

·TEKNIIKAN PÄIVÄT 2010

14.-15.Tammikuu 2010
Otaniemi, Dipoli

SEPÄN PAJASTA

RAUDAN SYNTY

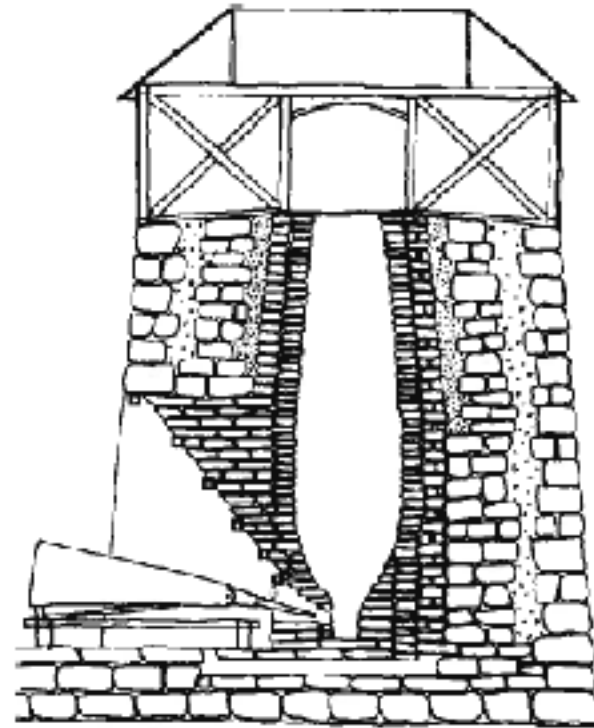
Click to edit Master subtitle style

Professori Jouko Härkki
Prosessimetallurgia
Oulun yliopisto



·ESITYKSEN SISÄLTÖ

- Rauta ja sen synty
- Historiaa
- Vanhaa tekniikkaa
- Keksintöjä
- Raudan valmistus tänään

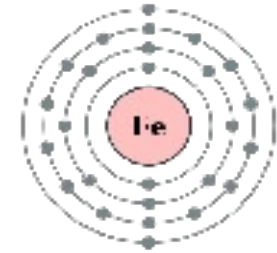


Stenmasugn i genomskäring.

Lähde: Hildebrand K-G. (1987). Svenskt järn, sexton- och sjuttonhundratalet Exportindustri före industrialismen



•RAUTA (Fe, lat. Ferrum)/ I



- Periodisen järjestelmän siirtymämetallien ryhmän alkuaine numero 26.
- Hopean värinen, kiiltävä, ferromagneettinen, puhtaana pehmeä ja seostettuna ominaisuuksien kirjo on valtava (tuhansia eri rauta- ja teräslajeja).
- Rauta on ihmiskunnan tärkein metalli. 95% kaikesta käytetystä metallista on rautaa.
- Rauta esiintyy luonnossa yleensä magnetiittina (Fe_3O_4), hematiittina (Fe_2O_3), rikkikiisuna (FeS_2) sekä pienempinä pitoisuuksina eri rautapitoisissa mineraaleissa.



·RAUTA/2

- Alkuaineena siis sitoutumattomana epämetalleihin rauta esiintyy meteoriiteissa (harvinaista).
- Atomipaino 55,85 amu
- Sulamispiste 1537 oC
- Kiehumispiste (1 bar paineessa) 2860 oC
- Rauta on maan kuoren neljänneksi yleisin alkuaine ja toiseksi yleisin metalli.
- Maan ytimen ollessa rautaa ja nikkeliä niin raudan osuus maapallosta on noin 35 p-% ja näin ollen se on yleisin maapallon alkuaine.



·SYNTY

Synnyllä tarkoitetaan jonkun asian myyttistä alkuperää suomalaisessa mytologiassa.

Syntysanat ovat syntyä selittävä kertomus.

Uskottiin, että asian tai esineen alkuperän tuntemisen avulla niitä saatettiin hallita.

Syntyjen suurin tuntija oli **tietäjä**.



