

Jani Hanhikorpi

# **KONVERTTERIPROSESSIN JÄLKEINEN NÄYTTEENOTTO JA SEN TYÖTURVALLISUUSTARKASTELU**

# **KONVERTTERIPROSESSIN JÄLKEINEN NÄYTTEENOTTO JA SEN TYÖTURVALLISUUSTARKASTELU**

Jani Hanhikorpi  
Opinnäytetyö  
Kevät 2014  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka, tuotantotalous

---

Tekijä: Jani Hanhikorpi

Opinnäytetyön nimi: Konvertteriprosessin jälkeinen näytteenotto ja sen työturvallisuustarkastelu

Työn ohjaaja: Antti Syrjänen, Ruukki Metals Oy ja Lasse Pesonen, Oamk  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2014 sivumäärä: 48 + 2 liitettä

---

Opinnäytetyössä selvitettiin konvertteriprosessin jälkeistä näytteenottoa ja sen työturvallisuutta Raahen terässulatolla. Selvityksen kohteena oli näyteanalyysien rikki- ja piipitoisuudet ja analyysin jälkeiset toimenpiteet. Näyteanalyysien perusteella tutkittiin mahdollisuuksia vähentää näytteenottoa eri sulatustilauksista. Työturvallisuustarkastelussa etsittiin näytteenottajaan kohdistuvat vaaratekijät ja asiat, joita näytteenottajan tulee huomioida liikkeessaan konvertterin edustalla.

Työn alussa tarkasteltiin viimeisen vuoden ajalta sulatustilauksia, joista oli otettu konvertteriprosessin jälkeinen näyte. Näyteanalyyseista haettiin rikin ja piin arvot valunäytteissä, etunäytteissä ja konvertteriprosessin jälkeisissä näytteissä. Analyyseista koottiin pistekaavioita kuvaamaan aineiden käyttäytymistä prosessin aikana. Konvertterin henkilöstön kokemuksia näytteenotosta ja sen tarpeellisuudesta käytettiin ohjeena uuden työohjeen muokkaamiseen.

Konvertteriprosessin jälkeistä näytettä tilastojen perusteella vähennetään noin 36 % vanhaan työohjeeseen verrattuna. Konvertteriprosessin jälkeistä näytettä vähennetään etunäyteanalyysin perusteella, jossa rikki saa ylittää tilauksen maksimiarvon 0,001 %. Rikkipitoisuuden ollessa etunäytteessä yli maksimiarvon, konvertteriprosessin jälkeistä näytettä ei oteta C4-sulatuksista, jos piin maksimiarvo on yli 0,03 %. Turvallisuustarkasteluun on koottu kaikki mahdolliset riskitekijät. Turvallisuustarkastelu kootaan Ruukin sisäiseen tietokantaan, jossa se on kaikkien nähtävillä.

---

Asiasanat: CAS-OB, senkkauuni, konvertteriprosessi, näytteenotto, työturvallisuus

## ALKULAUSE

Tämä opinnäytetyö tehtiin terässulatolla Raahen tehtaalla 27.1.2014–3.6.2014. Työn toimeksiantajana toimi Ruukki Metals Oy.

Opinnäytetyön ohjaajina tilaajan puolelta toimi kehitysinsinööri Antti Syrjänen ja tuotantopäällikkö Petri Tuominen. Suuri kiitos kuuluu heille asiantuntevasta opastuksesta. Haluan kiittää myös CAS-OB-aseman, senkkauunin ja ohjaamon henkilöstöä opastuksesta ja tärkeistä tiedoista työn kannalta. Ilman henkilöstön vahvaa työkokemusta prosessista ei työtä olisi saatu valmiiksi.

Haluan kiittää koulun puolesta toiminutta yliopettaja Lasse Pesosta, jonka sisälön ohjaus ja neuvot auttoivat työn edistymistä. Kiitos kuuluu kaikille henkilöille, jotka ovat jollain tavalla auttaneet työn edistymistä.

Oulussa 3.6.2014

Jani Hanhikorpi

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
2 RAUTARUUKKI OYJ	9
2.1 Historia	9
2.2 Ruukki Metals	9
2.3 Raahen tehdas	10
2.4 Terässulatto	11
2.4.1 Mikseri	12
2.4.2 Konvertteri	12
2.4.3 Senkkauuni, tankkivakuumi ja CAS-OB	14
3 TERÄSSULATON NÄYTTEENOTTO	17
3.1 Näytteenotot terässulaton prosessin aikana	17
3.1.1 Mikserinäyte	17
3.1.2 Etunäyte	17
3.1.3 Konvertteriprosessin jälkeinen teräsnäyte	18
3.1.4 CAS-OB-näyte	18
3.1.5 Senkkauunin ja vakuumin jälkeinen teräsnäyte	18
3.1.6 Jatkuvalun teräsnäytteet	19
3.2 Näytesondin valmistaja	19
4 KONVERTTERIPROSESSIN JÄLKEINEN TERÄSNÄYTE	20
4.1 Konvertteriprosessin jälkeisen teräsnäytteenoton nykyinen työohje	20
4.1.1 Suoritustapakoodien selitykset	22
4.1.2 Konvertteriprosessin jälkeisen teräsnäytteen analyysi	23
4.2 Konvertteriprosessin jälkeistä teräsnäytettä seuraavat jatkokäsittelyreitit	24
4.2.1 Kalsiumkäsiteltävän sulatuksen prosessireitti CAS-OB-aseman kautta	24
4.2.2 Kalsiumkäsiteltävät sulatukset senkkauunilla	28
4.2.3 Senkkauunilla käsiteltävät sulatukset alhaisella rikki- ja fosforipitoisuudella	30

4.2.4 Suoraan vakuimitankkiin menevät sulatukset	32
4.3 Muutoksia nykyiseen konvertteriprosessin jälkeisen näytteenoton työhjeeseen	32
5 TYÖTURVALLISUUSTARKASTELU	35
5.1 Näytteenottoaikan turvallisuusriskit	35
5.1.1 Alustan epäpuhtaus	35
5.1.2 Nosturi- ja rautavaunuliikenne	36
5.1.3 Putoamisriski	38
5.1.4 Putoavat skollat ja roiskevaara	39
5.2 Rakennemuutosehdotukset	41
5.2.1 Kaiteen korotus	41
5.2.2 Näytteenottokatos	41
5.2.3 Näytteenottoaukko konvertterin etupuolelle oveen	42
5.2.4 Oven raotus näytteenottoa varten	43
5.3 Vaihtoehtoiset näytteenottoaikat	44
5.3.1 Hiekoituspaikka	44
5.3.2 Konvertterin takaa otettava näyte	44
5.4 Työturvallisuustarkastelu	45
6 YHTEENVETO	46
LÄHTEET	48
LIITTEET	
Liite 1 Lähtötietomuistio	
Liite 2 Turvallisuustarkastelu	

## SANASTO

CAS-OB-asema	Composition Adjustment by Sealed Argon Bubbling – Oxygen Blowing, argonhuuhtelu- ja happipuhallusasema
kaidenäyte	konvertteriprosessin jälkeinen näytteenotto konvertterin edustalta
kokilli	metallinen kestopuotti
kuona	ioniseos, joka sisältää metallurgisen prosessin sivutuotteet
pallotus	sulkeumien poisto seosainelangan avulla
senkkauuni	sulan käsittely induktiivisen magneettikelan tai argonhuuhtelun avulla
skolla	konvertteriin tai senkkaan jähmettynyttä terästä
sulkeuma	metallisulaan syntynyt haitallinen partikkeli oksidina tai sulfidina

# 1 JOHDANTO

Konvertteriprosessin jälkeinen näyte on yksi teräksestä otettavista näytteistä terässulaton prosessin aikana. Näyte otetaan konvertteriprosessin ja jatkokäsittelyprosessin välissä ohjaamaan jatkotoimenpiteitä. Näyteanalyysilla tarkkailaan seosaineiden pitoisuuksia teräksen kaadon ja karkean seostuksen jälkeen. Konvertteriprosessin jälkeiselle näytteenotolle on oma työhohje, jonka tärkeyttä tutkitaan opinnäytetyössä.

Opinnäytetyö jakautuu konvertteriprosessin jälkeisen näytteenoton tärkeyden ja työturvallisuuden tarkasteluun. Liitteessä 1 on esitelty työn tavoitteet ja sisältö tilaajan toimesta. Luvussa 4 käsitellään konvertteriprosessin jälkeisen näytteenoton tilastoja viimeisen vuoden ajalta. Vuoden aikana on tehty noin 20 000 sulatusta, joista noin 10 % sisältää konvertteriprosessin jälkeisen näytteenoton. Tilastojen avulla tutkitaan rikin ja piin käyttäytymistä erilaisen jatkokäsittelyreitien sisältävissä sulatuksissa. Tavoitteena on etsiä tilastoista mahdollisuuksia vähentää konvertteriprosessin jälkeistä näytteenottoa ja selvittää, mitä näyteanalyysilla seurataan. Vähentäminen on mahdollista esimerkiksi nostamalla piin tai rikin raja-arvoa työhohjeessa. Historian kuluessa konvertteriprosessin jälkeistä näytteenottoa on vähennetty näytteenottoehtojen arvoja muuttamalla.

Opinnäytetyön toisessa osiossa käsitellään konvertteriprosessin jälkeisen näytteenoton työturvallisuutta. Luvussa 5 näytteenotolle on tehty työturvallisuustarkastelu. Tarkastelu sisältää näytteenottajaan kohdistuvat tapaturmariskit, joihin tulee kiinnittää huomiota konvertterin edustalla liikuttaessa. Jokaiselle riskille on esitetty pahimmat mahdolliset seuraamukset ja parantavat toimenpiteet, joilla ehkäistään mahdolliset työtapaturmat. Työtapaturmien minimoimiseksi vaihtoehtoisia näytteenottopaikkoja on esitelty kaksi.



## **2 RAUTARUUKKI OYJ**

### **2.1 Historia**

Vuonna 1960 Rautaruukki perustettiin hyödyntämään malmivaroja ja turvaamaan kotimainen metalliteollisuus. Rautaruukkia oli perustamassa Suomen valtion ohella muun muassa Outokumpu, Valmet, Wärtsilä ja Fiskars. Samana vuonna Raahessa aloitettiin teräksen valmistus uudella kustannustehokkaalla jatkuvavalumenetelmällä. (1, linkit Tietoa yhtiöstä ->Historia.)

Tuotannon jatkojalostusta kehitettiin 1970-luvulla, millä turvattiin monipuolinen asiakaspalvelu ja toimintojen laajentaminen ohutlevy- ja putkituotantoon. Hämeenlinnassa aloitettiin kylmävalssaus ja putkituotanto vastaamaan uusien tuotteiden kapasiteettivaatimuksiin. Vuonna 1976 Raahessa käynnistettiin toinen masuuni ja sen jälkeen Rautaruukki työllisti yli 7 000 henkeä. (1, linkit Tietoa yhtiöstä ->Historia.)

1980-luvulla Rautaruukki teki yritysostoja ja perusti myyntiyhtiöitä Länsi-Eurooppaan, mikä nosti työntekijöiden määrän 10 000 henkeen. Suurien investointien kautta Rautaruukki nosti tuotannon jatkojalostusastetta. Liiketoiminta laajeni 1990-luvulla kattotoimintaan, mikä mahdollisti markkinat Itä-Euroopan maissa. (1, linkit Tietoa yhtiöstä ->Historia.)

2000-luvulla Rautaruukki otti käyttöön markkinointinimen Ruukki. Teräsliiketoiminnan painopisteeksi muodostuivat erikoisteräkset. Ruukista kehittyi globaali yhtiö, joka oli mukana konepajateollisuusprojekteissa ympäri maailmaa. Vuonna 2012 Ruukin painopisteestä tuli keskittyneempi, kun konepajaliiketoiminnan yksiköitä yhdistettiin. Rakentamisliiketoiminta jakautui kahteen liiketoiminta-alueeseen, jotka ovat Ruukki Building Products ja Ruukki Building Systems. Teräsliiketoiminta Ruukki Metals keskittyi voimakkaammin erikoisteräksiin. (1, linkit Tietoa yhtiöstä ->Historia.)

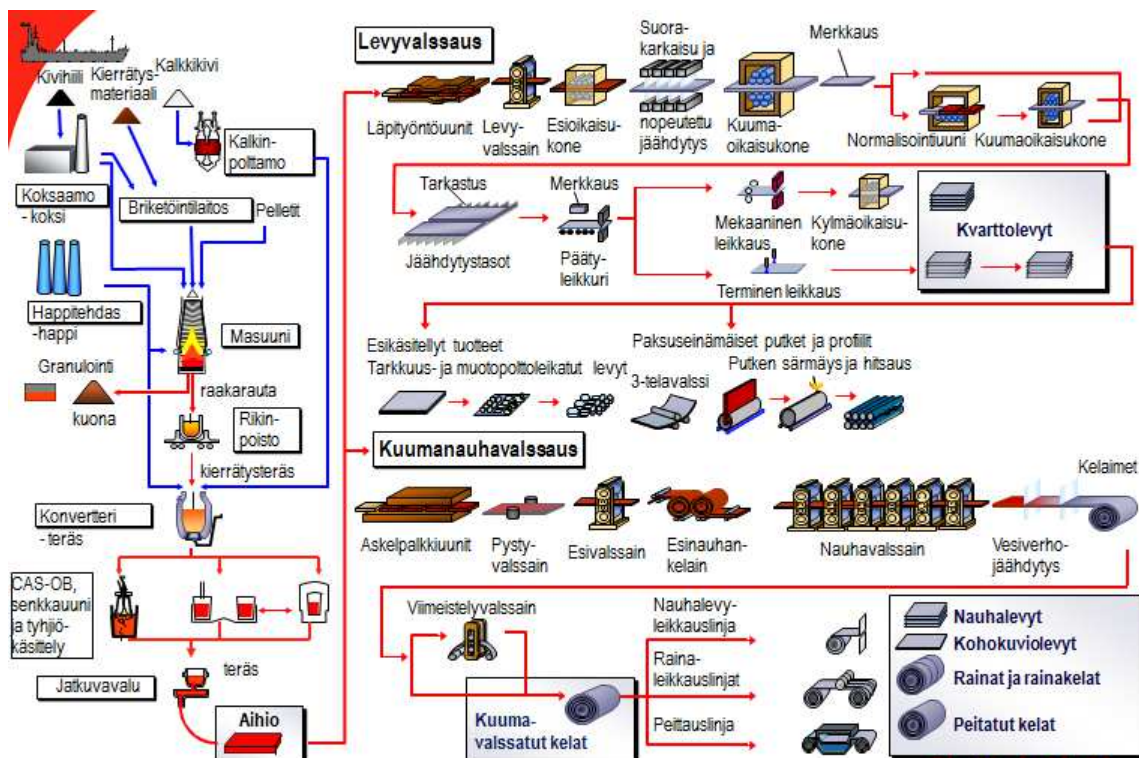
### **2.2 Ruukki Metals**

Ruukki Metals on erikoisterästen valmistaja Pohjoismaissa ja Baltiassa. Ruukki Metalsilla on monipuolinen tuotevalikoima korkealaatuisessa ja kustannuste-

hokkaassa teräksen valmistuksessa. Tuotevalikoimaan kuuluvat kulutusta kestävät teräkset, erikoislujat teräkset ja kuuma- ja kylmävalssatut teräkset. Maalipinnoitettuja teräksiä ja putkia valmistetaan Ruukki Metalsin pienemmissä toimipisteissä. Toimipisteitä on Raahessa, Hämeenlinnassa ja Kankaanpäässä. (2, s. 1 - 8.)

