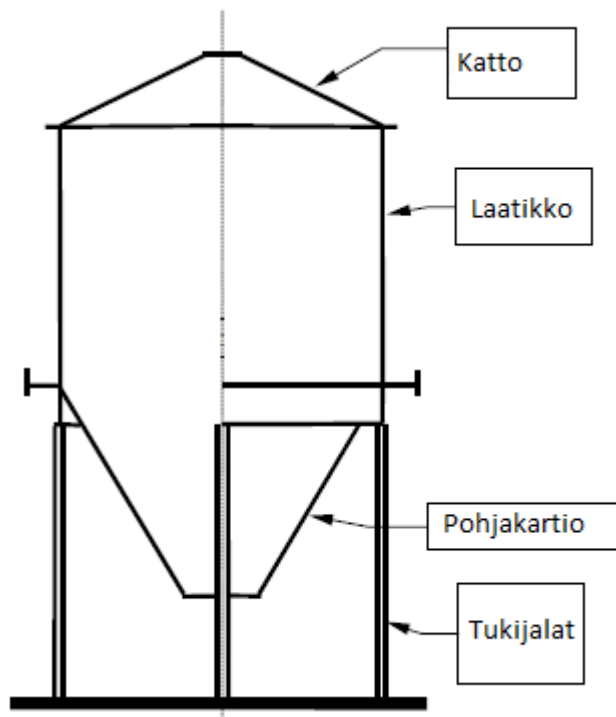
- harvinaiset yhdistelmät moduulijärjestelmä-ohjelman puitteissa korvaamassa kokonaistoiminnon poisjätettyjä muunnelmia voivat tulla kalliimmaksi kuin varta vasten tätä tehtävänasettelua varten tehdyt yksittäisvalmisteet

Käyttäjällekin voi koitua haittoja:

- käyttäjän erikoistoivomukset voidaan vaikeasti toteuttaa
- tietyt laatuominaisuudet voivat olla huonommat kuin yksittäisvalmisteissa
- verrattuna erityisesti tiettyä toimintomuunnelmaa varten kehitettyyn tuotteeseen nousevat mm. tilantarve ja peruskustannukset, koska painot ja rakennetilavuudet ovat osittain suuremmat

3.3 Kiviainessiilon tuotekehitys

Kiviainessiilo on kiviainesten varastointiastia. EN 1993-4-1:2007 [14] standardin mukaan siilo on pystyssä oleva lieriömäinen tai neliskanttinen teräs rakenne, johon lisätään ylhäältä rakeisia tai kiinteitä aineita.



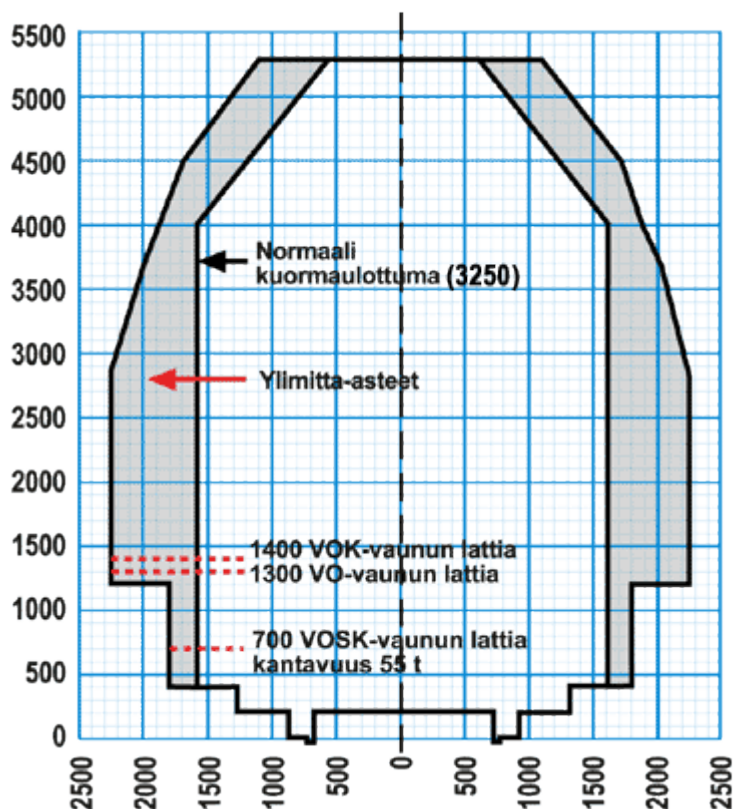
Kuva 19. Neliskanttisen siilon esityskuva. [14]

Kuva 19 esittää yksinkertaisesti kivisiilon rakennetta. Kivisiilon katto/kansi on yleensä kulmakatto saattaa keskeltä taittua avatessa sitä. Kulmakatto pitää päällään suuremman kuorman esim. lumen sekä tuulisissa olosuhteissa aerodynaamisista ominaisuuksistaan estää hallitsematonta avautumista. Laatikkoa usein kutsutaan välikerrokseksi. Lisäämällä välikerroksia ylöspäin saadaan jo moduloitu tuote ja samalla helposti siilon tilavuuden kasvun. Pohjakartio on

muodoltaan pyramidimainen ilman huippua oleva yläsalaisin asennettu laatikon alapuolelle ja tukijalkojen välille teräsrakenne. Tukijalat pitävät siilon paikalla sekä ottavat kaiken kuorman myös vaakahihnoista, jotka ovat pohjakartion alapuolella. Yhdistämällä kivisiiloja peräkkäin saadaan isompi kokonaisuus – kivisiilosto (katso kuvio 1).

3.3.1 Fysikaaliset mitat

Tutkimalla Tecwill Oy:n aiempia projekteja sekä laatimalla vaatimuslistaa, minkä mukaan kiviainessiiloston on mahdollista lvy-maiden tavarajunaan (katso kuva 20) leveyden oltava alle 3 m, korkeuden on myös oltava alle 3 m. Pituudeltaan lvy-maiden tavarajunaan mahtuu 14m pitkää tavaraa – alle 14 m pitkä esim. 4 siilosta koostuva kiviainessiilosto. Teräsrakenteen painon on alittava ainakin 18 t ja tavarajunan maksimikuorma on 22 t. Ja kivisiiloston on oltava modulaarinen.