·RAUDAN VALMISTUKSEN HISTORIAA

- Todistettavasti sumerit ja egyptiläiset käyttivät rautaa jo noin 4000 vuotta ennen ajanlaskumme alkua. Tämä rauta oli peräisin meteoriiteista ja se oli erittäin harvinaista ja näin kallisarvoista.
- Raudan käyttö yleistyi, kun Lähi-idässä, noin 1500 eKr. opittiin pelkistämään rauta oksideistaan. Tämä keksintö johti vähitellen pronssikauden päättymiseen eri aikoina eri puolella silloin tunnettua maailmaa.
- Välimeren ympäristöön raudantekotaito levisi n. 1200 eKr., Keski-Eurooppaan n. 800 eKr., Kiinaan n. 600 eKr. ja Afrikkaan n. 400 eKr.
- Suomessa raudan valmistus alkoi ensimmäisellä vuosisadalla jKr.



·VANHAA TEKNIKKAA/ I

- Kallion louhimisessa käytettiin kuumennusta ja nopeaa jäähdytystä apuna. ns. Heettiläinen pieni kuilu-uuni lienee ensimmäinen uuni, jossa rautaa on saatu pelkistymään ja siis rauta syntymään yhdisteistään.
- Tällaiset uunit/kuopat, joissa vetoa on pyritty parantamaan sijainnilla tai pienellä savupiipulla tuottivat rautasientä (C 0-0,5 %), joka oli siis taottavaa ja jota kutsuttiin kankiraudaksi. (Rauta valmistettiin paljon alle sen sulamispisteen).
- Ensimmäiset todelliset masuunit (kuilu-uuni) ovat peräisin Kiinasta noin 200-luvulta. Kiinalaisissa rikasteissa fosforipitoisuus oli korkea, jolloin rauta saatiin sulaksi paljon matalammassa lämpötilassa.

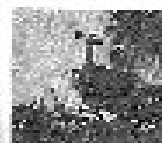
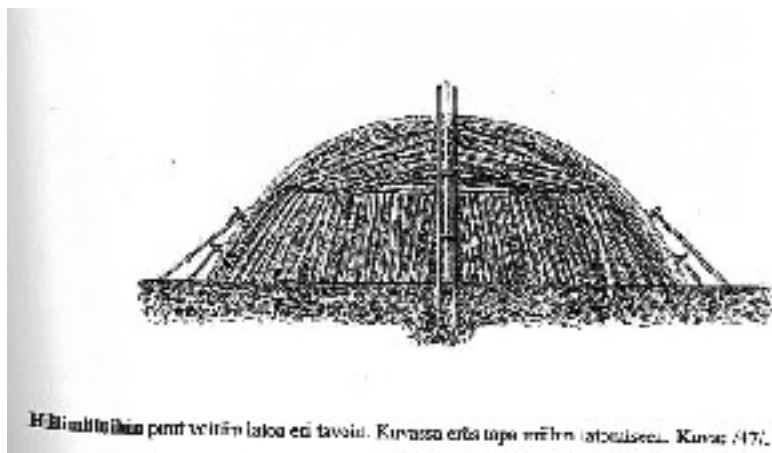


· VANHAA TEKNIKKAA/2

Euroopan ensimmäiset masuunit ovat peräisin 1100-luvulta. Mm. Ruotsin Lapphyttan (5 m korkea ja 2 m leveä)

Alun tärkeimmät ongelmat olivat:

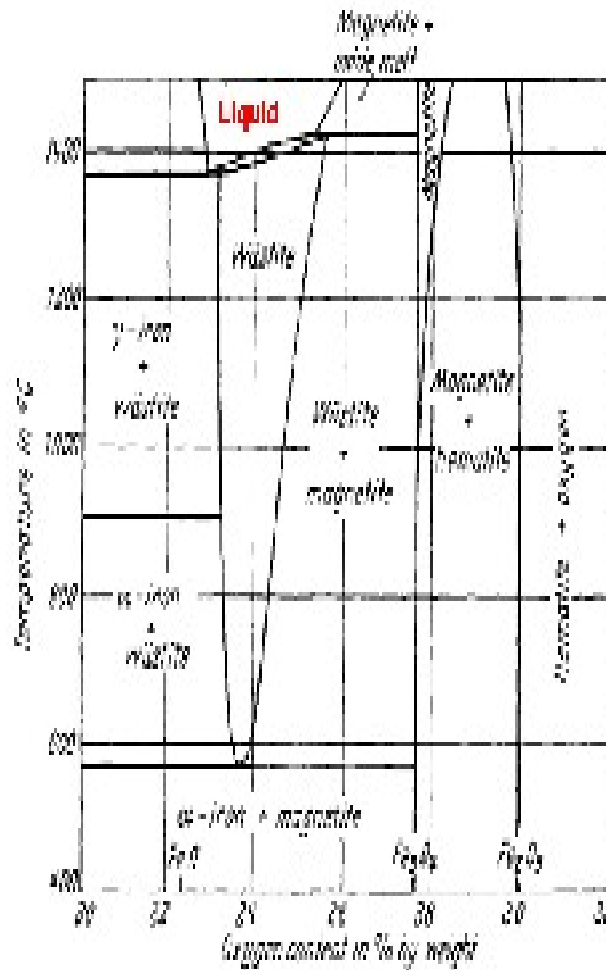
1. Riittävän korkean lämpötilan saavuttaminen.
2. Riittävän pelkistyspotentiaalin aikaansaaminen.



Ennen vuotta 1800 perinteinen laava ei tavoin. Kuvassa eräs tapa malmia laatuuseen. Kuvas: /17/.



• Fe-O tasapainopiirros

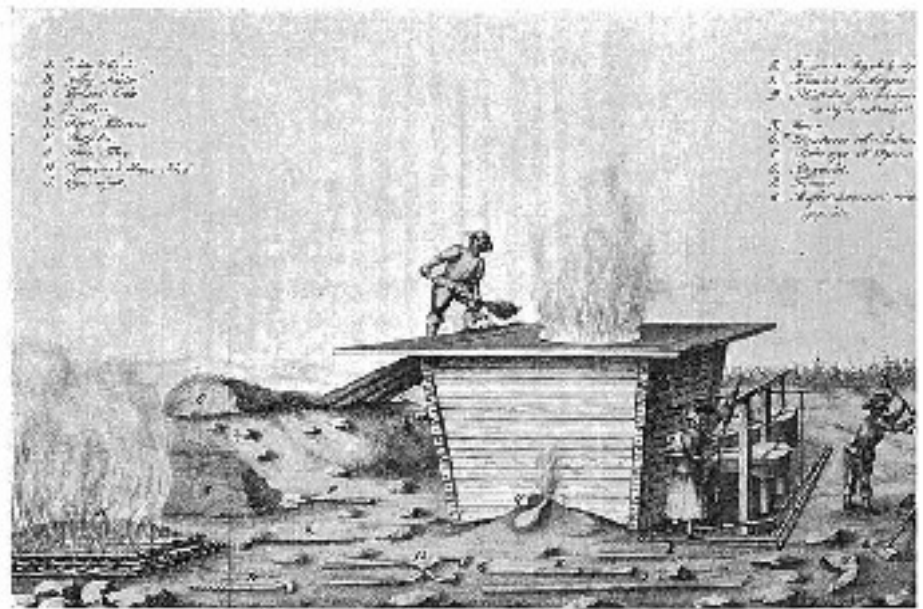


Lähde: Turkdogan, E.T. (1996). Fundamentals of steelmaking

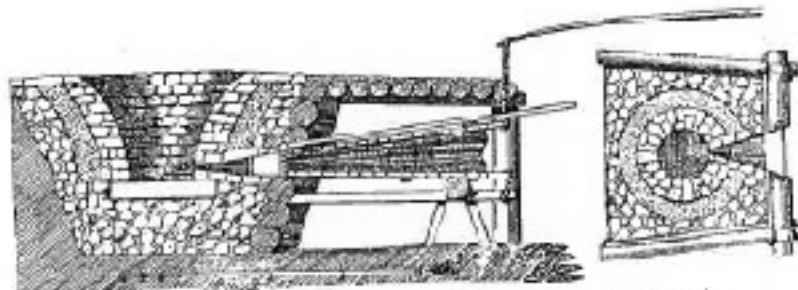


·Kuoppauuni

Kuoppauunit ovat olleet vastaavanlaisia vuosisatoja



Suomalaisen härkkökyttö laitoksen. Schultze, Järnkort. Atn. 1848.