### 2.3 Raahen tehdas

Raahessa on integroitu terästehdas, johon kuuluu useita osastoja. Isoimpia osastoja ovat koksaaamo, masuunit, terässulatto, valssaamo, voimalaitos ja satama. Kuvassa 1 on esitelty Raahen tehtaan prosessi nuolikaaviona. (2, s. 27.)



KUVA 1. Raahen tehtaan prosessikaavio (2, s. 27)

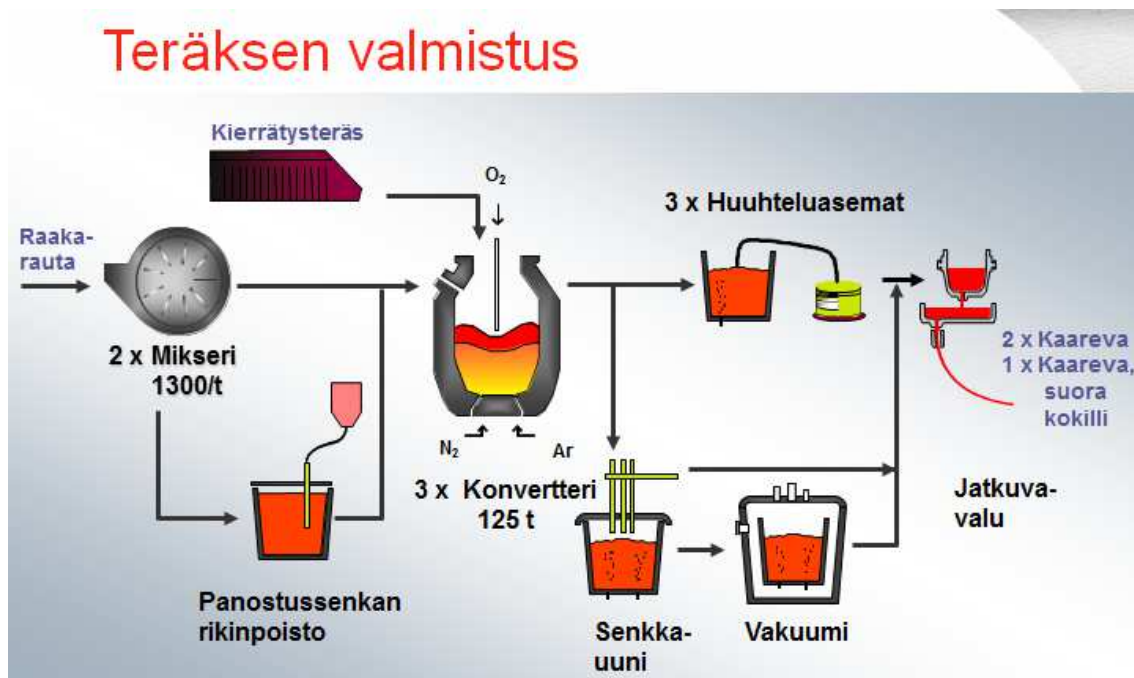
Raaka-aineet toimitetaan ympäri vuoden satamaan, josta ne kuljetetaan koksaaamolle ja briketöintiin. Masuunit tuottavat raakarautaa koksaaamon ja briketöinnin valmistamista raaka-aineista. Masuuneilta raakarautaa kuljetetaan junilla terässulaton miksereihin välivarastoon. Raakaraudasta ja kierrätysteräksestä valmistetaan terästä konverttereilla, joita Raahen tehtaalla on kolme. (2, s. 27.)

Teräs valetaan kolmella jatkuvavalukoneella aihioiksi. Teräsaihiot menevät aihiohalliin, joka toimii välivarastona ja esikäsittelylaitoksena ennen valssaamoa. Valssaamalla teräsaihiot valssataan levyvalssauksella teräslevyiksi ja kuumanauhavalssauksella teräsnauhakeloiksi. Valmiit teräskelat ja -levyt viedään suoraan kuljetettavaksi asiakkaille tai jatkojalostukseen. Jatkojalostuksessa terästä muun muassa leikataan, pinnoitetaan ja muotoillaan asiakkaiden tarpeen mukaan. (2, s. 27.)

## 2.4 Terässulatto

Raahan tehtaan terässulattolla aloitettiin tuotanto elokuussa 1967, jolloin tehtiin ensimmäinen sulatus ja jatkuvavalu. Terässulattolla valmistetaan raakaraudasta ja teräsromusta sulaa terästä mellotusreaktiolla. (3, s. 3.)

Kuvassa 2 on esitelty terässulaton prosessikaavio. Raakarautaa kaadetaan mikseristä panostuskenkoihin, joista se kaadetaan konvertertiin. Ennen raakaraudan panostusta teräsromu kaadetaan romukouruista konvertertiin. Seuraavana raakarautaa ja romu puhalletaan hapen avulla teräkseksi. (3, s. 1.)



KUVA 2. Terässulaton prosessikaavio (3, s. 1)

Teräs kaadetaan konvertterista teräsenkkaan ja samalla suoritetaan karkea seostus. Kuvan 2 mukaan seostettu teräs kuljetetaan jatkokäsittelyyn senkka-uunille, vakuumille tai CAS-OB-asemalle. Jatkokäsittelyssä voidaan tehdä lopulliset seostukset ja tarvittaessa voidaan lämmittää tai jäähdyttää terästä. Jatkojalostuksesta teräs kuljetetaan terässenkka-uunuilla jatkuvavalukoneille. Teräs voidaan valaa aihioiksi kolmella jatkuvavalukoneella. (3, s. 1.)

#### **2.4.1 Mikseri**

Mikseri on tulenkestävällä vuorauksella varustettu 1 300 t:n kapasiteetin säiliö. Mikserissä raakaraudan lämpötila pidetään noin 1 300-celsiusasteessa. Mikseriä voidaan lämmittää öljyn ja koksikaasun avulla. Mikserillä tehdään raakaraudalle rikinpoisto. Rikkipitoisuus on tarkoituksena pitää matalana injeksiolla, jossa käytetään reagenttina  $\text{CaC}_2$ -pohjaista ainetta. (4, s. 2.)

Panoskohtaisesta raakaraudan rikinpoistosta hyödytään jatkokäsittelyssä. Jatkokäsittelyssä rikki poistuu teräksestä helpommin ja taloudellisesti, mikä parantaa laaduntuottokykyä. Jatkokäsittelyssä voidaan helpommin valmistaa matalan rikkipitoisuuden terästä. (4, s. 2.)

#### **2.4.2 Konvertteri**

Konvertteri on tiilivuorattu ja tulen kestävä reaktioastia. Muodoltaan konvertteri on sylinterin muotoinen ja suippeneva astia, jossa on ylhäällä suuaukko panostusta ja kuonan kaatoa varten, ja kaatoreikä teräksen laskemiseen senkkaan. Rikinpoiston jälkeen raakarauda kaadetaan panostussenkasta konvertteriin kuvan 3 mukaisesti. (5, s. 2.)



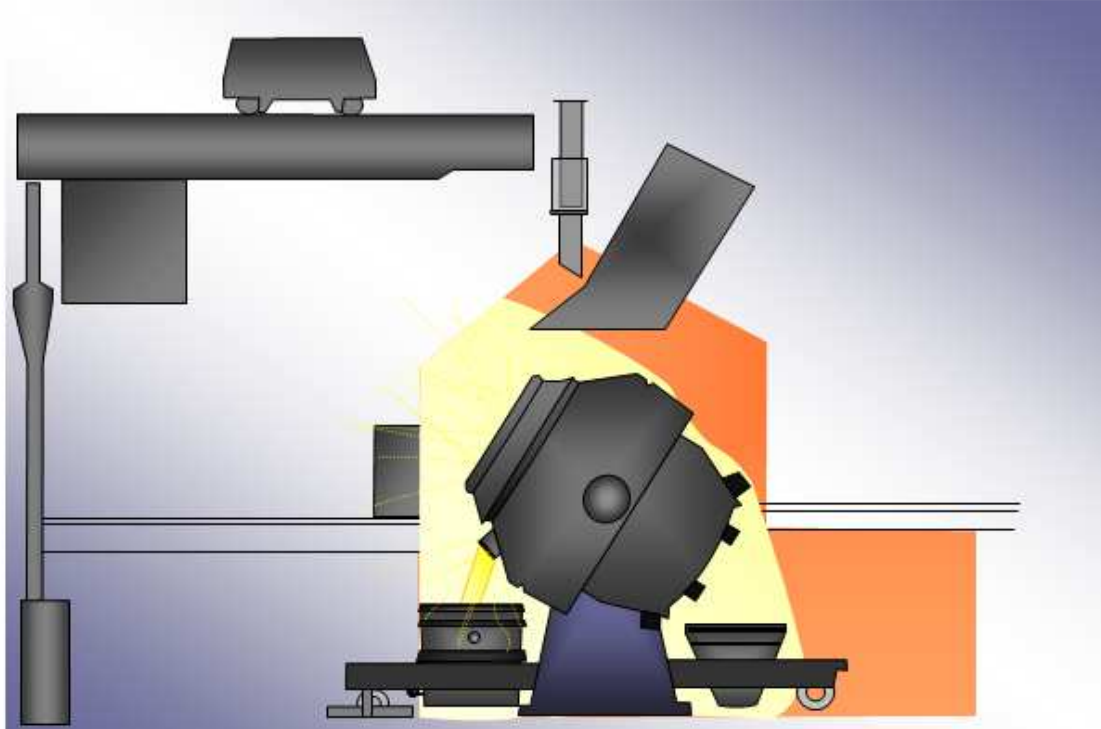
*KUVA 3. Raakaraudan panostus (5, s. 11)*

Konvertterin panostuksen jälkeen aloitetaan mellotusreaktio, jossa raakarauta ja teräsromu puhalletaan hapella teräkseksi. Mellotusreaktiossa raudan hiili reagoi puhtaan hapen kanssa ja muodostaa CO-kaasua, joka poistuu prosessista.

Konvertteriin lisätään kalkkia, joka muodostaa emäksisen kuonan keräämään epäpuhtauksia teräksestä, kuten rikkiä ja fosforia. Puhalluksen kesto on noin 18 minuuttia riippuen panoksen koosta. Mellotuksen tarkoituksena on poistaa raakaraudasta muun muassa ylimääräinen hiili, fosfori ja pii. Prosessi jatkuu puhalluksen jälkeen näytteenotolla ja lämpötilan mittauksella. Konvertterissa olevasta teräksestä otetaan etunäyte puhalluksen jälkeen. Näyte lähetetään analyysilaboratorioon tutkittavaksi, jolloin saadaan tieto teräksen ainepitoisuuksista tulevaa seostusta varten. Näytteen tuloksia verrataan laadun vaatimiin ainepitoisuuksiin ja sen avulla lasketaan oikea määrä seosaineita. (5, s. 2.)

Konvertteriprosessi jatkuu teräksen kaadolla konvertterista terässenkkään kuvan 4 mukaisesti. Kaadon yhteydessä terässenkkään pudotetaan seosaineita, kuten hiiltä, piitä, mangaania ja alumiinia. Teräksen loputtua konvertterista al-

kaa kaatoreiästä tulla kuonaa, joka pidätetään pneumaattisen pidättimen avulla, mikä estää kuonan pääsyn terässenkkään. Kuona kaadetaan erilliseen astiaan suuaukon kautta, minkä jälkeen konverterti voidaan panostaa uudelleen. (5, s. 9.)



*KUVA 4. Teräksen kaato (5, s. 9)*

Kuonan kaadon jälkeen teräslaadun ja työohjeen mukaisesti otetaan konvertteriprosessin jälkeinen näyte terässenkasta. Näyte on panoskohtainen, joten se otetaan vain tietyistä teräslaaduista.

### **2.4.3 Senkkauuni, tankkivakuumi ja CAS-OB**

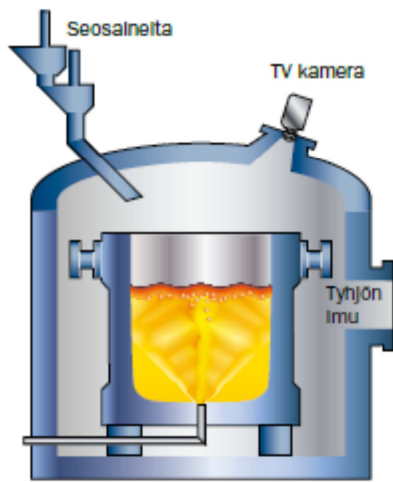
Konvertteriprosessin jälkeinen teräs menee jatkokäsittelyyn senkkauunille, vakuunille tai CAS-OB-asemalle. Jatkokäsittelyn tavoitteena on tehdä sulasta teräksestä koostumukseltaan ja lämpötilaltaan tasalaatuista sulaa ja poistamalla siitä epäpuhtauksia. Kuvan 5 mukaisesti teräs käsitellään CAS-OB-asemalla keraamisen kellon alla argonatmosfäärissä. Sulaa voidaan lämmittää alumiinin avulla edesauttaen seosaineiden sulamista. CAS-OB-asemalla tehdään peruslaatuksille teräksille jatkokäsittelyt. (6, s. 1.)



KUVA 5. CAS-OB-käsittely (6. s. 3)

Senkkauuni on jatkokäsittelyasema korkealaatuisen teräksen valmistamiseen. Teräksen lämpötilan alenemista kompensoidaan senkkauunissa. Sulaa sekoitetaan puhaltamalla pohjan kautta argonia. Teräkselle tehdään senkkauunilla lopullinen seosaineiden lisäys, jotta sulan koostumus ja lämpötila ovat sopivat valua varten. (6, s. 2.)

Tankkivakuumilla tehdään teräkselle tyhjiökäsittely, jonka tarkoituksena on poistaa liuenneita kaasuja kuten vetyä. Vakuumikäsittelyssä teräksessä oleva happi muodostaa hiilen kanssa hiilimonoksidia, joka poistuu sulasta kaasukuplina ja näin voidaan valmistaa matalahiilistä terästä. Tankkivakuumilla voidaan täsmätä seosaineet vastaamaan vaatimuksia ennen valuuun menoa. Kuvassa 6 on esitelty tyhjiökäsittelymenetelmä. (6, s. 2.)



KUVA 6. Tankkivakuumimenetelmä (6, s. 3)



### **3 TERÄSSULATON NÄYTTEENOTTO**

Terässulatolla teräksen seostuksen onnistumista ja lämpötilaa seurataan erilaisilla näytteenotoilla ja lämpötilan mittauksilla. Näytteitä voidaan ottaa fyysisesti tai tietokoneohjelmoidun laitteiston avulla. Konvertterilla on käytössä pudotussondilaitteisto, jota ohjataan tietokoneella. Heraeus Electro-Nite toimittaa Ruukille näytteenottoa varten laitteistoja ja näytesondeja.

#### **3.1 Näytteenotot terässulaton prosessin aikana**

##### **3.1.1 Mikserinäyte**

Panostussenkkaan kaadetusta mikserin raakaraudasta otetaan näyte, jolla tarkkaillaan panostettavan raakaraudan rikkipitoisuutta. Pitoisuuden tulisi olla noin 0,012 %:n alueella. Primääririkinpoistoa ohjataan mikserillä otetun näytteen avulla. Raakaraudasta otetaan lämpötilanäytteitä ja kuonanäytteitä suoraan panostussenkasta kaksi kertaa vuoron aikana. (7, s. 1.)