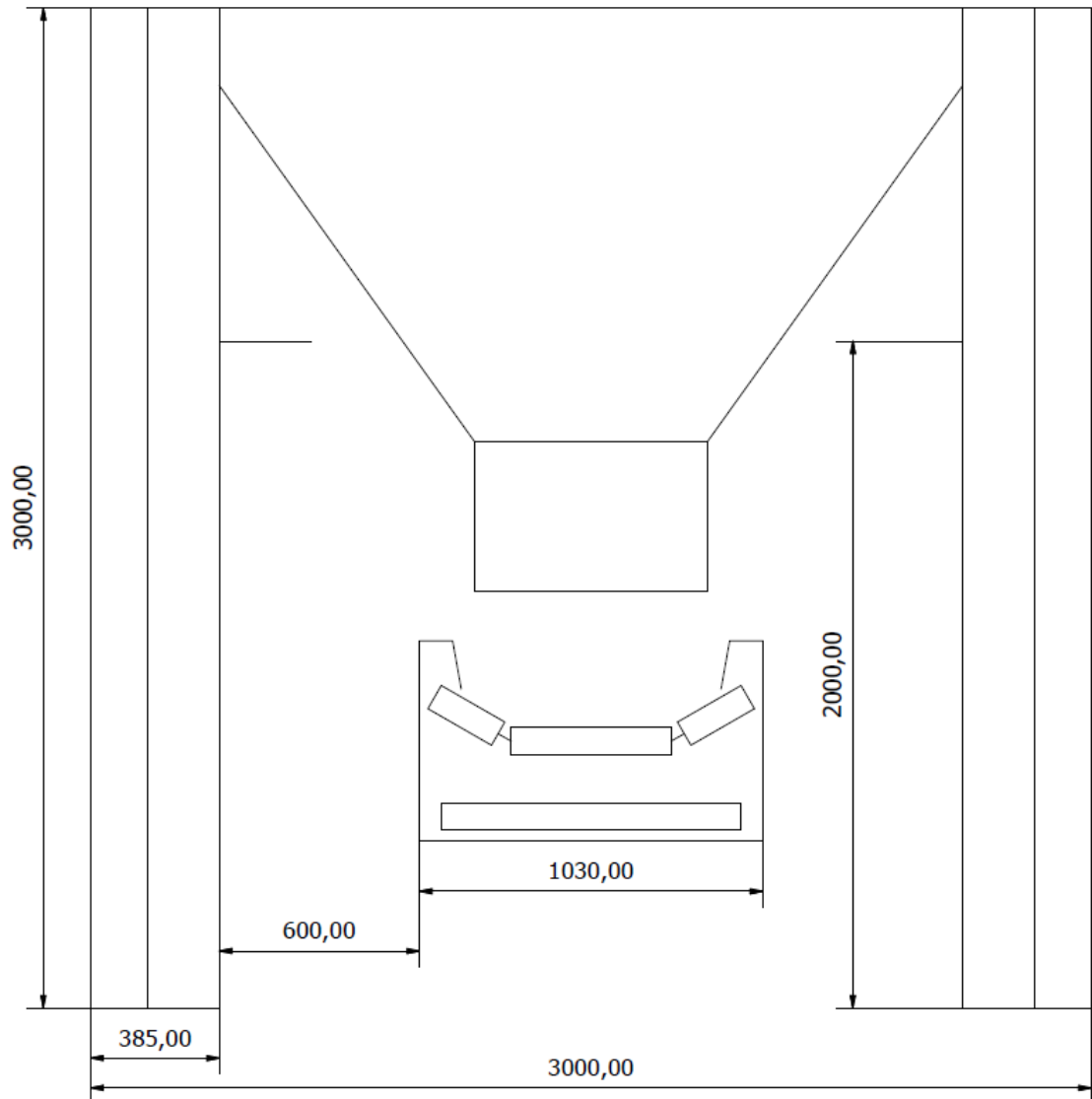


Kuva 20. IVY-maiden rautateiden kuormaulottumat [15]

Koska toimeksiantajan pyynnöstä en saa suoraan kertoa saatuja mittoja, voin kirjoittaa pienen arvion kiviainessiiloston mitoista.

Otetaan siiloston maksimileveydeksi 3 m, -korkeudeksi 3 m ja -pituudeksi 14 m. Siiloston keskellä pohjakartion alapuolella on vaakahihna esim. Metson kuljetushihna [16], johon lisäämällä vaakoja saadaan aikaan vaakahihnaa; hihnan leveys vie 1030 mm tilaa siiloston sisältä. Työturvallisuusohjeiden mukaan ra-

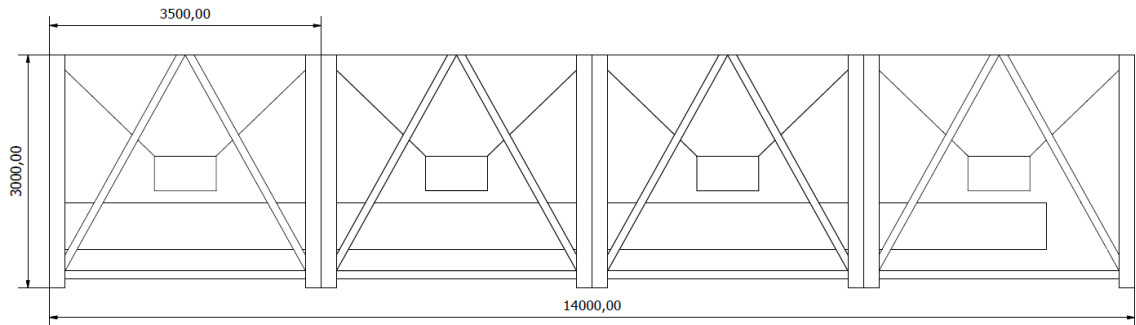
kennelmien sisällä liikkumistilaa on oltava vähintään 60 cm. Näin ollen saadaan seuraavanlainen kuva:



Kuva 21. Siiloston alaosan periaatteellinen kuva rajoituksilla. [Itse tehty]

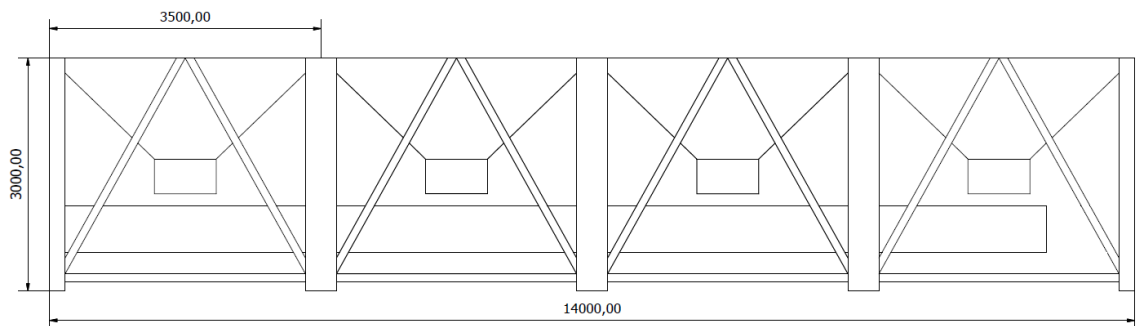
Kuvan 21 mukaan kävelytilan minikorkeus sähköhyllyihin saa olla 2 m, kysyin sähköasentajilta. Vaakahihnan ja alatason väliin on jätettävä tilaa huoltoa varten. Kokonaisuudessa saadaan tukijaloille tilaa 385 mm, mutta siitä on vähennettävä suurpiirtein 100 mm lämpöeristettä varten. Pohjois-Euroopan ja Venäjän talvet ovat kylmiä, ja kun on mahdollista valmistaa betonia pakkasten aikana, nostaa sellainen betoniasema arvonsa asiakkaiden silmissä. Tämä kaikki on vain sitä täydellistä maailmaa. Todellisuudessa on kavennettava siilostoa sen verran, että olisi mahdollista ongelmitta ja naarmuita mahdollistaa tällainen rakenne tavarajunaan, että ainakin käsi mahtuisi molemmilla puolilla. Sama juttu koskee myös rakenteen korkeutta. Myös sähköhyllyä on nostettava sen verran, että kun asennetaan hyllyn alapuolelle valaisimia, niin valaisimista maahan asti on korkeutta vähintään 2 m.

Siilosto on jaettava moduuleihin. On loogista päätellä sellainen vaihtoehto, missä moduuli koostuu omista pohjakartioista ja tukijaloista. Pohjakartion pituutena voisi olla $14\text{ m} / 4 = 3,5\text{ m}$. Kolmen ja puolen metrin pituiseen pohjakartioon voidaan syöttää kiviainesta keskikokoisella pyöräkuormaajalla, olettaen kauhan leveyden mahtuvan kartion pituuteen. [17 s. 27]



Kuva 22. Siiloston modulointi vaihtoehto 1. [Itse tehty]

Ensimmäinen vaihtoehto näyttääkin jo moduloidulta tuotteelta, mutta kahden moduulin liittämiskohdalla tulee olemaan kaksi tukijalkaa, mikä dramaattisesti nostaa siiloston massaa. Ja muutenkin yksi liitosjalka kestäisi kuorman, mikä on vain pystysuuntainen. Eli tällainen vaihtoehto ei tullut hyväksytyksi, vaan hyväksyttiin seuraavanlainen vaihtoehto:



Kuva 23. Siiloston modulointi vaihtoehto 2. [Itse tehty]

Kuva 23 vähän harhaan johtaa sillä tavalla, että pohjakartioitten välillä olevat tukijalat ovat paksumpia kuin sivuissa olevat jalat. Mallinnuksen aikana käytin samasta teräsprofiilista valmistettuja tukijalkoja ja kaikki jalat olivat identtisiä. Kaikki luonnostelut pohjautuivat rajoitteisiin sekä mallipohjina toimivat täysin hitsattuun siilostoihin.

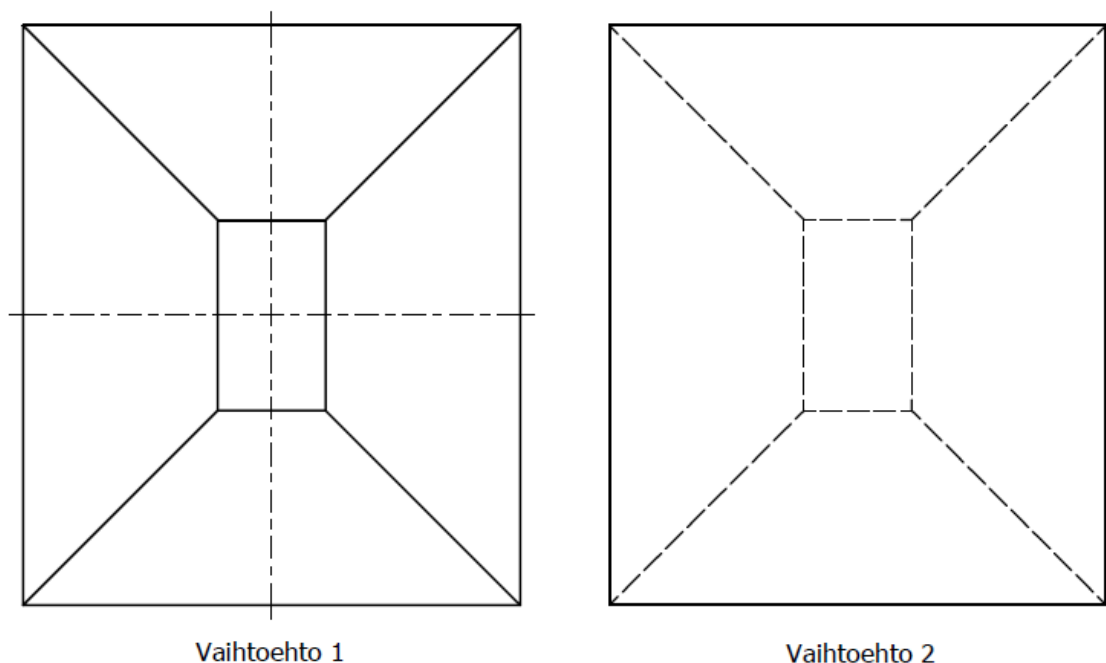
Täysin hitsatun siiloston etuna on sen jäykkyys ja yhtenäinen toiminta kuormituksen vastaanotossa ja sen jaossa läpi koko rakennetta.