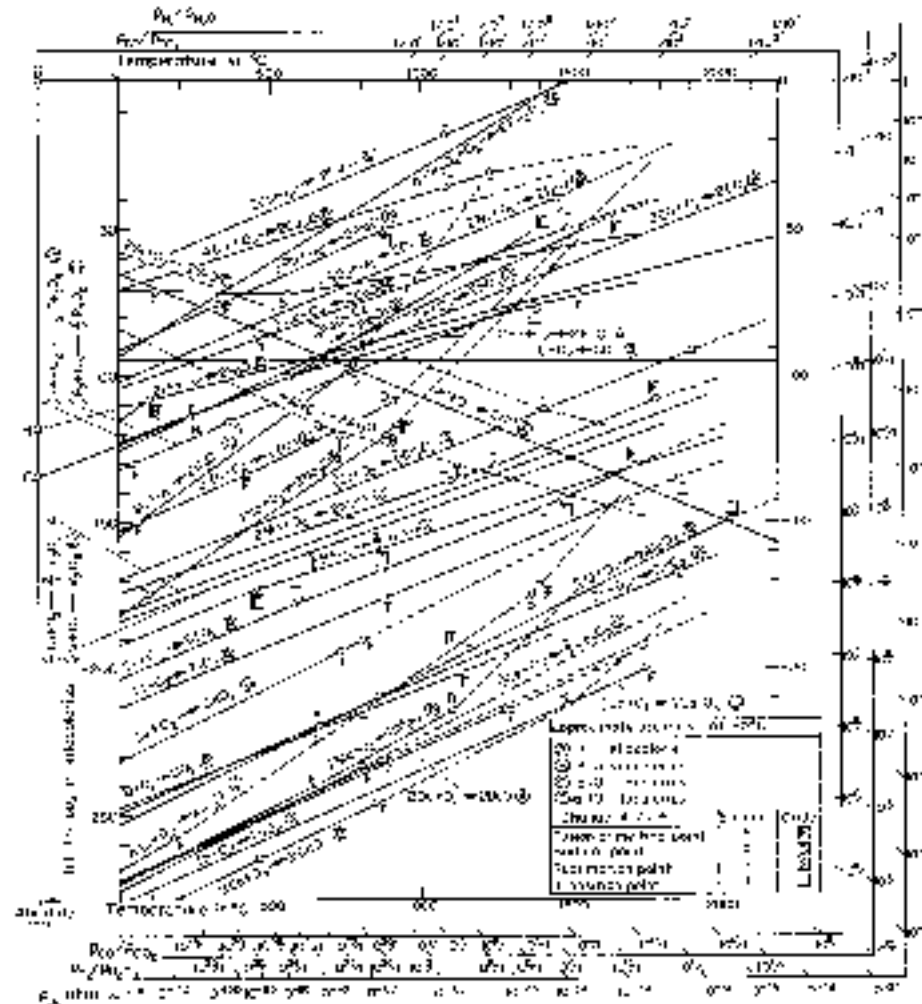


Norjaisinen härkkökyttö O Rensstad, Aftensidning over Jern-Naalm.

Lähde: Laine E. (1952). Suomen vuoritoimi 1809-1884, härkkökyttöt, kaivokset, konepajat



·Ellingham'in diagrammi



Lähde: Coudurier et al. (1985) Fundamentals of metallurgical processes



·TEKNIikka KEHITTYY

Roomalaisajalla mahdollistui raudan tuotannon massiivinen lisääntyminen johtuen:

- Yhteiskunnan järjestäytymisestä
- Organisoituneesta tuotantokoneistosta
- Suurista lähimarkkinoista
- Pääoman saatavuudesta