##### **3.1.2 Etunäyte**

Happipuhalluksen jälkeen konvertteria kallistetaan etunäytteen ottoa varten. Sana "etu" tulee, kun näyte otetaan ennen teräksen seostusta heti konvertterista. Näytteenottohetkellä teräkseen ei ole lisätty seosaineita. Etunäyte otetaan pahvisella sondilla, jossa on pieni muotti terästä varten. Kuvassa 7 on esimerkkejä pahvisesta näytesondista. Teräsnäyte otetaan pois sondista ja lähetetään putkipostilla tutkittavaksi laboratorioon. Happipuhalluksen aikana konvertteriin voidaan pudottaa sondi automaattisen pudotussondilaitteiston avulla. Pudotussondilaitteiston avulla mitataan teräksen lämpötila ja happipitoisuus. Etunäytteen yhteydessä otetaan kerran vuorossa konvertterista kuonanäyte, joka lähetetään tutkittavaksi. (7, s. 1.)



*KUVA 7. Esimerkkejä näytesondeista (8, linkit Sensors for molten metals -> steel -> sampling)*

### **3.1.3 Konvertteriprosessin jälkeinen teräsnäyte**

Konvertteriprosessin jälkeinen teräsnäyte otetaan teräksen kaadon ja seosainesten lisäyksen jälkeen terässenkasta. Kuvassa 7 on esitetty pahvinen sondi, joka upotetaan sulaan teräkseen muutamaksi sekunniksi ja nostetaan pois. Sondissa olevaan muottiin muodostuu kuvassa 7 esitetty ovaalin muotoinen teräsnäyte. (7, s. 1.)

### **3.1.4 CAS-OB-näyte**

CAS-OB-aseamalla tehdyn viimeisen jatkokäsittelyn jälkeen otetaan teräksestä näyte ennen valua. Näytteellä tarkkaillaan lämpötilaa ja seosainesten tarkkuutta vaadittuun sulatustilauslaatuun verraten. Näytteeseen lisätään seosaineet, jolloin päästään mahdollisimman lähelle sulatustilauksen vaatimuksia. Lämpötila tähdätään ohjearvoon, jotta teräksen jatkuva valu onnistuu ongelmitta. (7, s. 1.)

### **3.1.5 Senkkauunin ja vakuumin jälkeinen teräsnäyte**

Teräkselle tehdään jatkokäsittely senkkauunilla ja mahdollisesti vakuumilla. Senkkakäsittelynäytteen- ja lämpötilanotto teräksestä otetaan senkkauunilla ja vakuumilla käsittelyn jälkeen ennen valua. Maksimiarvojen ylittyessä sulatus voidaan palauttaa konvertterille tai tehdään sulatusvaihto, jolloin vaihdetaan sulatustilausta. (7, s. 1.)

### **3.1.6 Jatkuvavalun teräsnäytteet**

Jatkuvavaluasemalla valussa olevasta teräksestä otetaan näytteet heti valun alkaessa ja puolivälissä. Valun aikana mitataan lämpötila kolmesti. Teräksen sulatus ja jatkokäsittelyt ovat onnistuneet lämpötilan ja seosainepitoisuuksien ollessa tähtäysarvossa. Valunäytteellä varmistetaan sulatuksen kelpoisuus asiakastilaukseen. (7, s. 1.)

### **3.2 Näytesondin valmistaja**

Heraeus Electro-Nite on sulan metallin mittateknologiassa markkinajohtaja. Tuotevalikoimaan kuuluu integroidut mittajärjestelmät, anturit ja muut oheislaitteet lämpötilan, hapen, typen, vedyn ja hiilen mittaukseen. Heraeus Electro-Nite toimittaa terässulatolle kaikki näytteenottoon tarvittavat välineet ja laitteet. (8.)

## 4 KONVERTTERIPROSESSIN JÄLKEINEN TERÄSNÄYTE

Konvertteriprosessin jälkeinen teräsnäyte otetaan välittömästi teräksen kaadon loputtua konvertterin kaiteelta. Teräksen kaataja menee konvertterin etupuolelle ja pudottaa upotussondin terässenkkaan. Upotussondin muottiin kertynyt teräs poistetaan putkesta ja lähetetään putkipostilla laboratorioon tutkittavaksi. Näytteenotto on määritelty teräksestä ja valuraudasta otettavista näytteistä standardissa SFS-EN-ISO 14284. Maaliskuun 2013 ja 2014 välisenä aikana terässulattolla valmistettiin sulatuksia noin 20 000 kappaletta. Konvertteriprosessin jälkeisiä näytteitä otettiin työohjetta noudattaen noin 2 200 kappaletta. Työssä käytettiin näytteiden analyyseja tutkimuksen pohjana.

### 4.1 Konvertteriprosessin jälkeisen teräsnäytteenoton nykyinen työohje

Terässulaton tuotannon ohjeistuksen mukaan konvertteriprosessin jälkeinen teräsnäyte otetaan niistä sulatuksista, joissa siitä on hyötyä sulatuksen koostumuksesta vastuussa olevalle operaattorille. Operaattoreihin kuuluvat senkkauuni, vakuumi ja CAS-OB-asema. Näytteenottoa ohjataan prosessireitin sulatustilauksen rikin ja piin maksimiarvojen perusteella. Rikin maksimipitoisuuden ollessa alhainen sulatustilauksessa otetaan yleensä konvertteriprosessin jälkeinen teräsnäyte. Neuvo-informaatiojärjestelmältä tulee tieto näytteenoton tarpeesta. (9, s. 1.)

Työohjeesta voidaan poiketa ottamalla ylimääräisiä konvertteriprosessin jälkeisiä teräsnäytteitä tapauksissa, joissa on tapahtunut normaalista poikkeavaa kaadon aikana. Ylimääräinen näyte voidaan ottaa, jos on epävarmuutta seostuksen onnistumisesta. Ylimääräseostus on voinut aiheutua seosainejärjestelmän toimimattomuudesta tai työntekijän laskuvirheestä. Laskuvirheen mahdollisuus voidaan poistaa lisäämällä tarkkuutta työhön. Jos näyteanalyysissa on ylimäärä seosaineita ja ne ylittävät sulatustilauksen maksimiarvot, tehdään mahdollinen sulatusvaihto. Sulatusvaihto tehdään, jos maksimiarvon ylittänyttä seosainetta ei voida laskea käsittelemällä.

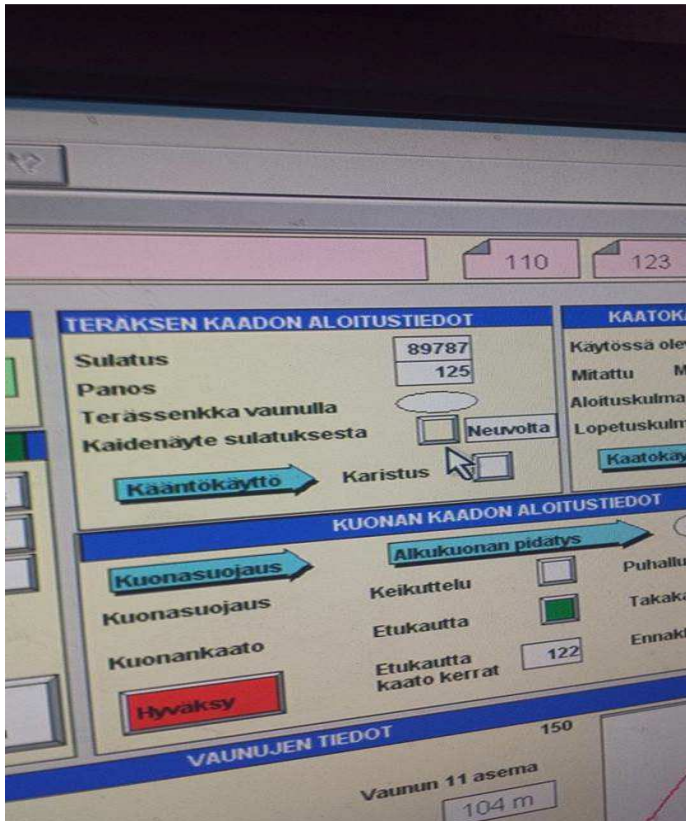
Taulukon 1 suoritustapakoodit toteutuvat teräksen senkkäkäsittelytaulukossa, jossa on kaikki tarvittavat jatkokäsittelyt teräkselle laadun vaatimusten mukaan

mikserin ja valukoneen välillä. Taulukossa on esitelty myös tarvittavien seosainesten tähtäys- ja maksimiarvot. Taulukko 1 ohjaa työntekijää ottamaan konvertteriprosessin jälkeisen teräsnäytteen, jos jokin taulukon ehdoista täyttyy teräksen asiakastilauslaadussa. Konvertteriprosessin jälkeisen näytteen ottaja saa tiedon työskentelypisteessä olevalle automaatiojärjestelmälle ruksin kohtaan kaidenäyte (kuva 8). (9, s. 1.)

*TAULUKKO 1. Konvertteriprosessin jälkeisen näytteenoton työohje (9, s. 1)*

Prosessireitti	Ehdot näytteenotolle
F6/ F7	C4, Ca-käsiteltävä
F1/ F4	C4, Ca-käsiteltävä
F1/ F4	$S_{\max} \leq 0,0040 \%$
F1 + G2	$S_{\max} \leq 0,0010 \%$
Suora G2	Kaikki sulatukset

Kuvassa 8 on teräksen automaattikaadon ohjausnäyttö. Näytöltä voidaan käynnistää teräksen ja kuonan kaato. Näytölle tulee myös terässenkavaunun vaa'an kuvaaja ja kuonailmaisimen toimintaa kuvaava piirturi. Kohtaan "Kaidenäyte sulatuksesta" tulee vihreä ruutu, jos työntekijän täytyy ottaa konvertteriprosessin jälkeinen näyte kaiteelta. Ruudun voi myös aktivoida itse, jos kaidenäyte otetaan työohjeesta poiketen.



KUVA 8. Konvertteriprosessin jälkeisen näytteenoton ohjeistus

#### 4.1.1 Suoritustapakoodien selitykset

Suoritustapakoodi kertoo jatkokäsittelytavan, joka tehdään teräkselle ennen valua. F-suoritustapakoodi kuvaa teräksen senkkäkäsittelytapoja. Senkkäkäsittelylle vaihtoehtoina ovat CAS-OB ja senkkauuni, joissa täsmätään teräksen koostumus ja lämpötila sekä varmistetaan kuonapuhkaus huuhtelemalla teräs inertillä kaasulla. (10, s. 1.)

F1-suoritustapa kuvaa senkkauunilla tehtävää seosaineiden täsmäystä ja lämmitystä ohjelämpötilaan. Käsittely tehdään teräslaadulle, joilta edellytetään kuonapuhkausta. F4-suoritustapaa käytetään alumiiniivistetyille teräslaaduille, joilta vaaditaan suurta kuonapuhkausta. F4-käsittelyllä kasvatetaan terässenkkakuonan rikinpoistokapasiteettia. Senkkauunilla lisätään alumiinia pelkistämään kuonaa, lämmitetään teräs ohjelämpötilaan ja tehdään pohjahuuhtelu. F1- ja F4-käsiteltäviä sulatuksia ei ohjata CAS-OB-asmalle ennen valua. (10, s. 1.)

Suoritustavalla F6 teräs käsitellään CAS-OB-aseamalla ilman lämmitystä. Huuhdelun avulla täsmätään teräksen oikea valulämpötila ja varmistetaan hyvä kuonapuhkaus. F7-suoritustapa toteutuu, kun teräs lämmitetään CAS-OB-käsittelyssä kemiallisesti alumiinin ja hapen palamisreaktiolla. Teräksen seosainesten koostumus täsmätään ohjearvoihin. F7-käsittely voidaan tehdä, kun hiilen tähtäysarvo on alle 0,35 %. (10, s. 1.)

G2-suoritustavalla teräkselle tehdään vedynpoisto. Sulan teräksen vetypitoisuus lasketaan alle 0,0003 %. Koodia käytetään alumiini-pii-tiivistetyillä teräslaaduilla, joilla piin tähtäysarvo on suurempi kuin 0,1 %. G2-suoritustapaa käytetään F1-suoritustavan yhteydessä, mutta joillakin teräslaaduilla käytetään pelkkää G2-koodia eli suoravakuumia. Suoravakuumikäsittely voidaan tehdä, jos teräksen rikin maksimiarvo on suurempi kuin 0,005 % ja hiilen tähtäysarvo alle 0,2 %. Sulatukseen ei saa seostaa suuria määriä kromia, molybdeenia ja nikkeliä. Suuri seostusmäärä on vaikea saada sekoittumaan ja lämpötilanhallinta vaikeutuu. (10, s. 1.)

Suoritustavassa C4 teräs käsitellään rikinpoistolla ja sulkeumien pallotuksella pii-vapaalla kalsiumlangalla seostuksen jälkeen. Käsittelyn tavoitteena on hyvä kuonapuhkaus ja matala rikkipitoisuus. Piitä ei sallita, koska teräkseltä vaaditaan hyvää laserleikattavuutta ja sinkittävyttä. C4-suoritustapaa käytetään, kun piin maksimiarvo sulatustilauksessa on suurempi kuin 0,06 %. (10, s. 1.)

#### **4.1.2 Konvertteriprosessin jälkeisen teräsnäytteen analyysi**

Terässulatolla käytetään Neuvo-informaatiojärjestelmän seosainelaskentataulukkoa, kun lasketaan tarvittavat seosainemäärät sulatukselle. Kuvassa 9 näkyy puhalluksen jälkeinen etunäyteanalyysi rivillä ETU. Rivillä KAIDE on konvertteriprosessin jälkeisen näyteanalyysin tulokset. Samaan taulukkoon ilmestyy myös jatkokäsittelyssä otettujen näytteiden analyysit ja valun aikana otetut näyteanalyysit. Seosainesten arvot ovat esitetty näytteissä prosentteina ja kolme alinta riviä kertovat seosainesten määrät kilogrammoina.