3.4 Moduulijako

Tukijalkojen tilanne oli hoidettu. Seuraavana piti miettiä, käytäntö enemmän kuin yksi teräsprofiilia. Massan olevana rajoitteena piti kokeilla suuria teräsprofiilivalikoimia. Samana aikana piti miettiä, miten jaan toimintomoduulit pienempiin moduuleihin, jotta saan kokonaisuudessa täysin purettavan sekä siiloston, että jokaisen sen toimintomoduulin. Niin kuin kuvasta 16 näemme vaakahihnan lähestyessä betoniaseman päämoduulia, hihna kohoaa. Tämä merkitsee sitä, että etumoduulista tulee vähän erilaisempi pohjakartion epäsymmetrisyydestä. Havaitsemme myös sellaisen kohdan, että peräkartio on myös epäsymmetrinen. Kävi kyllä mielessä mallintaa mallin, mikä toimisi sekä etu- että perämoduulina, mutta perään kiinnitettävän moduulin pohjakartion tyhjennysaukkoon kiinnitetyn syöttimen kori oli liikaa tullut ulospäin suhteessa vaakahihnan taittopään takaseinämään nähden.

Näin koko siiloston jaoin kolmeen toimintomoduuliin etu-, väli- ja perämoduuleihin.

Seuraavana piti miettiä miten kiinnitän pohjakartion tukijalkojen päälle. Hoidettua tätä asiaa ehdotti toimeksiantaja, että olisiko mahdollista myös purkaa kartioitakin pienempiin osiin. Siinä tuli vastaan sellainen kysymys – kummin päin?




Kuva 24. Kartion jakaminen pienempiin osiin. [Itse tehty]

Yllä olevan kuvassa katkoviivat esittävät kartion jakoa. Vaihtoehtoa 1 mallinsin ja sitten huomasin, että tällaisten kappaleiden varastoinnissa tilantarve on paljon suurempi kuin toisessa vaihtoehdossa. Joten liitoskohdat siellä, missä levyt eli sivutahot kohtaavat toisiaan muodostaen pyramidin särmiä.

3.4.1 Mitä varten piti kaikki purkaa?

Siiloston purku suhteellisesti pieniin osiin mahdollistaa tämän varastoinnin pienemmässä tilassa sekä kuljetuksen merikontissa. Jos tällainen tuote mahtuu merikonttiin, ei tarvitse enää hoitaa siiloston kuljetusta erikoiskuljetuksena. Erikoiskuljetus maksaa enemmän tavallista.

40' HC (high cube)				
	Sisämitat	Pituus 12 030 mm	Leveys 2 340 mm	Korkeus 2 690 mm
	Ulkomitat	Pituus 12 192 mm	Leveys 2 440 mm	Korkeus 2 896 mm
	Pinta-ala	28,1 m ²		
	Tilavuus	76,3 m ³		
	Kantavuus (uusissa)	26 000 kg		
	Paino	4 200 kg		
	Eurolavat (120 x 80)	23 kpl		
	Ovien aukeamis	Leveys 2 330 mm	Korkeus 2 580 mm	
	Saatavilla myös PW versio, jossa sisäleveys +9cm			

Kuva 25. Esimerkki 40-jalkaisesta merikontista. [18]

Pienempien osien valmistus vaatii pajalta vähemmän tilantarvetta eli voidaan unohtaa isot konepajat, riittää pienikin. Työllistyvät pienemmätkin yritykset. Moduulirakenteisen siiloston rinnakkaisvalmistus tapahtuu ongelmitta, kunhan valvoo valmistusta oma tai sitten luetettava ja kokenut valvoja. Jos ennen täyshit-satun siiloston valmistuksessa piti käyttää yhtä isoa työtilaa/hallia ja nyt pystytään rinnakkain valmistamaan joko valmistusmoduuleja tai toimintomoduleja, niin kiviainessiiloston läpimenoaika lyhenee dramaattisesti. Läpimenoajan lyhentämisellä on suuri vaikutus, tässä tapauksessa, koko betoniaseman valmistukseen menneen aikaan. Lyhyemmällä ajalla valmistuva betoniasema antaa valmistajalle lisää aikaa aseman testaamista varten sekä vikojen etsimiseen. Täten voidaan parantaa tuotteen laatua ja toimittaa tuote asiakkaalle hyvissä ajoin.

4 Pohdinta

4.1 Mitä jäi tekemättä

Kokonaisuutta katsoen olen vain, suurpiirtein, tehnyt kolmanneksen aiheeseen liittyvästä työmäärästä.