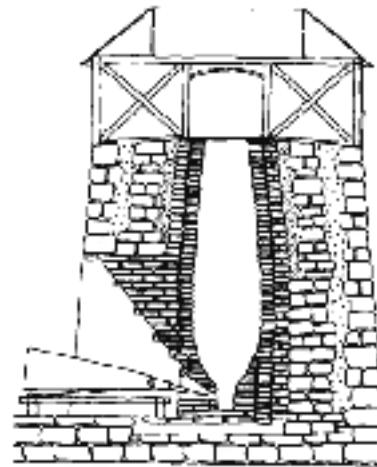
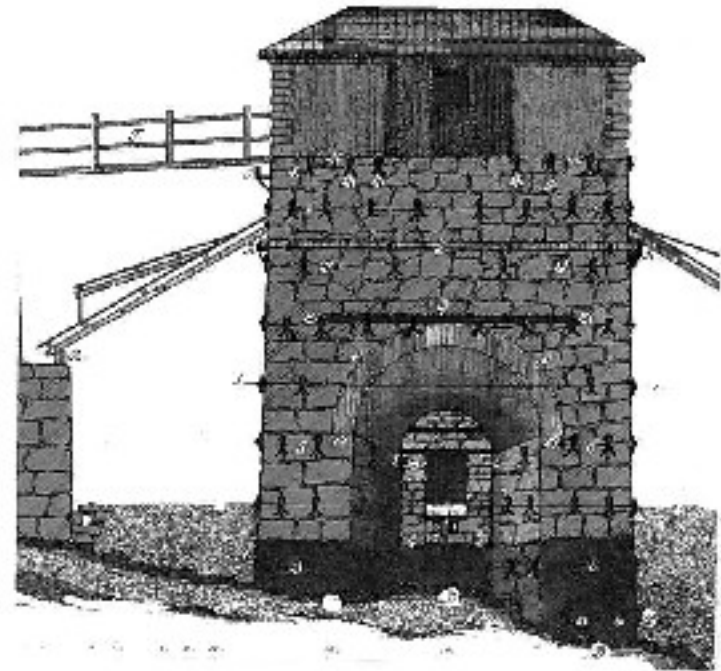
Raudan ja kaikkien muidenkin metallien valmistus nousi ja romahti Rooman valtakunnan nousun ja romahtamisen myötä. Tätä seuraavat epävarmat ajat jatkuivat lähes 1000 vuotta. Tämän ajan myös raudanvalmistustaidossa ei oleellista kehittymistä tapahtunut!



·Masuuni

Masuuni on säilynyt melko samanlaisena kuilu-uunina aina kehityksensä alkua ajoista (~1500 jKr.) lähtien.

Vain koko on kasvanut:
Suurin uuni tänään on 130 m korkea ja 17 metriä halkaisijaltaan. Tuotanto on yli 4 miljoonaa tonnia vuodessa. (Etelä-Korea)

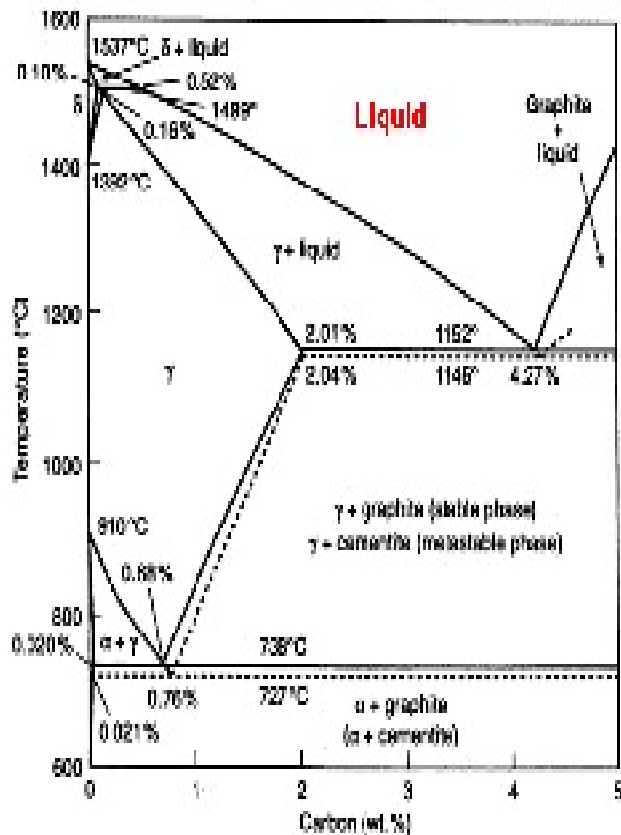


Sivemassun ja kokonäköskaikka.