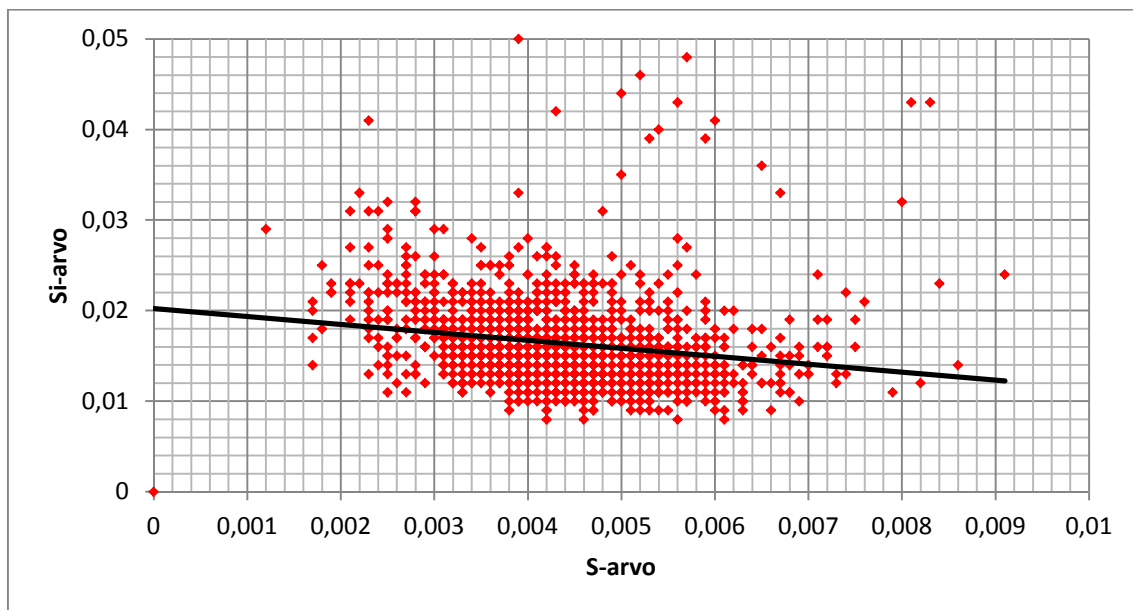




seosaineita ja lämmitetään, jäähdytetään tai huuhdellaan, jotta päästään mahdollisimman lähelle tavoitelämpötilaa ja sulatustilauslaatua. Lämpötilan ollessa oikea voidaan teräs lähettää jatkuvavalukoneelle.

Konvertteriprosessin jälkeisen teräsnäytteen avulla tarkkaillaan sulatuksen sen hetkisiä rikki-, pii- ja alumiinipitoisuuksia. CAS-OB-asemalla on helpompi käsitellä C4:n vaatimat jatkokäsittelyt, kun tiedetään teräksen karkean seostuksen jälkeiset seosainepitoisuudet ennen CAS-OB-käsittelyn alkua. Teräksessä olevat sulkeumat pallotetaan FeCa-langalla. CaSi-lankaa ei voida käyttää, koska sulatukset ovat piittömiä. Ilman piitä ylimääräinen rikki on vaikeampi saada laskemaan, jos se ylittää asiakastilauksen maksimiarvon konvertteriprosessin näytteissä tai CAS-OB-näytteessä.

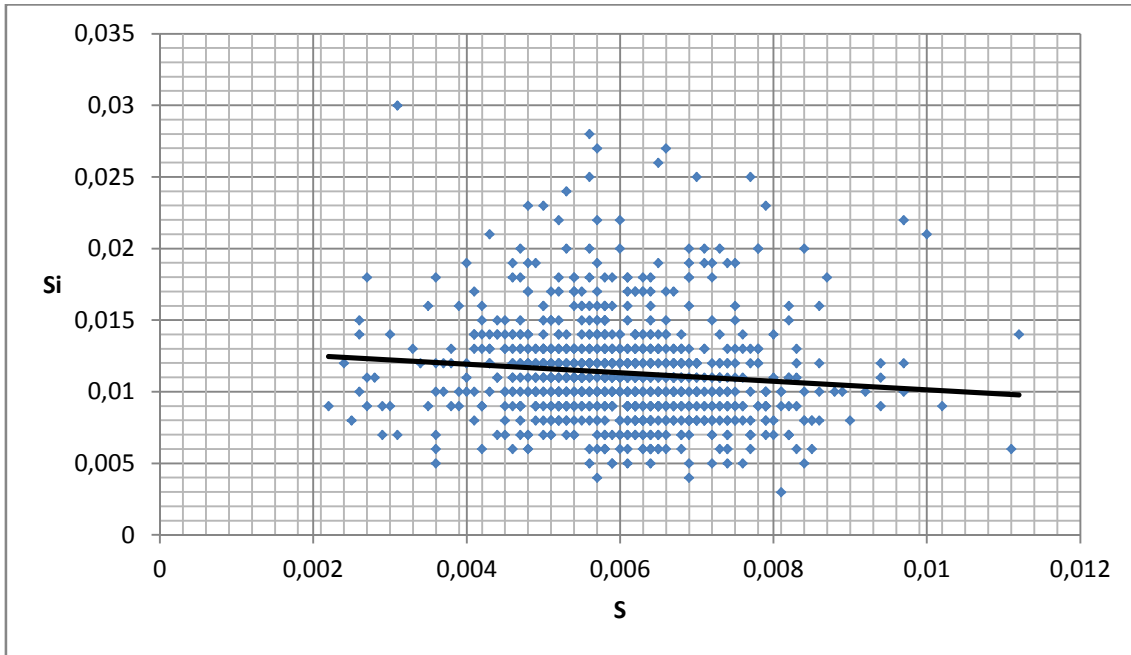
Kuvassa 10 on esitetty pii rikin funktiona valunäytteissä. Kuvasta 10 voidaan nähdä, että suurin osa sulatuksista käyttäytyy samalla tavalla. Piin ollessa alhainen rikki saattaa nousta helpommin, mutta piin ollessa korkeammalla myös rikki poistuu teräksestä paremmin käsittelyssä.



*KUVA 10. Piin arvo rikin funktiona valunäytteissä (11)*

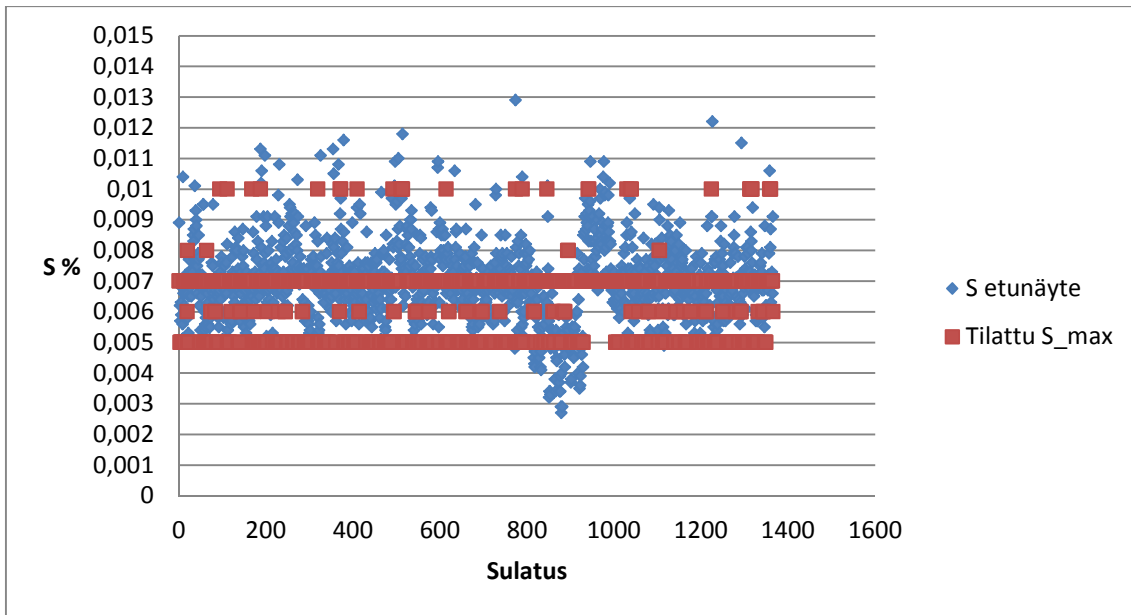
Kuvassa 11 on esitelty konvertteriprosessin jälkeisen näytteen piin arvoa rikin funktiona. Kuva 11 muistuttaa paljon kuvaa 10 eli aineiden käyttäytyminen on samanlaista prosessin alussa kuin lopussakin. Rikin ollessa korkeana etunäyt-

teessä tai konverteriproessin jälkeisessä näytteessä tarvitaan jatkokäsittelyssä rikinpoisto. Onnistunut rikinpoisto vaatii riittävästi lämpöä, alumiinia ja kalkkia. Kuvassa 11 pisteet ovat keskittyneet tasaisesti 0,006 %:n molemmille puolille. Valunäytteissä pisteet ovat jakautuneet 0,004 %:n molemmin puolin, mikä osoittaa rikinpoiston onnistumisen jatkokäsittelyssä.



*KUVA 11. Konverteriproessin jälkeisen näytteen pii rikin funktiona (11)*

Konverteriproessiin kuuluu etunäyte, joka otetaan konverterista heti puhalluksen jälkeen. Etunäytteessä rikin ollessa alle asiakastilauksen maksimiarvon, mahdollistetaan parempi onnistuminen jatkokäsittelylle. Kuvassa 12 on sulatusten rikkipitoisuus puhalluksen jälkeisissä näytteissä. C4-käsittelyn vaativissa asiakastilauksissa yleisin rikin sallittu maksimipitoisuuden vaihteluväli on 0,005 - 0,02. Kuvan 12 perusteella osassa sulatuksissa rikki on ollut etunäytteessä alhaisempi kuin tilauksessa. 1 366 sulatuksesta 416 sulatuksen etunäytteen rikkipitoisuus on ollut pienempi kuin asiakastilauksen ja 45 sulatuksessa rikki on ollut sama kuin asiakastilauksen maksimi. Yhteensä 461 sulatuksessa olisi voitu jättää konverteriproessin jälkeinen näyte ottamatta etunäytteen rikin perusteella.



KUVA 12. Etunäytteiden ja asiakastilauksen rikkipitoisuus (11)

Sulattajien ja CAS-OB-aseman henkilöstön kokemusten perusteella konvertteriprosessin jälkeinen näyte on ollut turha, kun rikki on pysynyt alhaisena. CAS-OB-aseamalla voidaan tehdä teräkselle rikinpoisto, jos rikki on etunäytteessä yli sulatustilauksen maksimiarvon.

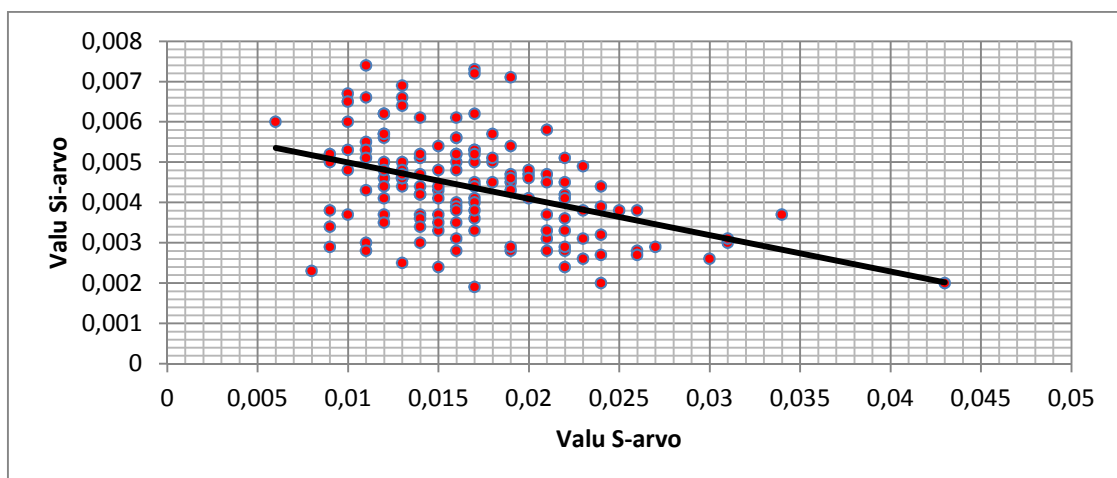
Pelkästään rikin perusteella voidaan jättää konvertteriprosessin jälkeinen näyte ottamatta, mutta työohjetta ei voida muuttaa rikkipitoisuuden perusteella, joten muutos tehdään asiakastilauksen piin maksimiarvon perusteella. Työohjeen muokkaaminen vaatii teräksen kaatajilta ja karkean seostuksen tekijöiltä onnistumista kaadossa ja seostuksessa. Mikserillä raudan rikinpoiston täytyy onnistua, jotta happipuhalluksen jälkeen rikki pysyy matalana. Alumiinia pitää laittaa karkeaan seostukseen tarpeeksi, jotta jatkokäsittely onnistuu moitteetta ja rikki saadaan pysymään rajoissa. CAS-OB-aseamalla lisätään alumiinia yleensä konvertteriprosessin jälkeisen näytteen avulla. Konvertteriprosessin jälkeinen näyte antaa tarkan alumiinipitoisuuden, mutta CAS-OB-aseamalla mitataan käsittelyn alussa lämpötila. Lämpötilamittauksen yhteydessä saadaan suuntaa antava alumiinipitoisuus, jota voidaan käyttää konvertteriprosessin jälkeisen näytteen sijaan. Mikäli sulatukselle tehdään lisäpuhallus, pitää sulattajan lisätä seosainelaskentaan alumiinia normaalia enemmän. Teräksen tiivistyminen tarvitsee alumiinia, joten sulattajan vastuulla on seostaa riittävä määrä alumiinia.

Konvertteriprosessin jälkeisen näytteenoton pois jättämisestä voi seurata satunnaisia ongelmia CAS-OB-asemalle. Asema ei tiedä kaadon jälkeisiä seosainepitoisuuksia. Etunäyteanalyysistä katsotaan rikkipitoisuus ja tehdään tarvittaessa rikinpoisto. Teräkseen lisätään heti alumiinia, jos happipitoisuus on korkea. Muut seosainepitoisuudet saadaan tietoon vasta CAS-OB-näytteessä, johon seostetaan asiakastilaukseen kuuluvat seosaineet. Mahdollisia seosaineiden maksimipitoisuuksien ylityksiä voi tulla vastaan CAS-OB-asemalla, koska kaadon jälkeistä näytettä ei oteta. Maksimiarvojen ylityksistä voi seurata sulatusvaihto, eli sulatus käsitellään eri asiakastilaukselaatuun, johon seosaineiden maksimiarvo sopii. Pahimmassa tapauksessa sulatus joudutaan palauttamaan konvertterille, jossa se puhalletaan uudelleen ja seostetaan alkuperäiseen tai vaihtoehtoiseen laatuun. Palautussulatusta tarvitaan harvoin, mutta järjestely hidastaa tuotantoa ja tuo lisäkustannuksia.

#### 4.2.2 Kalsiumkäsiteltävät sulatukset senkkauunilla

C4-sulatukset voivat myös kulkea konvertterilta senkkauunille ja sieltä suoraan jatkuvavalukoneelle. F1- ja F4-käsitteilyt suoritetaan senkkauunilla. Jatkokäsitteily vaatimukset ovat samat kuin CAS-OB-aseman kautta menevillä C4-sulatuksilla eli teräs pallotetaan FeCa-langalla.

Kuvassa 13 on esitetty F1-, F4- ja C4-käsiteltävien sulatusten valunäytteiden piin arvo rikin arvon funktiona. Lineaariviivan avulla tarkastellaan piin vaikutusta rikin funktiona. Kuvassa 13 korkea rikkipitoisuus ei nosta piin arvoa.