Koko kesä minulla meni kiviainessiiloston modulointimahdollisuuksien luonnosteluun. Luonnostelun aikana mallinsin aina uudelleen paremman ja enemmän ruuviliitoksia sisältävän modulaarisen rakenteen ja palaverilla aina esittänyt uuden version, oman vision tuotteesta. Kerroin ja samalla näytin projektoria avulla mitä olin muuttanut, millaisia teräsprofiileja käytin, miksi juuri niitä. Teräsprofiilien lujuuskohtaiset ominaisuudet olivat hyvin lähellä niihin teräsprofiilien ominaisuuksiin, joita yritys käytti täyshitsatun kiviainessiiloston valmistuksessa. Silti jokin osa mallistani ei tavoittanut toimeksiantajan visiota, jouduin uudelleen käymään läpi luonnosteluvaiheen alkaen osatoiminnoista.

Sitten kun kokoonpanomallini viimeisin versio hyväksyttiin, niin jäljelle jäi vain sen konfigurointi ja lujuuskohtaisen analyysin ajo ANSYS-ohjelmalla. Itse en osannut sitä käyttää, joten kieltäydyin ehdotuksesta. Konfigurointi onnistui mallipuolella mainiosti, mutta oli myös mahdollista lisätä malliin graafisen käyttöliittymän. Tämän mahdollisti Autodesk Inventor – ohjelman sisäänrakennettu Microsoftin kehittänyt VBA eli isäntäohjelman sisällä toimiva Visual Basic ohjelmamoduuli. VBA minulle oli tuntematon. Internetistä löytyi paljon tietoa VBA:n toiminnasta Inventorin sisällä. Käymällä läpi muutamia peruskursseja pystyin jo manipuloimaan mallia ja rakensinkin graafisen käyttöliittymän, mutta pelkkä graafinen käyttöliittymä ja mallikonfiguraation vaihtelu klikkauksen päässä ei ollutkaan riittävä tässä tapauksessa. Minulla oli kokoonpanomalli rakennettu niin, että pystyin ohjelman perustyökaluja käyttäen vaihtamaan konfiguraatiota eli toisin sanoen turhaan yritin rakentaa. Silloin kävi mielessä: entäpä jos pystyisin ”klikkauksen päässä” ei pelkästään muuttamaan konfiguraatiota, mutta samalla päivittämään osaluetteloja ja piirustuksia. Inventorin osaluettelon toiminta oli hyvin surkeaa. Piti aina itse manuaalisesti asettaa uudelleen ja luoda Excel-tilukon. Piirustusten kannalta muuttamalla mallin konfiguraatiota mallin ulkomitat jouduin käsin uudelleen määrittämään. Siihen se kokeilu loppui.

Lujuusanalyysistä vielä olisi pari sanaa sanottavana. Periaatteessa aina kun olin mallintanut uuden kokoonpanomallit, piti se malli analysoida lujuuskohtaisesti. Keräämällä rinnakkain sekä mallin muuttamishistoriaa ja lujuusanalyysien tuloksia olisi tullut paljon paremmin optimoitu modulaarinen rakenne mallipuolella.

4.2 Omat sanat tästä työstä

Työ oli erittäin haastava. Vastaanotin tämän työn kaksi viikkoa ennen kuin minulla loppuivat kaikki kurssin AMK:n puolella. Joten oli vähän kiireellistä aikaa minulla, lisäksi kiinnostuin kuin kuulin moduloinnista. Vaikka olin käynyt läpi tuotekehitys – kurssilla moduulijärjestelmään liittyviä kysymyksiä, silti saatu tieto oli minulle jo 2 vuotta vanhaa. Muutenkin otin haasteen vastaan, miksi ei. Nyt vaan toivon, kun alkuaskeleet on tehty, tuotteen etenevän kohti optimaalia ratkaisua

suunnittelu- ja valmistuskohtaisesti sekä olemaan laadukkaana ja huoltoystävällisenä.