Lähde: Hildebrand K-G. (1987). Svenskt järn, sexton- och sjuttonhundratals Exportindustri före industrialismen



·Fe-C tasapainopiirros



Lähde: Turkdogan, E.T. (1996). Fundamentals of steelmaking



·KEKSINTÖJÄ/ I

I. Vesivoimalla toimivat palkeet (1400-luku)

- Tämä keksintö mahdollisti riittävän lämpötilan aikaansaamisen raudan sulattamiseksi ja valamiseksi.
- Lämpötilan ja pelkistyspotentiaalın aikaansaajana käytettiin puuhiiltä, jota saatiin mm. tervanpolton yhteydessä.
- Näin valmistettu sula rauta sisälsi hiiltä noin. 2-3 %. Se oli haurasta ja muokattavaksi kelpaamatonta. Siitä valmistettiin mm. tykkejä.
- Taottava rauta valmistettiin edelleen kuoppauuneissa matalammassa lämpötilassa rautasieneksi.

Tänä aikana raudanvalmistus oli riippuvainen vesivoimasta, metsistä sekä rautamalmin sijainnista.



·KEKSINTÖJÄ/2

2. Kivihiilen kuivatislaus (Darby, engl. v. 1709)

- Kivihilikoksi oli huomattavasti lujempaa kuin puuhiili. Tämä mahdollisti suurempien masuunien rakentamisen. Samalla vapauduttiin riippuvuudesta metsistä.

3. Höyryllä toimivat puhallinkoneet (Höyrykoneen keksimisen seurauksena).

- Pystyttiin edelleen tehostamaan puhallusta ja näin kokosin palamislämpötila saatiin korkeammaksi.
- Vapauduttiin vesistöjen läheisyydestä. Samalla ympärivuotinen raudan valmistus mahdollistui.
- 1720 – 1800 kymmenkertaistui raudan tuotanto Euroopassa näiden keksintöjen vauhdittamana.



·KEKSINTÖJÄ/3

4. Kaasujen regeneratiivinen kuumennus. (Cowper, engl. v. 1828)

- Menetelmää onnistuttiin soveltamaan masuuneilla 1857. Raudan tuotanto kasvoi edelleen.

5. 1900-luvulla kehittyi mm. elektroniikka, jolloin instrumentointi, automaatio ja ohjausjärjestelmät voivat kehittyä.



·RAUDAUSTA TERÄKSEKSI

Varsinainen teräsaika voi alkaa vasta, kun opittiin poistamaan hiili masuuniraudasta.

Tässä kehityksessä oli alkuaikoina mm. seuraavia kehitysaskeleita:

- Sementaatiomenetelmä (1600-luku)
- Upokasmenetelmä **(v. 1740, Hustman engl.)**
 - Sheffield
 - Tuotanto n. 10 kg/tunti
- Puddlausmenetelmä **(v. 1783, Cort engl.)**
 - Epäsuora kuumennus (vapauduttiin puuhiilestä)
 - Wales
 - Tuotanto n. 100 kg/tunti
- Konvertteri **(v. 1850, Bessemer engl.)**
 - Tuotanto n. 5000 kg/tunti
- Tänään tuotanto yhdistelmäpuhalluskonverttereilla jopa 100 kertainen Bessemerin aikaan verrattuna.



·RAUDANVALMISTUS SUOMESSA

- **Kuoppauuneja oli jo 100-luvulla jKr.** Panoksena käytettiin pasutettua (avonuotiolla) järvi- tai suomalmia sekä lämmön ja pelkistyspotentiaalin luojana puuhiiltä.
- **Ensimmäinen masuuni aloitti Mustiossa Länsi-Uudellamaalla v. 1616.**
- **Tänä päivänä Suomessa toimii kolme masuunia,** joiden yhteistuotanto on noin 3 miljoonaa tonnia/vuosi. Raahessa 2 ja Koverharissa 1.