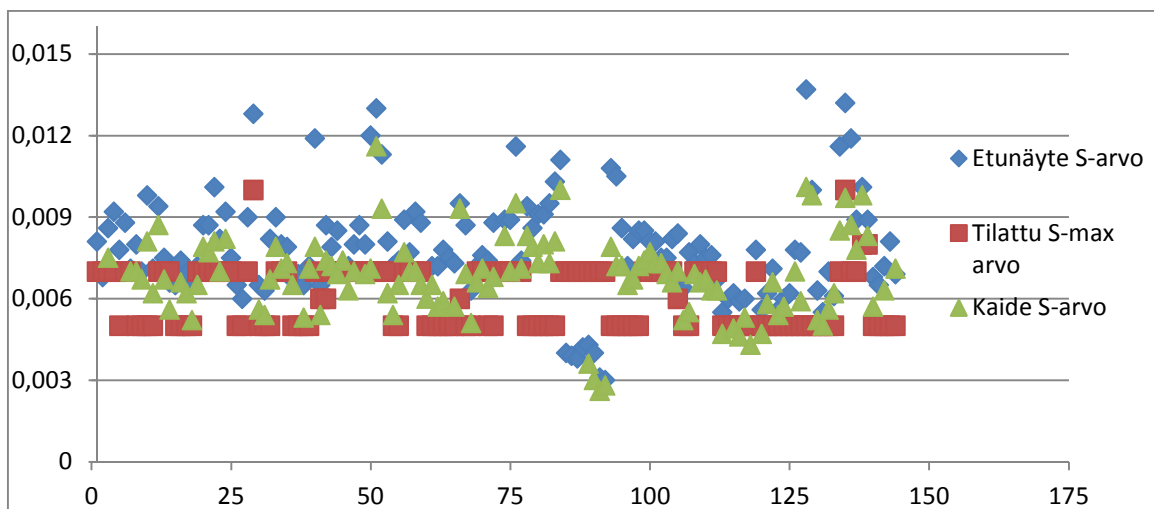


KUVA 13. Valunäytteen pii rikin funktiona (11)

Kuvassa 14 esitetyissä sulatustilauksissa rikin sallittu korkein arvo yleisesti oli 0,005 tai 0,007. Tarkalleen 11 sulatuksessa rikki on ollut alle sulatustilauksen, milloin olisi mahdollista jättää konverteriprosessin jälkeinen näyte ottamatta. Tämä tarkoittaisi 12 %:n vähennystä näytteenotolle senkkauunilla käsiteltävissä C4-sulatuksissa.

Kuvasta 14 voidaan verrata etunäytteen ja kaidenäytteen rikkipitoisuuden eroja. 115 kaidenäytteessä rikkipitoisuus on ollut pienempi kuin etunäytteessä. Rikkipitoisuuden laskiessa tilastollisesti yli 70 % sulatuksessa, voidaan päätellä tarvitaanko näytettä rikkipitoisuuden tarkasteluun. Konverteriprosessin jälkeinen näytteenotto vähenisi senkkauunilla käsiteltävistä C4-laaduista noin 80 %. Konverteriprosessin jälkeisen näytteenoton vähennyksestä seuraa samat asiat kuin CAS-OB-aseman C4-sulatuksissa. Sulatuksen kaadon jälkeisiä seosainepitoisuuksia ei tiedetä, mikä voi aiheuttaa yllättäviä maksimiarvojen ylityksiä jatkokäsittelynäytteessä.

Konverteriprosessin jälkeinen näyte on hyvä ottaa varmuuden vuoksi, jos sulatukselle on tehty lisäpuhallus tai etunäytteessä ollut rikki on ylittänyt sulatustilauksen maksimiarvon yli 0,001 %. Jatkokäsittelylaitosten työntekijät ovat onnistuneet käsittelemään teräksen vaadittuun laatuun, vaikka rikki on ollut etunäytteessä yli maksimiarvon ja konverteriprosessin jälkeistä näytettä ei ole otettu. Rikin ylityksen vuoksi teräkselle tehdään heti rikinpoisto ja alumiinin lisäys tarvittaessa, jos etunäytteessä rikki on ollut liian korkealla.

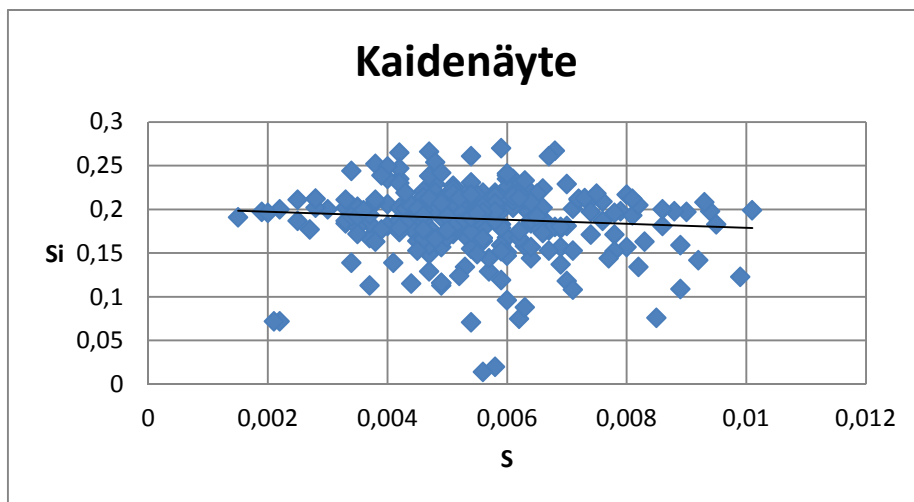


KUVA 14. Rikkipitoisuus näytteissä ja asiakastilauksissa (11)

#### 4.2.3 Senkkauunilla käsiteltävät sulatukset alhaisella rikkipitoisuudella

F1-koodilla sulatukselle tehdään senkkauunikäsittely. Sulatustilauksissa rikin sallittu maksimipitoisuus on alle 0,004 %. Sulatus menee konverterilta senkkauunikäsittelyyn, josta suoraan jatkuvavalukoneelle. Rikin maksimiarvo ohjeistaa sulattajaa ottamaan konverteriprosessin jälkeisen näytteen konverterin kaiteelta. Alhainen rikkipitoisuus valunäytteessä vaatii onnistuneen rikinpoiston, happipuhalluksen ja karkean seostuksen, jotta senkkauunikäsittely voidaan aloittaa ongelmitta. Teräksen kaadon yhteydessä pitää seostaa tarpeeksi alumiinia, jotta jatkokäsittelyssä teräs tiivistyy hyvin.

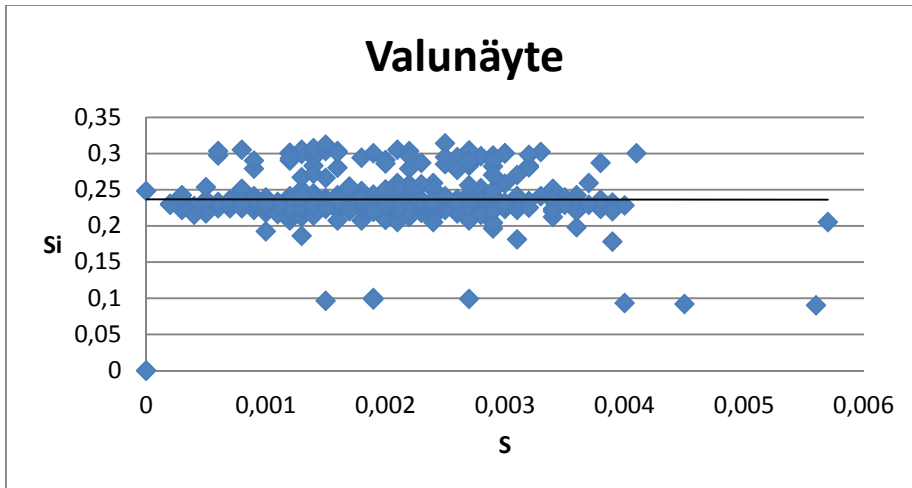
Kuva 15 osoittaa piin käyttäytymisen rikin funktiona verrattuna asiakastilauksen puhalluksen ja teräksen kaadon jälkeen. Asiakastilauksessa rikille maksimiarvo on 0,0035 %. Kuvasta 15 huomataan, että alle 0,004 % rikkipitoisuuksia on vain murto-osa. Korkea rikkipitoisuus vaatii jatkokäsittelyltä rikinpoiston, jotta sulatus on asiakastilauslaadun mukainen. Piin arvo pysyy suhteellisen tasaisena, kun tilausten vaihteluväli piille on 0,24 - 0,33 %. Kuvan 15 perusteella on hyödyllistä ottaa konverteriprosessin jälkeinen näyte, koska tilastollisesti ylittää tilauksen ylin sallittu rikkiraja.



*KUVA 15. Konverteriprosessin jälkeisen näytteen pii rikin funktiona (11)*

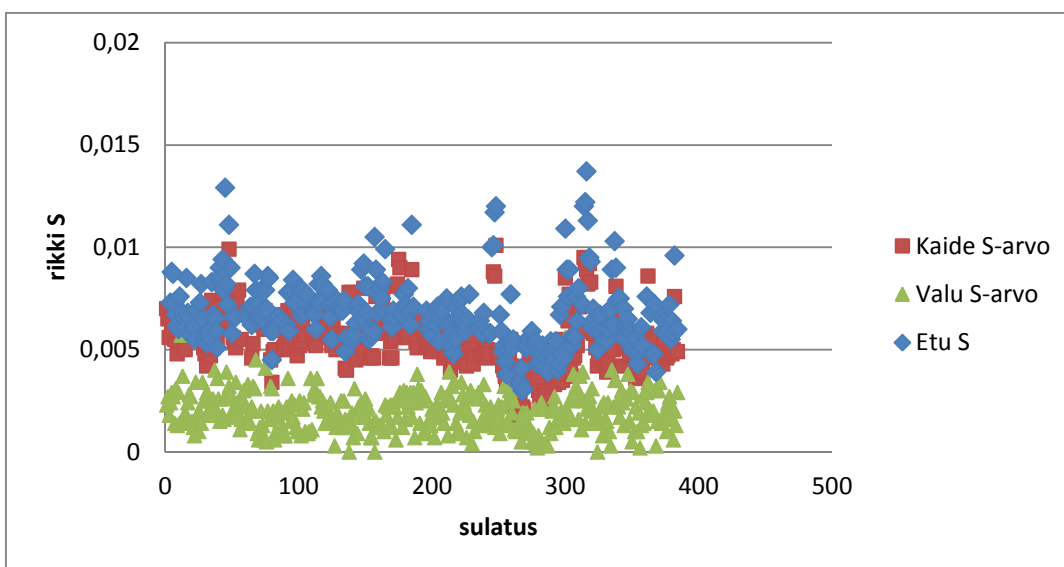
Senkkauunilla teräs käsitellään ja seostetaan vaadittuun laatuun. Kuvan 16 valunäytteet osoittavat, kuinka rikin arvo on laskenut konverteriprosessin jälkeisestä näytteestä. Harvassa valunäytteessä rikki on ylittänyt arvon 0,004 %. Su-

latus on onnistunut, kun seosaineet ovat lähellä tähtäystä tai alle sallitun maksimin. Kuvassa 16 piin seostuksessa on onnistuttu jo konverterilla ja senkkaunilla on tehty lopullinen täsmäys tarpeen vaatiessa. Piin arvoa voidaan verrata samalla rikin käyttäytymiseen valunäytteessä.



KUVA 16. Valunäytteen pii rikin funktiona (11)

Karkean seostuksen jälkeen rikin arvo on suurimmassa osassa F1/ F4-käsiteltävissä sulatuksissa ollut yli sallitun rajan, mutta onnistuneella jatkokäsittelyllä ja seostuksella on rikin arvo saatu alle 0,0035 % rajan. Kuvassa 17 pysäkselilla on rikin arvo maksimiarvoon asti ja vaaka-akselilla on sulatukset. Kuvajasta voidaan päätellä, että rikinpoisto prosessin aikana on onnistunut.

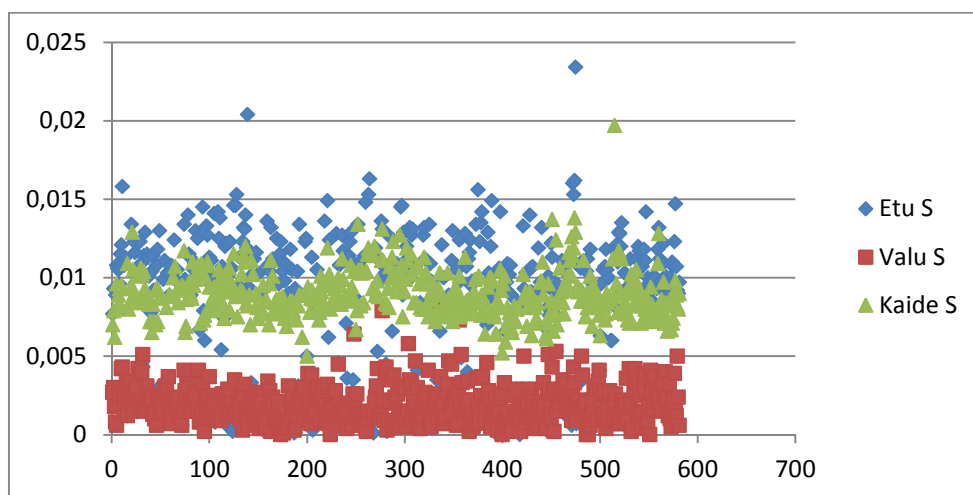


KUVA 17. Sulatuksen prosessin eri teräsnäytteet (11)

#### 4.2.4 Suoraan vakuumitankkiin menevät sulatukset

Konvertterilta teräs kuljetetaan heti karkeaseostuksen ja prosessin jälkeisen näytteen perusteella suoraan vakuumitankkiin tyhjiökäsittelyyn. Konvertteriprosessin jälkeinen näyte on tärkeä, koska sen perusteella teräs siirretään suoraan vakuumitankkiin. Näytteen avulla seurataan karkean seostuksen onnistumista teräksen kaadon aikana. Näytteessä ei saa olla sulatustilaukseen kuulumattomia maksimiarvojen ylityksiä, jotta vakuumikäsittely onnistuu. Konvertteriprosessin jälkeisestä näytteestä seurataan alumiinipitoisuutta. Alumiinia tarvitaan, jotta teräs ei kuohu tankkivakuumiin. Osa aineista on vaikeaa tai mahdotonta saada laskemaan kohti tähtäysarvoa millään jatkokäsittelytavalla.

Kuvasta 18 nähdään korkeat rikkiarvot jo etunäytteissä. Vakuumissa käsiteltävien sulatusten asiakastilauksen maksimiarvot ovat yleisesti 0,005 % tai 0,008 %. Useimmat etunäytteet ja kaidenäytteet ylittävät tilauksen maksimiarvon. Tästä johtuen on tarpeellista ottaa jokaisesta suoraan vakuumitankkiin menevistä sulatuksista konvertteriprosessin jälkeinen näyte, jotta sulatukselle voidaan varmuudella aloittaa tyhjiökäsittely.