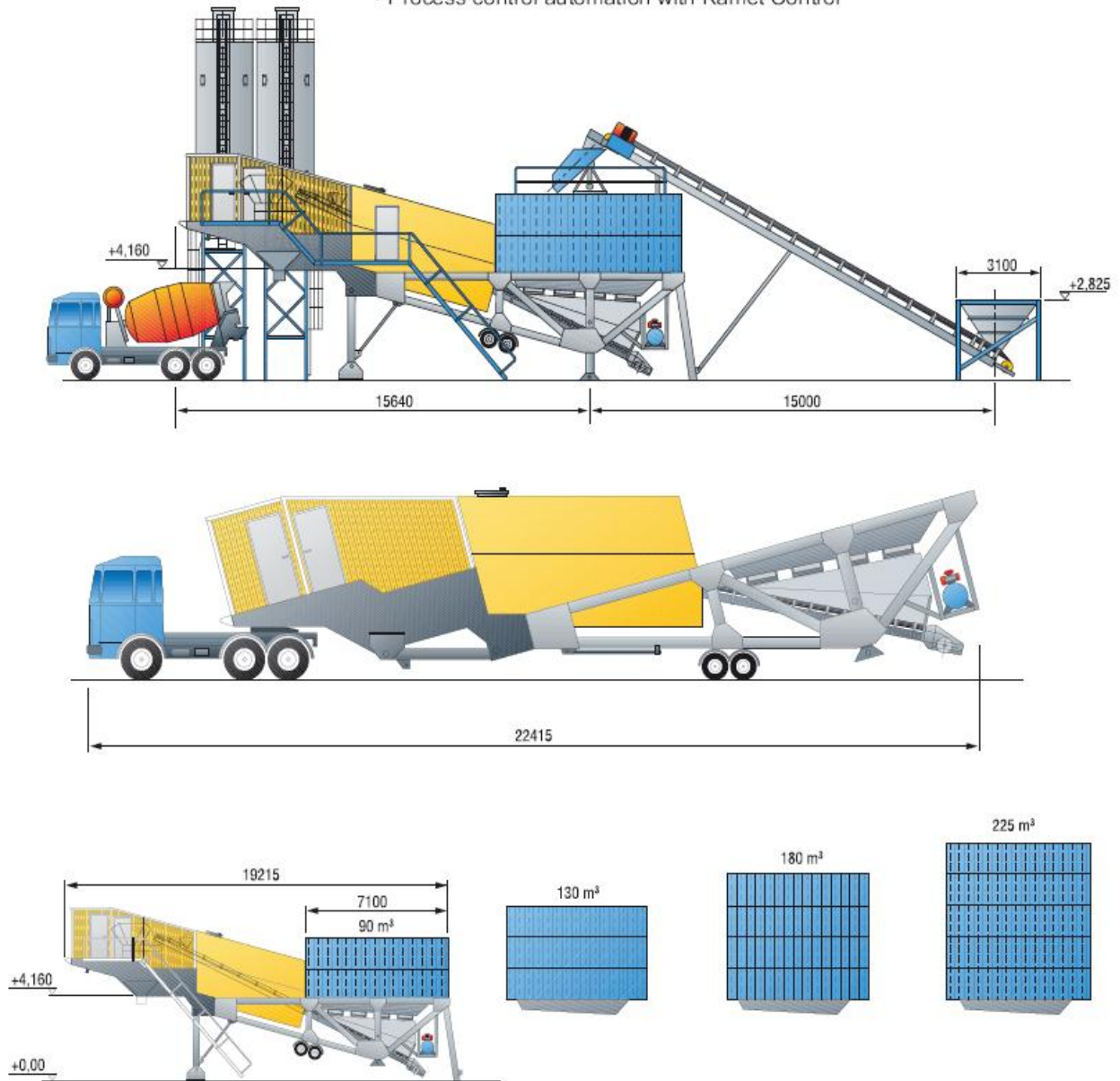
5 Lähteet

1. Tecwill. *Tecwill Oy*. [Online] 2012.
http://www.tecwill.com/fi/document.cfm?doc=show&doc_id=45.
2. RY, Suomen Betoniyhdistys. *Betoniteknikan oppikirja 2004 by 201*. s.l. :
BY-Koulutus Oy, 2012. ISBN 978-952-67169-6-1.
3. ITER. Tokamak Excavation. *ITER The way to new energy*. [Online] The EU,
India, Russia, China, South Korea, Japan and the United States., 2012.
<http://www.iter.org/album/construction/tkm#97>.
4. Steel-Kamet. *Steel-Kamet Oy Downloads*. [Online] 2012.
http://www.steelkamet.com/transfer.php?type=pdf&md5=16ca2bbf3bea88af76e474f1b8b6c0e4&filename=sk_yleises_en_72dpi.pdf.
5. Haarup. Batching and Mixing Plants. [Online] 2012.
http://www.haarup.com/Files/Billeder/Downloads/Brochurer/Doserings_og_blandeanl%C3%A6g_GB.pdf.
6. Starkki. *Starkki*. [Online] 2012.
<http://www.starkki.fi/fi/Products/Tuotesivut/FY51/>.
7. Majakka, Akaan. *Akaan Majakka*. [Online] 2012.
http://2.bp.blogspot.com/_oNIUWiYkSjE/TDo-jxEGKJI/AAAAAAAAAVk/zDC2jI7iBIY/s1600/work13.jpg.
8. Ky, Lapa Mixer. *Lapa Mixer*. [Online] 2012.
http://www.lapamixer.com/web/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=5&Itemid=16&lang=fi.
9. BHS-Sonthofen. BHS Sonthofen. [Online] Mechanical process technology.
http://www.bhs-sonthofen.de/no_cache/en/products/mixing-technology/twin-shaft-batch-mixer.html?tx_z7variantsdownloads%5Bdownload%5D=8.
10. Derdoussis. *Derdoussis Engineering*. [Online] 2012.
<http://www.dedoussis.com/betonsoft.htm>.
11. Nebb. Nebb Control rooms. *Nebb*. [Online] 2012.
<http://www.nebb.com/control-rooms>.
12. Jokinen, Tapani. *Tuotekehitys*. Helsinki : Otatiето Oy, 2001. ISBN 951-672-313-6.
13. Gerhard Pahl, Wolfgang Beitz. *Koneensuunnitteluoppi*. Helsinki : Metalliteollisuuden Kustannus Oy, 1990. ISBN 951-817-468-7.
14. Verkkokauppa, SFS. *Eurokoodi 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 4-1: Siilot*. 2008. SFS-EN 1993-4-1 + AC.

15. Transpoint, VR. VR Transpoint. *VR Transpoint*. [Online] 2012.
http://www.vrtranspoint.fi/index/rautatieologistiikka/asiakkaan-opas_4.html.
16. Corporation, Metso. *Metso*. [Online] 2012.
http://www.metso.com/miningandconstruction/mm_conv.nsf/WebWID/WTB-041125-2256F-1E087.
17. Equipment, Volvo Construction. *Volvo-pyöräkuormaajat L150g, L180g, L220g*. [Online]
http://www.volvoce.com/SiteCollectionDocuments/VCE/Documents%20Global/wheel%20loaders/ProductBrochure_L150G_L180G_L220G_FI_15_20028835_B.pdf.
18. Oy, Scandic Container. *Scandic Container Oy*. [Online] 2012.
http://www.scandiccontainer.fi/index.php?page=uudet-kontit&hl=fi_FI.
19. Tecwill. COBRA betoniasema. [Online] 2012.
http://tecwill.com/fi/document.cfm?doc=show&doc_id=45.

Liite 1. Steel-Kamet Oy:n mobiili betoniasema. [4 s. 10]

- No massive foundation required
- Suitable for construction project sites, even in arctic circumstances
- Can be equipped with Kamet Turbo heating system
- Concrete production capacity, range 40-80 m³/h
- Volume of aggregate silos 90-225 m³
- Process control automation with Kamet Control



The weighing system is the key to high capacity

Haarup weighing units have many applications. Haarup supply weighing belts with high sides and different belt widths or side heights for either stationary or stepwise belt movement when weighing. Or a combined weighing belt with weighing hopper – also combined with the hoist bucket. Another possibility is the travelling weighing hopper that can be used for example with face-mix plants.