KUVA 18. Rikin arvo eri näytteissä suoravakuumisulatuksissa (11)

#### 4.3 Muutoksia nykyiseen konvertteriprosessin jälkeisen näytteenoton työohjeeseen

Nykyisen työohjeen mukaan konvertteriprosessin jälkeisiä näytteitä viimeisen vuoden ajalla on otettu noin 2 200. Taulukon 1 mukaisesti konvertteriprosessin



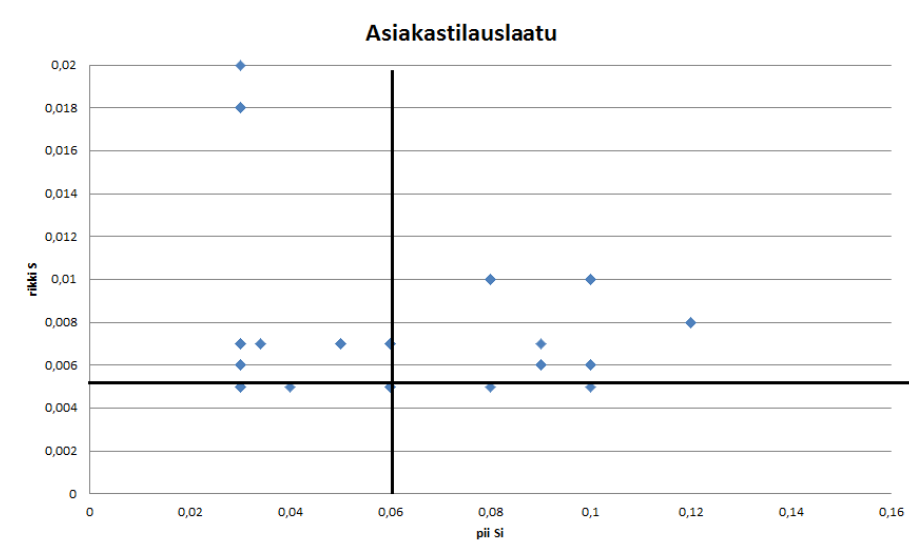
jälkeinen näyte otetaan C4-käsiteltävistä sulatuksista ja G2-sulatuksista. 0,004 %:n  $S_{max}$  sulatuksista ja 0,001  $S_{max}$  senkkauunille menevistä sulatuksista. C4-käsiteltäviä sulatuksia menee CAS-OB-asemalle ja senkkauunille. Taulukossa 2 on esitelty muutoksia näytteenottoehtoihin.

*TAULUKKO 2. Konvertteriprosessin jälkeisen näytteenoton uusi työohje*

Prosessireitti	Ehdot näytteenotolle
C4, F6/F7	Asiakastilaus $S_{i_{max}} < 0,06 \%$
C4, F1/F4	Asiakastilaus $S_{i_{max}} < 0,06 \%$
F1/F4	$S_{max} < 0,004 \%$
F1 + G2	$S_{max} < 0,001 \%$
Suoravakuumi G2	Kaikki sulatukset

Suurimmat muutokset konvertteriprosessin jälkeisen näytteenoton työohjeeseen tehdään CAS-OB-asemalla käsiteltäviin C4-sulatuksiin. Näytteenottoja vähennetään noin 36 % vuodessa, jos piin maksimiarvo tilauksessa on yli 0,03 %. Näytteenottojen vähennys on noin 480 viimeisen vuoden aikaisten tilastojen perusteella. Etunäytteessä rikki voi olla yli tilatun maksimiarvon, mutta näyte otetaan vain asiakastilauksen piin maksimiarvon ollessa alle 0,06 %. Kuvasta 19 mustan pystyviivan oikeanpuoleisten laatikoiden pisteet kuvaavat eri asiakastilauksia, joista ei oteta konvertteriprosessin jälkeistä näytettä. Jatkokäsittelyltä vaaditaan onnistunut rikinpoisto. Korkea rikkipitoisuus laskee, kun voidaan käyttää enemmän alumiinia ja se voidaan seostaa heti konvertteriprosessin jälkeiseen näytteeseen. Jos matalapiipitoisista sulatuksista ei oteta konvertteriprosessin jälkeistä näytettä, se vaikeuttaa alumiinin seostusta ja rikinpoiston aloitusta CAS-OB-asemalla. Liiallinen alumiinin käyttö voi nostaa piin arvoa, kun ei tiedetä karkean seostuksen jälkeistä alumiinipitoisuutta. Näytteenoton vähennys pelkästään rikkipitoisuuden perusteella ei onnistu, koska informaatio-järjestelmä

hakee konvertteriprosessin jälkeisen näytteenottokäskyn asiakastilauksista, joiden näytteenottoja vähennetään tilauksen piipitoisuudella.



KUVA 19. Asiakastilausten rikki piin funktiona C4-sulatuksissa (11)

Senkkauunilla käsiteltävistä C4-sulatuksista voidaan jättää konvertteriprosessin jälkeinen näyte ottamatta samoilla perusteilla kuin CAS-OB-aseamalla käsiteltävistä. Vähennys on noin 39 % vanhan työohjeen mukaisista näytteenotoista.

Vakuumilla ja senkkauunilla käsiteltävät sulatukset alhaisella rikkipitoisuudella tarvitsevat konvertteriprosessin jälkeisen näytteen. Näyte helpottaa jatkokäsittelyä ja nopeuttaa käsittelyn kulkua, koska voidaan valmistautua näytteen perusteella esimerkiksi rikinpoistoon. Suoraan vakuumitankkiin menevät sulatukset vaativat konvertteriprosessin jälkeisen näytteen alumiinipitoisuuden tarkasteluun.

Uuden konvertteriprosessin näytteenoton ohjeen perusteella vähennys on kaikista vanhan työohjeen sulatuksista noin 25 %. Uusi työohje julkaistaan Ruukin sisäiseen Neuvo-informaatiojärjestelmään, josta teräksen kaataja saa kuvan 8 mukaisen merkin kaidenäytteenotosta. Uusi työohje kirjataan järjestelmään asiakastilauksen piin maksimiarvon perusteella.

## 5 TYÖTURVALLISUUSTARKASTELU

Konvertteriprosessin jälkeiseen teräsnäytteenottoon liittyy useita riskitekijöitä. Suurimmat riskitekijät kohdistuvat näytteenottajan työturvallisuuteen. Näyte otetaan konvertterin etupuolelta, missä tehdään konvertterin panostustoimenpiteet. Näytteenotto tapahtuu pudottamalla pahvinen upposondi pitkällä teräsvarrella sulaan teräkseen ja pitämällä sondia muutaman sekunnin ajan sulassa. Sondi nostetaan ylös ja otetaan irti teräsvarresta, minkä jälkeen pahvisesta sondista saadaan irrotettua kokilliin muodostunut teräsnäyte.

### 5.1 Näytteenottoaikan turvallisuusriskit

Näytteenottajalta odotetaan suurta varovaisuutta suorittaessaan konvertteriprosessin jälkeistä näytteenottoa karkeasti seostetusta teräksestä. Näytteenottajan velvollisuus on noudattaa terässulaton turvallisuusmääräyksiä liittyen varustukseen ja mahdollisten vaaranpaikkojen havaitsemiseen. Nostureiden ja liikkuvien rautavaunujen väistäminen kuuluu normaaleihin terässulaton turvallisuusperiaatteisiin.

#### 5.1.1 Alustan epäpuhtaus

Kävelyalustan mahdolliset epäpuhtaudet aiheuttavat näytteenottajalle kompastumisvaaran. Alustalla mahdollisia esteitä ovat konvertterista ja sen huuvesta pudonneet skollan palat ja kierrätysteräksen panostuksen yhteydessä pudonneet teräsromut. Kompastuminen voi johtua tekijän omasta virheestä, kuten turhasta kiirehtimisestä. Alusta saattaa olla liukas tai epätasainen. Epätasaisuus johtuu muun muassa alustan levyistä, joita ei ole asennettu tasaisesti tai mahdollisesta pölystä ja pienistä skollan paloista kertyneistä kasoista. Alustalla saattaa olla työntekijöiden työvälineitä, putkia, letkuja ja muita esineitä, joita tulisi varoa käveltäessä konvertterin edustalle.

Alustan epäpuhtaudesta ja henkilön omasta huolimattomasta liikkumisesta johtuvia tapaturmia tapahtuu yleisesti eniten. Tapaturmilla on eri vakavuusasteita riippuen mahdollisen sairausloma-ajan pituudesta. Konvertteriprosessin jälkeistä näytettä otettaessa alustan epäpuhtaus voi johtaa henkilön kompastumiseen.

Seurauksena vakavimmassa tapauksessa henkilö murtaa esimerkiksi jalan tai kaatuu jonkin esineen päälle, mikä aiheuttaa esimerkiksi käden murtuman. Huolimattomasta liikkumisesta aiheutuen nilkka voi nyrjähtää, mikä on todennäköisesti yleisimpiä tapaturmia alustan epäpuhtauden vuoksi.

Epäpuhtaasta alustasta aiheutuvat tapaturmat voidaan ehkäistä pienellä ja vähän aikaa kuluttavalla toimenpiteellä. Konvertterin edusta voitaisiin puhdistaa Bobcatilla aina konvertterin huoltotoimenpiteiden yhteydessä. Puhdistus voitaisiin tehdä jokaisen iltavuoron aikana tai tarpeen vaatiessa. Pelkästään tällä toimenpiteellä poistetaan kompastumisriskin ulkoiset tekijät ja riskin todennäköisyys pienenee merkittävästi.

### **5.1.2 Nosturi- ja rautavaunuliikenne**

Konvertteritasolla liikkuu kaksi rautavaunua ja kaksi panostusnosturia. Rautavaunut tuovat täydet rautasenkat miksereilta konvertteritasolle, josta panostusnosturi nostaa rautasenkan ja panostaa sen konvertteriin. Toinen panostusnosturi tuo romuhallista kierrätysterästä romukourulla ennen raudan panostusta. Kuvassa 20 taustalla näkyy romukouru ja kuvan etupuolella rautavaunu, josta on nostettu raakarautasenikka panostusta varten.



*KUVA 20. Rautavaunu- ja nosturiliikennettä konvertterin etupuolella (5, s. 11)*

Teräksen kaadon ja karkeaseostuksen jälkeen tarpeen vaatiessa otetaan konvertteriprosessin jälkeinen näyte. Konvertterin etupuolelle mentäessä on varottava panostusnostureita. Nosturin saa alittaa, mikäli sen koukuissa ei roikutaakkaa. Näytteenoton aikana on mahdollista, että toista konvertteria panostetaan, jolloin panostusnosturit liikkuvat tason suunnassa. Nosturit eivät ylitä tasolla olevia henkilöitä vaan odottavat henkilöiden poistumista alapuolelta. Nostureiden kuljettajat saavat tiedon mahdollisesta konvertteriprosessin jälkeisestä näytteenotosta ja osaavat odottaa teräksen kaatajan saapuvan etupuolelle ennen kuin tuovat romukourun. Rautavaunujen kiskoja ei näytteenoton aikana tarvitse ylittää, ja etäisyys vaunuihin on noin 3 metriä suorituspaikalta.

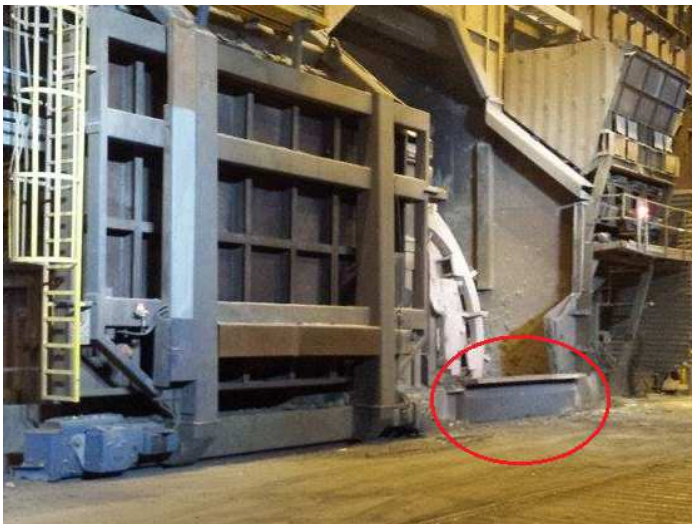
Nosturiliikenteen aiheuttamia tapaturmiakin voi sattua, jos työntekijät eivät noudata työturvallisuusohjeita. Toisella konvertterilla näytteenottohetkellä saatetaan panostaa rautaa. Panostuksen aikana on kielletty liikkuminen konvertterin edustalla. Panostuksen yhteydessä roiskeita lentää tasolle, milloin näytteenottajaan kohdistuu roiskevaara. Nostureiden koukkuihin kertynyttä skollaa saattaa pudota senkan kuljetuksen aikana. Skollan osuessa ihmiseen voi sattua vakavia ta-

paturmia. Nostureiden taakkojen putoaminen koukuista on vakava turvallisuusriski konvertterin edustalla liikkuville.

Säännöllisellä nosturin koukkujen ja taakkojen kunnossapidolla vältetään taakkojen putoaminen. Nostureiden säännöllisellä huollolla vältetään mahdolliset vikaantumiset. Työntekijöille on perehdytettävä tarkasti konvertterin etupuolella liikkumisen säännöt, joilla vähennetään vaaratilanteita. Kommunikointi ja näköyhteys näytteenottajan, ohjaamomiehen ja nosturikuljettajien välillä on tärkeä pitää toimivana.

### 5.1.3 Putoamisriski

Konvertteriprosessin jälkeinen näyte otetaan terässenkasta, joka on noin neljä metriä alempana näytteenottajaa. Alemman kerroksen lattia on noin seitsemän metriä alempana näytteenottotasoa. Näytteenottajan ja pudotuksen välissä on kaide, jonka yli otetaan näyte (kuva 21). Kaide lämpenee jatkuvan tuotannon takia paljon, joten siihen ei saa nojata näytteenottohetkellä. Vasemmalla puolella on liukuovi, joka aukeaa näytteenottoa varten.



*KUVA 21. Konvertterin edustan näytteenottopaikka*

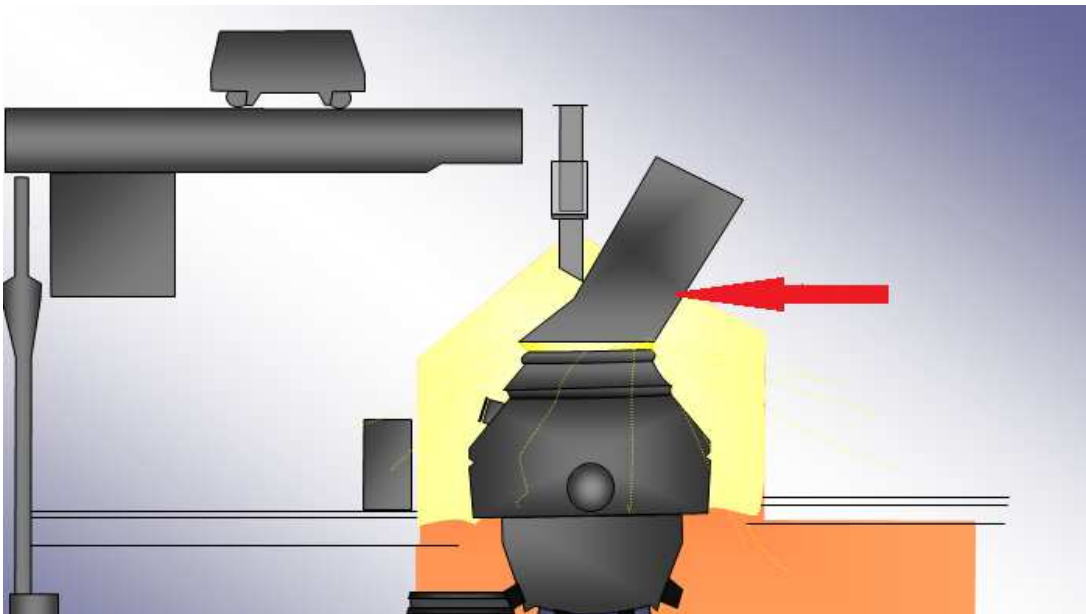
Putoamisvaara on vakavin mahdollinen tapaturma, joka uhkaa näytteenoton aikana. Henkilö voi pudota terässenkkaan, joka on täynnä 1 700-celsiusasteista sulaterästä tai suoraan alemman kerroksen lattialle, joka on seitsemän metriä

alempana. Pahimmassa tapauksessa näytteenottajaa uhkaa kuolema tai vakava loukkaantuminen.

Putoamisriskiä voidaan pienentää monin eri keinoin. Jokainen ehdotus sisältää monimutkaisia muutoksia rakenteisiin, toimintatapoihin ja muihin työtehtäviin. Putoamisriskin todennäköisyys saataisiin minimoitua olemattomaksi vaihtamalla näytteenoton suorituspaikkaa tai rakentamalla nykyinen näytteenottoaika 100-prosenttisen turvalliseksi. Kaiteen lämpenemistä ei voida estää, joten palovammoilta vältytään vain työntekijän huolellisella työskentelyllä.

#### 5.1.4 Putoavat skollat ja roiskevaara

Konvertterin edustalla työskenneltäessä täytyy huomioida mahdollinen skollan putoaminen konvertterin huuvasta (kuva 22). Käveltäessä näytteenottoaika tai näytteenottohetkellä saattaa huuvasta tai konvertterin kyljestä pudota isoja skollan paloja.



*KUVA 22. Huuva konvertterin yläpuolella (11)*

Skollan palan osuminen näytteenottajaan on todennäköisyydeltään pieni, mutta silti mahdollinen. Tähänkin turvallisuusriskiin on varauduttava suurella vakavuudella. Huuvaan ja konvertterin kylkeen kertynyt skolla saattaa irrota isoina paloina ja osuessaan näytteenottajaan aiheuttaa vakavia tapaturmia. Vakavimpia

mahdollisia tapaturmia on raajojen murtuminen, joka aiheuttaa pitkän poissaolon työstä.

Skollan putoaminen voitaisiin estää puhdistamalla huuva ja konverteria joka vuorossa suoritettavien konverterihuoltojen aikana. Vaihtoehtoisesti rakennetaan näytteenotto paikalle katos, joka poistaa skollan aiheuttamat vaaratilanteet ja tapaturmat.

Näytteenottajaa uhkaa roiskevaara, kun upposondi pudotetaan teräsvarren avulla sulaan. Teräksen pinta alkaa käyttäytyä erilailla kohdasta, johon sondi upotetaan. Kuvassa 23 nähdään alempi taso. Korkeusero maahan on noin 7 metriä. Näytteenottaja joutuu katsomaan alaspäin, milloin sulasta saattaa nousta roiskeita korkeallekin. Roiskeen aiheuttamilta tapaturmilta vältytään, kun näytteenottajalla on vaatimusten mukainen työasu ja kypärässä oleva roiske-suojajavisiiri on näytteenottohetkellä kasvojen suojana.



*KUVA 23. Konverterin kaiteelta näkymä alemmalle tasolle*



## **5.2 Rakennemuutosehdotukset**

### **5.2.1 Kaiteen korotus**

Konvertteriprosessin jälkeinen näyte voidaan jatkossakin ottaa samasta paikasta nykyisen työhöjään mukaan. Näytteenotto paikalle tarvitaan rakenteellisia muutoksia, jotta työskentelystä voidaan tehdä turvallisempaa.

Kaiteen korotus estäisi henkilön putoamisen alempaan kerrokseen tai teräsenkkaan. Enintään 30 cm:n korotus kaiteeseen on mahdollinen, koska liian korkea kaide estää huoltotoimenpiteet konvertterin lähellä. Kaiteen korotus ei kuitenkaan ole niin yksinkertaista kuin voisi olettaa. Konvertteria huolletaan päivittäin massapaikoilla tai skollaa poistetaan konvertterin ulko- ja sisäreunoista työkoneella.

### **5.2.2 Näytteenottokatos**

Konvertterin viereen olisi mahdollista rakentaa pieni katos näytteenotto paikalle. Katos estäisi skollan palojen putoamisen näytteenottajan päälle, ja katoksen seinämä estää roiskeiden lentämistä työvaatteisiin.

Katoksen rakenteen pitäisi kestää skollan putoamiset ja roiskeet. Myös romun panostuksen yhteydessä saattaa kourusta pudota painavaa romua, joka voi rikkoa katoksen.

Kuvassa 24 on merkitty punaisella alue, johon katos voitaisiin rakentaa. Katosta varten seinämään tehtäisiin iso reikä, josta näkee teräksen pinnan. Pelkkä reikä tai luukku voisi riittää, mutta on hyvä varautua poistamaan näytteenottajaan kohdistuva putoavan tavaran riski rakentamalla pieni katto. Katoksen ollessa sivussa voi konvertterin edessä oleva ovi pysyä kiinni vielä näytteenoton ajan, ja se aukaistaisiin vasta näytteenoton jälkeen seuraavaa panostusta varten.



*KUVA 24. Mahdollinen paikka näytteenottokatokselle*

Katoksen suunnittelu ja rakentaminen kolmelle konvertterille tuovat lisäkustannuksia. Rakentaminen on vaikea toteuttaa jatkuvan tuotannon, koska se hidastaa tuotantoa. Näytteenottokatoksessa työskentely sondin ja pitkän jatkovarren kanssa saattaa aiheuttaa ongelmia pienen tilan vuoksi.

### **5.2.3 Näytteenottoaukko konvertterin etupuolelle oveen**

Jokaisen konvertterin edessä on suuri teräsovi. Ovi suojaa konvertterin edustan tasoa puhalluksen ja teräksen kaadon aikana mahdollisilta roiskeilta ja savukaasuilta. Ovi liikkuu kiskoilla ja se on ohjelmoitu aukeamaan aina teräksen kaadon loputtua uutta panostusta varten.

Oveen on mahdollista tehdä pieni luukku, josta voidaan työntää sonni teräsenkkaan. Luukku tulisi sijoittaa riittävän korkealle, jotta se on sisäpuolelle jäävän kaiteen yläpuolella. Luukun ansiosta näytteenottaja suojautuu skollalta, roiskeilta ja putoamiselta.

Kuvassa 25 on punaisella merkitty alue, joka olisi sopiva paikka luukulle. Vahvi-kekehikko ovessa vaikeuttaa luukun rakentamista, ja palkin rakenteen muuttaminen voi haitata oven kestävyyttä. Näin ollen oven luukku on huonompi vaihtoehto kuin katos. Oven ollessa kiinni etäisyys pituussuunnassa teräsenkkaan

kasvaa, ja näköyhteys sinne heikentyy. Tämän takia luukun valmistaminen oven viereiseen seinään näytteenottokatokseen (kuva 24) voisi olla selkeämpi ratkaisu. Luukku voidaan seinässä sijoittaa alaviistoon, jolloin kaikilla on riittävä näköyhteys ja mahdollisuus ottaa näyte.



*KUVA 25. Mahdollinen paikka luukulle*

#### **5.2.4 Oven raotus näytteenottoa varten**

Konvertteriprosessin jälkeinen näyte olisi mahdollista ottaa nykyisestä paikasta, jos kuvan 25 ovea raotettaisiin noin 1–2 metriä. Ovi suojaa näytteenottajaa skollan paloilta, roiskeilta, pölyltä ja lämpösäteilyltä. Tapaturmariskien todennäköisyydet pienenisivät huomattavasti oven ollessa raollaan.

Oven automaattinen toiminta muutettaisiin konvertteriprosessin jälkeisen näytteenoton työohjeen mukaan. Kuvan 8 Kaidenäyte sulatuksesta vihreä ruutu ohjaisi oven toimintaa. Oven pitäisi aueta automaattisesti noin 1–2 metriä heti kuonan kaadon jälkeen. Näytteenoton jälkeen napin painamisella lähetetään terässenkkaavaunu senkkahalliin ja samalla ovi aukeaisi kokonaan seuraavaa panostusta varten. Muutos ei tarvitse rakenteellisia muutoksia, mutta logiikan testaaminen 100-prosenttisen toimintavarmaksi veisi ajallisia resursseja.

### **5.3 Vaihtoehtoiset näytteenottopaikat**

Konvertteriprosessin jälkeisen näytteenoton suoritukselle on mahdollista kehittää uusi näytteenottopaikka. Vaihtoehtoja on monia, joista kahdesta on esitelty hyvät ja huonot puolet.

#### **5.3.1 Hiekoituspaikka**

Ennen teräksen kaatoa työntekijä menee konvertterin edustalle hiekoittamaan terässenkan kaatoreiän tukkeutumisen estämiseksi. Hiekoitus tapahtuu pudotamalla hiekkasäkit putkea pitkin senkkaan. Näyte on mahdollista ottaa samasta putkesta upottamalla sondi jatkovarren avulla teräkseen. Näytteen lähetys tehtäisiin työohjeen mukaisesti ainoastaan eri paikassa.

Hiekoituspaikasta otettavalla näytteellä poistetaan putoamisriski ja vältytään skollan putoamisen mahdollisuudelta. Konvertteritasolla liikkumista yritetään välttää ja vähentää yleisen työturvallisuuden parantamiseksi. Kyseinen näytteenottopaikka lisää poikittaista liikkumista konvertteritasolla ja nosturi- ja rauta-vaunuliikennettä täytyy huomioida enemmän.

Näytteenottopaikan vaihdon vuoksi automaatiojärjestelmää joudutaan muokkaamaan. Terässenkan on kaadon loputtua liikuttava näytteenottopaikan kohdalle automaattisesti. Terässenkka voidaan paikantaa samaan kohtaan automaatiojärjestelmään, jossa on valmiiksi hiekoituspaikan etäisyydet. Näytteenottopaikalle tulisi asentaa painike, jolla terässenkka lähetetään jatkokäsittelyyn.

#### **5.3.2 Konvertterin takaa otettava näyte**

Näytteenottopaikkojen siirtäminen ja rakentaminen vie paljon aikaa ja tuo lisäkustannuksia. Jokaiselle kolmelle konvertterille tulisi rakentaa samanlainen näytteenottopaikka.

Etunäyte otetaan ja lämpötila mitataan konvertterin takaa puhalletusta teräksestä. Samasta paikasta voitaisiin ottaa konvertteriprosessin jälkeinen näyte terässenkasta, jolloin turvallisuusriskit vähenevät. Ainoastaan mahdolliset skollan palat ja roiskeet vaarantavat työturvallisuutta.

Näytteenottopaikan siirtäminen vaatii uusia järjestelyitä automaatiojärjestelmään, jotta terässenikka liikkuu automaattisesti näytteenottopaikalle heti teräksen kaadon jälkeen. Kaadon aikana näytteenottaja ehtii kävellä näytteenottopaikalle, eikä tule tuotannollisia viivästyksiä. Näytteenottopaikalle joudutaan asentamaan painike, jolla lähetetään teräs senkkahalliin. Painikkeella poistetaan turha aika, joka menisi työntekijän kävelyyn kaatuhuoneen ja näytteenottopaikan välillä.

Automaatiojärjestelmä vaatii tunnistimet paikkaan, jossa se pysähtyy oikeaan kohtaan näytteenottoa varten. Ohjelmoitavaa logiikkaa joudutaan muuttamaan päinvastaiseksi, koska uudessa näytteenottopaikassa terässenikka liikkuu eri suuntaan kuin nykyisessä ohjelmassa. Näytteenottopaikan vaihto vaatisi paljon testauksia ja rahan käyttöä, jotta siitä saataisiin virheettömästi toimiva järjestely. Ratakiskoja joudutaan pidentämään, jotta terässenkkavaunu pääsee riittävän taakse, jolloin voidaan ottaa terässenkasta näyte. Kustannuksista tulisi suuret, koska kaikki kolme konvertteria joudutaan muokkaamaan samanlaisiksi.

#### **5.4 Työturvallisuustarkastelu**

Työturvallisuustarkastelu järjestettiin terässulatolla Raahen tehtaalla perjantaina 30.5.2014. Tarkasteluun osallistui sulattajia ja vuorotyönjohtajia eri vuoroista. Tarkastelussa käytiin läpi kaikki konvertteriprosessin jälkeiseen näytteenottoon liittyvät turvallisuusriskit. Turvallisuusriskit lisätään Ruukin sisäiseen tietokantaan perehdytystä ja jatkotoimenpiteitä varten. Työturvallisuustarkastelun tulokset ovat liitteessä 2.

## 6 YHTEENVETO

Tämä opinnäytetyö tehtiin Rautaruukin Raahen tehtaan terässulatolle. Työ painottui konvertterin alueelle, senkkauunille ja CAS-OB-asemalle. Prosessin aikana teräksestä otetaan useita näytteitä puhalluksen ja valun välillä. Tässä työssä tarkastelu kohdistui konvertteriprosessin jälkeiseen näytteenottoon ennen jatkokäsittelyä ja valua. Konvertteriprosessin jälkeinen näyte otetaan konvertterin etupuolella kaiteen yli. Työn tarkoituksena oli tutkia kyseisen näytteenoton tärkeyttä terästuotannossa ja sen perusteella tehtäviä jatkokäsittelyitä. Jatkokäsittelyasemat tekevät tietyt jatkokäsittelyt tarpeen vaatiessa. Jatkokäsittely on helpompi aloittaa, kun tiedetään konvertteriprosessin jälkeiset seosainepitoisuudet.

Työn ensimmäisessä osiossa tarkasteltiin konvertteriprosessin jälkeisen näytteen analyysia ja sitä, miten se ohjaa jatkokäsittelyä CAS-OB-asemalla, senkkauunilla ja vakuumilla. Näytteen analyysia tutkittiin viimeisen vuoden ajalta. Analyysit otettiin Ruukin sisäisestä tietokannasta, ja niistä eroteltiin sulatukset, joista oli otettu konvertteriprosessin jälkeinen näyte. Yhteensä konvertteriprosessin jälkeisiä näytteitä otettiin noin 2 200.

Nykyisen konvertteriprosessin jälkeisen näytteenoton työohjeen perusteella erilaisia prosessireittejä oli viisi. Työssä reitit käsiteltiin omina osioina. Ensimmäisenä tarkasteltiin CAS-OB-asemalla kalsiumkäsiteltävät sulatukset. Kalsiumkäsiteltäviä sulatuksia CAS-OB-asemalla oli viimeisen vuoden aikana noin 1 300. Senkkauunilla käsiteltiin noin 150 kalsiumkäsiteltävää sulatusta. Tarkoituksena oli vähentää tai poistaa näytteenotto kyseisistä sulatuksista. Näyteanalyysista tarkasteltiin rikin ja piin arvoja. Myös alumiinipitoisuutta seurattiin, koska teräksen tiivistyminen vaatii oikean määrän alumiinia. Rikki on epäpuhtaus teräkselle ja vaikuttaa negatiivisesti teräksen laatuun.

Tilastoista ja työntekijöiden kokemuksista ilmeni, että C4-sulatuksissa konvertteriprosessin jälkeinen näyte rikin tarkasteluun ei ole välttämätön. Jatkokäsittely aloitettaisiin etunäytteen perusteella, joka otetaan heti happipuhalluksen jälkeen konvertterista. Etunäytteessä rikki on saanut ylittää sulatustilauksen maksimipitoisuuden ja silti teräs on saatu käsiteltyä oikeaan laatuun. Jatkokäsittelyasemil-

la teräs on onnistuttu käsittelemään sulatustilauksen vaatimuksiin, vaikka rikki olisi etunäytteessä ja konvertteriprosessin jälkeisessä näytteessä ylittänyt tilauksen arvon. Tämän perusteella vanhaan työohjeeseen näyte muutettiin otettavaksi asiakastilauksen piipitoisuuden perusteella. Piipitoisuuden maksimiarvon ollessa alle 0,06 % kaidenäyte tulee ottaa. Uusi työohje vähentää näytteenottoja vuodessa noin 25 %. Uusi työohje on esitetty taulukossa 2.