Bin system with galvanized day bins of 5 m³ and underlying lattice weighing belt.



400 mm batching belt.



Galvanized batching belt with chute section. Width of belt 400, 500, or 800 mm.

Haarup have many batching possibilities

With Haarup's 5 different batching units for sand/stone materials we have a design that will meet your requirements for all types of batching and mixing plants.

- Batching belt with 3 belt widths for volumetric and weight batching.
- Batching gate with single or double cylinder for fine batching
- Special batching gate/ vibration channel for weight batching with fine batching.



Galvanized batching gate fitted with vibrator.



Combined batching gate for large quantities and vibration channel for



Haarup counterflow mixers have the strength

More and more clients choose Haarup counterflow mixers with many individual adaptation possibilities.

The combination of rotation and counterflowing within the mixers makes it possible to produce concrete to a very high quality with optimum utilisation of cement.



Mixers for all needs with 5 years guarantee



2250 litre Haarup mixer.



3000 litre Haarup mixer with supports.

Mixers in 11 sizes

Haarup counterflow mixers are used for production of heavy concrete, face-mix concrete, lightweight concrete, etc.

The gear construction with strongly dimensioned bearings and toothed wheels in an open oil sump offers unrivalled reliability. All our mixers work with a noise level below 85db(A) thus ensuring a good working environment.



4500 litre Haarup mixer with hoist.

COBRA vakiomallit

MINI C30 ja C40

- Tuotantokapasiteetti 30 tai 40 m³/h
- Kiviainessiilot 2–5 kpl
- Erittäin kompakti rakenne
- Nopea asennus ja käyttöönotto
- Valmisbetoni, elementtibetoni, projektirakentaminen
- Integroitu ohjaamo ja lisäainevarasto
- Talvivarustelu
- Kiviaineksen lämmitys
- Kuumabetonin valmistus
- Edullinen kuljetus
- Helpot perustukset



STANDARD C40, C60 ja C80

- Tuotantokapasiteetti 40, 60 tai 80 m³/h
- Kiviainessiilot 3–6 kpl
- Kompakti rakenne
- Huippuluokan siirrettävyys
- Valmisbetoni, elementtibetoni, projektirakentaminen
- Integroitu ohjaamo ja lisäainevarasto
- Talvivarustelu
- Kiviaineksen lämmitys
- Kuumabetonin valmistus



SUPER C100, C120 ja C160

- Tuotantokapasiteetti 100, 120 tai 160 m³/h
- Kiviainessiilot 3–6 kpl
- Todellinen tehopakkaus betonin tuotantoon
- Valmisbetoni, elementtibetoni, projektirakentaminen
- Integroitu ohjaamo ja lisäainevarasto
- Talvivarustelu
- Kiviaineksen lämmitys
- Kuumabetonin valmistus





COBRA ominaisuudet

Patentoitu erikoisrakenne

COBRA aseman patentoitu erikoisrakenne mahdollistaa aseman kokoamisen jo tehtaalla. Rakenteellisesti asema koostuu moduuleista. Moduulien väliset sähkö- ja automaatioliitokset tehdään pikaliittimin. Asennus ja käyttöönotto on nopeaa, samoin mahdollinen siirto uuteen sijoituspaikkaan. Lopputuloksena on erittäin tehokas ja kompakti betoniasema, joka pystyy valmistamaan huippulaatuista betonia kaikissa olosuhteissa.

Lentävä punnitus

Tecwillin kehittämä kiviaineksen "lentävä" punnitusjärjestelmä antaa suuria etuja perinteiseen punnitukseen verrattuna. Kuljettimet ovat matalia ja sitä kautta kiviainessiilosto tulee matalaksi. Tämä säästää tilaa tontilla ja madaltaa täyttöramppeja. Lentävä punnitus toimii ilman skippi-kuljetinta, joka vie paljon tilaa ja sähköä sekä pienentää aseman kapasiteettia.

Sekoittimet

COBRASSA voidaan käyttää joko tasosekoitinta tai kaksoisakselisekoitinta halutun tuotantokapasiteetin ja käyttötarkoituksen mukaan. Tasosekoitin soveltuu betonielementti- ja betonituotetehtaille sekä valmisbetoniasemiin. Jos halutaan suurta kapasiteettia valmisbetonituotantoon, on kaksoisakselisekoitin sopiva ratkaisu.

Perustukset

COBRA aseman perustukset ovat yksinkertaiset ja edulliset. COBRA soveltuu hyvin tasamaalle. COBRA rakenne mahdollistaa matalan kiviaineksen täyttörampin. Vaihtoehtona betonirakenteiselle perustukselle on MOBILE COBRA mallisto, jossa teräsrakenteiset perustukset siirretään aseman mukana uuteen paikkaan.

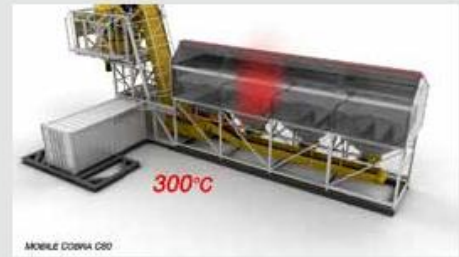
Talvivarusteet

COBRA asema toimii luotettavasti myös talvella. Asema on kokonaan lämpöeristetty ja kaikki sisätilat on varustettu lämmityksellä ja valaistuksella. Kiviainessiilot on varustettu välillä ja lämpöeristetyillä kansilla.

Kiviaineksen lämmitysjärjestelmä WillConHeat

Tehokas kiviaineksen lämmitysjärjestelmä takaa betonin valmistuksen myös talvipakkasilla. Lämmitysjärjestelmä lämmittää kiviaineksen 300 asteisella TURBO höyryllä. Järjestelmä tuottaa lisäksi kuumaa vettä betonin tekoon ja huolehtii tilojen lämmityksestä.