Senkkauunilla käsiteltävät matalan rikkipitoisuuden teräkset vaativat konvertteriprosessin jälkeisen näytteen, jotta helpotettaisiin jatkokäsittelyä. Suoraan vakuimitankissa käsiteltävät sulatukset vaativat näytteenoton alumiinipitoisuuden vuoksi. Oikealla alumiinin seostuksella teräksen kaadon yhteydessä estetään teräksen kuohuminen tankkivakuumiin.

Opinnäytetyön toisena päätavoitteena oli tehdä konvertteriprosessin jälkeiselle näytteenotolle työturvallisuustarkastelu. Tarkastelun tavoitteena oli löytää turvallisuusriskit, jotka kohdistuvat näytteenottajaan konvertterin etupuolella. Konvertterin edustalla liikkuu panostusnostureita ja raakarautavaunuja. Nostureiden taakkojen alta kävely on ehdottomasti kiellettyä, ja toisen konvertterin panostuksen yhteydessä tulee välttää edustalle menoa mahdollisten roiskeiden takia. Näytteenottohetkellä konvertterista ja sen huuvasta saattaa putoilla isoja skollan paloja, jotka voivat pahimmassa tapauksessa aiheuttaa raajojen murtumia. Skollan paloista ja roiskeista kertyy konvertterin tasolle epäpuhtauksia aiheuttaen kompastumisvaaroja. Näytteenottohetkellä tulee varoa putoamista alemmalle tasolle kaiteen yli. Alemmalta tasolta saattaa lentää roiskeita näytteenotto paikalle, joten oikea suojarustus estää mahdolliset palovammat. Työturvallisuuspalaverissa käsiteltiin kaikki mahdolliset turvallisuusriskit (liite 2). Näytteenottojen vähennys pienentää tapaturmien todennäköisyyttä noin 40 %.

Nykyiselle näytteenotto paikalle on uusia ehdotuksia, joita kehitetään jatkuvasti. Työssä on esitelty kaksi vartenotettavaa vaihtoehtoa. Näytteenotto voisi olla jatkossa mahdollista ottaa konvertterin takaa tai senkan hiekoituspaikalta. Muutokset vaativat kuitenkin isoja kustannuksia ja muutoksia nykyisiin rakenteisiin.

## LÄHTEET

1. Historia. Ruukki. 2014. Rautaruukki Oyj. Saatavissa: <http://www.ruukki.fi/Tietoa-yhtiosta/Historia>. Hakupäivä 26.2.2014.
2. Raahen Tehdas, Raahe. 2013. PowerPoint-diasarja. Ruukki Metals Oy.
3. Teräksen valmistus, Raahe. 2005. PowerPoint-diasarja. Ruukki Metals Oy.
4. Mikseri, Raahe. 2006. PowerPoint-diasarja. Ruukki Metals Oy.
5. Konvertteri, Raahe. 2006. PowerPoint-diasarja. Ruukki Metals Oy.
6. Teräskirja. 2009. Kahdeksas painos. Metallin jalostajat ry. <http://www.teknologiateollisuus.fi/fi/ryhmat-ja-yhdistykset/teraskirja.html>. Hakupäivä 18.3.2014
7. Terässulaton näytekoodit. 2012. Päivitetty 2.3.2012. Ruukki Metals Oy.
8. Suomi. Heraeus Electro-Nite. 2014. Saatavissa: [http://heraeus-electro-nite.com/en/locationscontact/suomi/finland\\_suomi.aspx](http://heraeus-electro-nite.com/en/locationscontact/suomi/finland_suomi.aspx). Hakupäivä 26.2.2014.
9. Kaidenäytetyöohje. 2012. Päivitetty 2.3.2012. Ruukki Metals Oy.
10. Terässulaton suoritustapakoodit. 2013. Päivitetty 5.3.2013. Ruukki Metals Oy.
11. Neuvo-tietokanta. 2014. Sisäinen lähde. Ruukki Metals Oy.





## LÄHTÖTIETOMUISTIO

Työn tiedot	Tekijä <sup>1</sup>	Tilaaaja <sup>2</sup>							
	Jani Hanhikorpi	Ruukki Metals Oy							
	Tilaaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot <sup>3</sup>								
	Antti Syrjänen, 020 59 22157, antti.syrjanen@ruukki.com								
	Työn nimi <sup>4</sup>								
	<b>Kaidenäytteenoton optimointi terästuotannossa</b>								
	Työn kuvaus <sup>5</sup>								
	<p>Kaidenäytteenottoa ohjataan nykytilassa sulatustilauksen rikki (S) ja pii (Si) maksimien perusteella. Tällä pyritään ohjaamaan jatkoprosessin käsittelyä.</p> <p>Tässä työssä tutkitaan kaidenäytteenoton tärkeyttä terästuotannossa. Selvitetään mitä seosaineita käytetään ja mitä tulisi välttää kaidenäytteen analyysin perusteella. Käydään läpi kaidenäytteenotto teknisesti ja huomioidaan kaidenäytteenoton turvallisuuskriteerit. Ehdotus kaidenäytteenoton turvallisuuden parantamisesta.</p>								
Työn tavoitteet <sup>6</sup>									
Tavoitteena selvittää miksi kaidenäyte on tärkeä terästuotannossa ja mitä sen perusteella tehdään. Päivitetään ohjaus ja työohje vastaamaan tarpeita. Laaditaan parannusehdotus kaidenäytteenoton turvallisuuden parantamiseksi.									
Tavoiteaikataulu <sup>7</sup>									
Projektin alkaa 2.1. 2014. Projektin kesto noin 4 kuukautta.									
Päiväys ja allekirjoitukset <sup>8</sup>									
<table border="0"> <tr> <td>9 / 12 / 2013</td> <td>Jani Hanhikorpi</td> <td>9 / 12 / 2013</td> <td>Antti Syrjänen</td> </tr> <tr> <td>Tekijän allekirjoitus</td> <td></td> <td>Tilaaajan allekirjoitus</td> <td></td> </tr> </table>		9 / 12 / 2013	Jani Hanhikorpi	9 / 12 / 2013	Antti Syrjänen	Tekijän allekirjoitus		Tilaaajan allekirjoitus	
9 / 12 / 2013	Jani Hanhikorpi	9 / 12 / 2013	Antti Syrjänen						
Tekijän allekirjoitus		Tilaaajan allekirjoitus							
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tekijän nimi, puhelinnumero ja sähköpostiosoite.</li> <li>2. Työn teettävän yrityksen virallinen nimi.</li> <li>3. Sen henkilön nimi ja yhteystiedot, joka yrityksessä valvoo työn suoritusta.</li> <li>4. Työn nimi voi olla tässä vaiheessa työnimi, jota myöhemmin tarkennetaan.</li> <li>5. Työ kuvataan lyhyesti. Siinä esitetään muun muassa työn tausta, lähtötilanne ja työssä ratkaistavat ongelmat.</li> <li>6. Esitetään lyhyesti ja selvästi työn tavoitteet.</li> <li>7. Esitetään projektin tavoiteaikataulu. Silloin, kun työllä on välitavoitteita, myös ne merkitään aikatauluun. Tavoiteaikataulun ja oppilaitoksen yleisaikataulun perusteella tekijä laatii oman aikataulunsa.</li> <li>8. Lähtötietomuuisto päivätään ja sen allekirjoittavat tekijä ja tilaaajan yhdyshenkilö</li> </ol>									



Vaaratekijä ja -tilanne	Ris-kin taso	Turvallisuustoimenpide	Jäl-jelle jäävä riski	Toimenpiteet jäljelle jäävän riskin pienentämiseksi	Jäl-jelle jäävä riski	Toteutus vastuuhenkilö
kaatuminen ja liukastuminen ; epäjärjestys konvertteritasolla skollaa	2 2.5 2 1 10	Jos huomataan tasolla liukastumisvaaraa aiheuttavaa likaa, niin otetaan yhteyttä yleismies-1:een ja siivotaan kohde.	1.5 2.5 2 1 8		1.5 2.5 2 1 8	
kaatuminen ja liukastuminen ; epäjärjestys konvertteritasolle on valunut ölyä, trukista, bobcatista tai skollanpoistokoneesta	1.5 2.5 2 1 8	Jos tasolla on öljyä niin imeytetään se öljyinsidonta-aineeseen. Ja siivotaan sidonta-aine myös pois.	1 2.5 2 1 5			
kaatuminen ja liukastuminen; työtasot, epätasainen alusta	2 2.5 2 1 10	Kiinnitetään huomioita havaittuihin vikoihin. Ilmoitetaan kunnossapidolle pienistä epätasaisuuksista.	1.5 2.5 2 1 8		1.5 2.5 2 1 8	
Tasojen perusteellinen huolto on tulossa konverttereisen uusinnan jälkeen 2015-2016						
putoaminen; suojaamattomat aukot, 7500 ja 0-tason väli, putoaminen voi johtua liukastumisesta tai tasapainon menetyksestä.	1.5 2.5 15 1 56	Näytteenoton vähentäminen, tietyillä Si- ja S-maksimeilla.	1 2.5 15 1 38	Kaide estämään putoaminen (useita eri variaatiota suunniteltu) Suunnitellaan ja toteutetaan putoamisen estävä kaide.	0,1 2.5 15 1 4	
putoavat tai kaatuvat esineet tai rakenteet; nosturit, romukouruista putoavat kappaleet.	5 2.5 15 1 188	Asia on jo ohjeistettu, Panostusnosturi näkee automaatiokuvakkeesta otetaanko kaidenäyte (Alcontilta), lisäksi jos kaidenäyte tarvitaan muusta syystä Sulattajan pitää valita Alcontista näytteenotto. Sulattaja on ohjeistettu että ei kävele taakan alle. Panostusnosturin liikkeistä on olemassa merkkivalot.	1 2.5 15 1 38	Käydään työohjeet ja työhön perehdyttämis ohjeet läpi ja yhdenmukaistetaan ne.	0,1 2.5 15 1 4	
putoavat tai kaatuvat esineet tai rakenteet; irtoavat osat, savukaasuputken ja huuvan putoavat skollat	5 2.5 6 1 75	Näytteenoton vähentäminen, tietyillä Si- ja S-maksimeilla kaidenäyte pois.	2 2.5 6 1 30	Mietitään konvertterin over toimintaa Voiko ovi olla kaidenäytteenoton ajan raollaan ja kun senkkää aletaan ajamaan senkkahallin rajaan, ovi aukeasi auki panostusta varten.	2 2.5 6 1 30	
lentävät esineet, nesteet, sirut tai hiukkaset ; lentävä pöly, senkan kuumuuden takia ylösnouseva ilma ja pöly	18 2.5 2 1 90	Käytettävistä suojavaalaineista on olemassa ohjeistus. Käytetään valimoasua, suojalaseja, kuulosuojaimia sekä visiiriä. Edelleen jää suojaamatta	18 2.5 0.5 1 23	Vähennetään kaidenäytteenottoa Tietyillä S- ja Si-maksimeilla	18 1.5 0.5 1 14	

## hengityselimet.

liikkuvien nostureiden, koneiden tai ajoneuvojen aiheuttama tapaturma;	2	Oikeat tilannenopeudet.	0.1			
ajoneuvot, trukki, Bobcat,	2.5	Varoitusääniä ja valojen käyttäminen.	2.5			
skollanpoistokone,	6		6			
harjauskone,	1		1			
	30		2			
liikkuvien nostureiden, koneiden tai ajoneuvojen aiheuttama tapaturma;	1	Raakaratavaunulla on äänimerkki, turvapuskurit ja ultraäänianturit.	0.1			
siirtovaunut,	1		1			
Raakaratavaunun alle jääminen	15		15			
	1		1			
	15		2			
esineisiin satuttaminen; terävät esineet, Sormen viiltäminen skollaan, jalan rikkominen alustalle	2	Jos havaitaan skollaa tai romua, niin ilmoitetaan siitä yleismies 1:lle ja poistetaan riskinaiheuttajat.	1			
pudonneisiin teräviin teräsromuihin	2.5		2.5			
	2		2			
	1		1			
	10		5			
kuumat esineet; esineisiin satuttaminen, kuuma näyte.	2	Käytetään hanskoja				
	2.5					
	0.5					
	1					
	3					
esineisiin satuttaminen; kuumat esineet, kuonanpidätyksestä roiskunut kuuma kuona.	5	Käytetään ohjeistettuja suojavarusteita	1			
	2.5		2.5			
	2		2			
	1		1			
	25		5			
liikkuvien nostureiden, koneiden tai ajoneuvojen aiheuttama tapaturma, Konvertterin suojaovi	1	Varoitusääni.	0.1			
	2.5		2.5			
	4		4			
	1		1			
	10		1			
liikkuvien nostureiden, koneiden tai ajoneuvojen aiheuttama tapaturma, Konvertteri suojaoven päälle jäänyt romu tippuu oven avauksessa.	1	Romukourujen oikea lastaus (havainnoidaan jatkuvasti miten kourut on lastattu) Ilmoitetaan mikäli kourusta tippuu romua oven päälle.	0.1			
	1.5		1.5			
	15		15			
	1		1			
	23		2			
kuumuus, palovamma; sulan metallin roiskeet, viereisen konvertterin panostus	2	Ohjeistus on että panostettavan konvertterin vieressä ei saa työskennellä.	1	1		
	1		1	1		
	6		6	6		
	1		1	1		
	12		6	6		
kuumuus, palovamma; sulan metallin roiskeet, Kuonapadan kuohuminen/roiskuminen kuonankaadon jälkeen.	1	Käytetään suojavarusteita.	1	1		
	1		1	1		
	6		6	6		
	1		1	1		
	6		6	6		

melu; iskumelu, viereisen konvertterin kuonanpidätys,	5 1.5 4 1 30	Käytetään kuulosuojaimia.	0.1 1.5 4 1 1			
säteily, välitön vaikutus; infrapuna; Lämpösäteily senkan pinnalta.	18 2.5 0.1 1 5	Käytetään suojamaskia.	0.1			
kaasut (ilmassa); häkä, typpi, argon, Terässulatolla yleisesti on mahdollista että kaasuvuotoja voi olla.	1.5 1 0.5 1 1	Sulatolla on kiinteitä kaasumittauspisteitä.				
kaasut (ilmassa), Kaadossa senkan päällä palavat/käryävät seosaineet,	8 2.5 0.5 1 10	Kuonanmuodostaja täryjen ohjeista on muutettu niin että ne lähtevät käyntiin 20 sekuntia viimeisen seosainetäryn käynnistymisestä.	8 2.5 0.5 1 10	Selvitään mikä on konvertterin sekundääripölynpoiston tila kaidenäytettä otettaessa. Onko PT-taulussa kohtaa kaidenäytteenotolle.	8 2.5 0.5 1 10	
työolosuhteet; korkea työilman lämpötila; matala työilman lämpötila, konvertteritasen olosuhteet	8 2.5 0.5 1 10	Oikea tilanteeseen sopiva pukeutuminen.	0.1 2.5 0.5 1 0			