Kuumabetonin valmistus tapahtuu COBRAN ohjausjärjestelmään kuuluvalla ohjelmistolla. Ohjelmistoon määritellään haluttu betonin lämpötila. Ohjelma ottaa huomioon raaka-aineiden lämpötilat ja laskee betoniannokseen tarvittavan kuumen veden määrän, jotta tavoitelämpötila saavutetaan. Raaka-aineiden lämpötila-arvot tulevat automaattisesti lämpötila-antureilta tai ne syötetään järjestelmään manuaalisesti. Myös massan lämpötila sekoittimessa mitataan. Betonin lämpötila voidaan tulostaa kuormakirjalle.



MOBILE COBRA C80



MOBILE COBRA C80



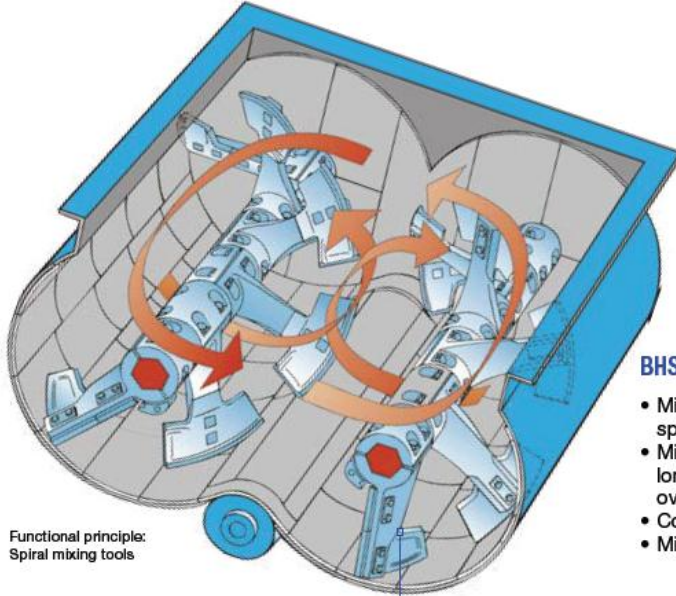
MOBILE COBRA C80



MOBILE COBRA C80

The BHS mixing system

State-of-the-Art: Three dimensional mixing



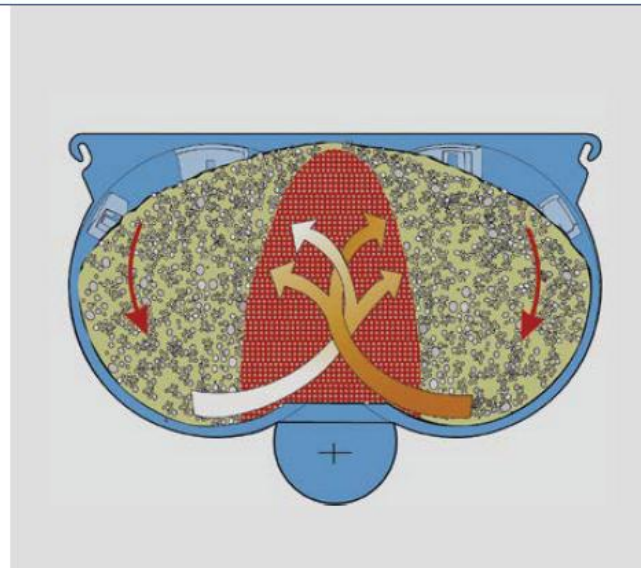
Functional principle:
Spiral mixing tools

BHS spiral mixing tools

- Mixing tools are arranged to create an uninterrupted spiral for each mixing shaft
- Mixing shafts rotate in opposite directions in the longitudinal center of the mixer. This creates an overlap area of the mixing tools.
- Counter shovels are located on the ends of both shafts
- Mixing tools operate at a precise and gentle mixing speed

Operating principle

- A circular three-dimensional pattern is generated for rapid mixture of batch ingredients
- Intensive material exchange in the turbulent overlap area of the two mixing circles
- Energy input is optimized through intensive relative movements of the mixture
- Rapid movement of all materials throughout the mixer during the entire mixing process



Functional principle: Mixture movement and center overlap area

Three-Dimensional . Rapid . Homogeneous

Result: Quality and economic efficiency

Consistent high level homogeneous mixture within rapid mix cycles

- Homogeneous mixture levels of 95% are achievable within 30 seconds
- Batch after batch our mixers produce high level uniform and homogeneous mixtures
- BHS mixing techniques preserve the grain structure of the individual recipe components

High energy efficiency

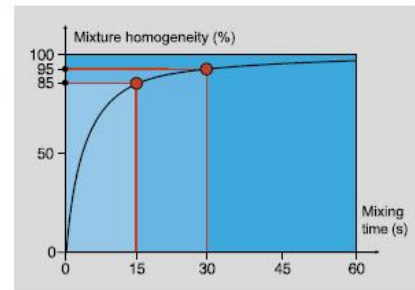
- High mixture performance is achieved at low speeds
- Reduced energy consumption due to short mixing cycles, effectiveness of mixing tools and efficiency of drive units

Low-wear

- Minimal wear of mixing tools and trough liners achieved from lower mixing speeds and mixer compact design
- Reduced wear to internal mixer surfaces in relation to mixture volume
- All wear parts have been optimized and designed for longevity

Efficient concrete production

- Rapid and optimal bonding of cementitious particles
- Potential of reducing cement content due to uniform and consistent mixture of all particles
- Consistent and rapid distribution of admixtures and additives throughout the entire mixture volume
- Batch to batch consistency for all mix designs
- Minimum batch filling levels of 10% are possible
- Guaranteed to mix special concrete recipes (SCC, RCC, UHPC, etc.)
- Hybrid mixing cycles are possible (slow-fast-slow)



Development of the mixture homogeneity related to the mixing time for ready-mixed concrete

Development of homogenized mixture during the actual mixing process

The graphics below illustrates in a realistic simulation the development of the homogeneous mixture during the rapid mixing process. This is exclusive in a BHS twin-shaft batch mixer.