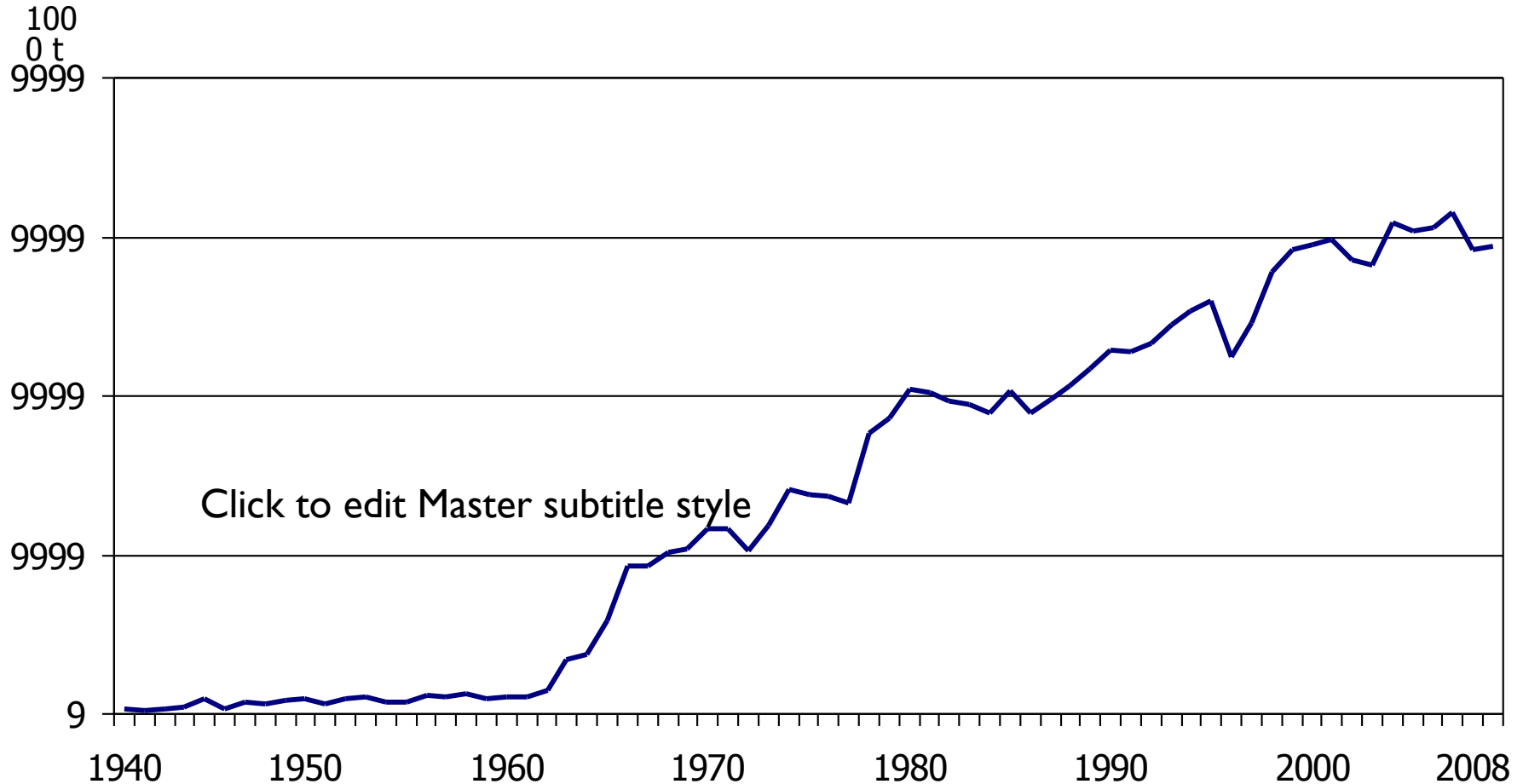


Raakarautatuotanto Suomessa

Pig Iron Production in Finland

1940 - 2008

·2020



Lähde/Source: Metallinjalostajat - Association of Finnish Steel and Metal Producers

· JOUKO HÄRKKI, 14.-15.1.2010

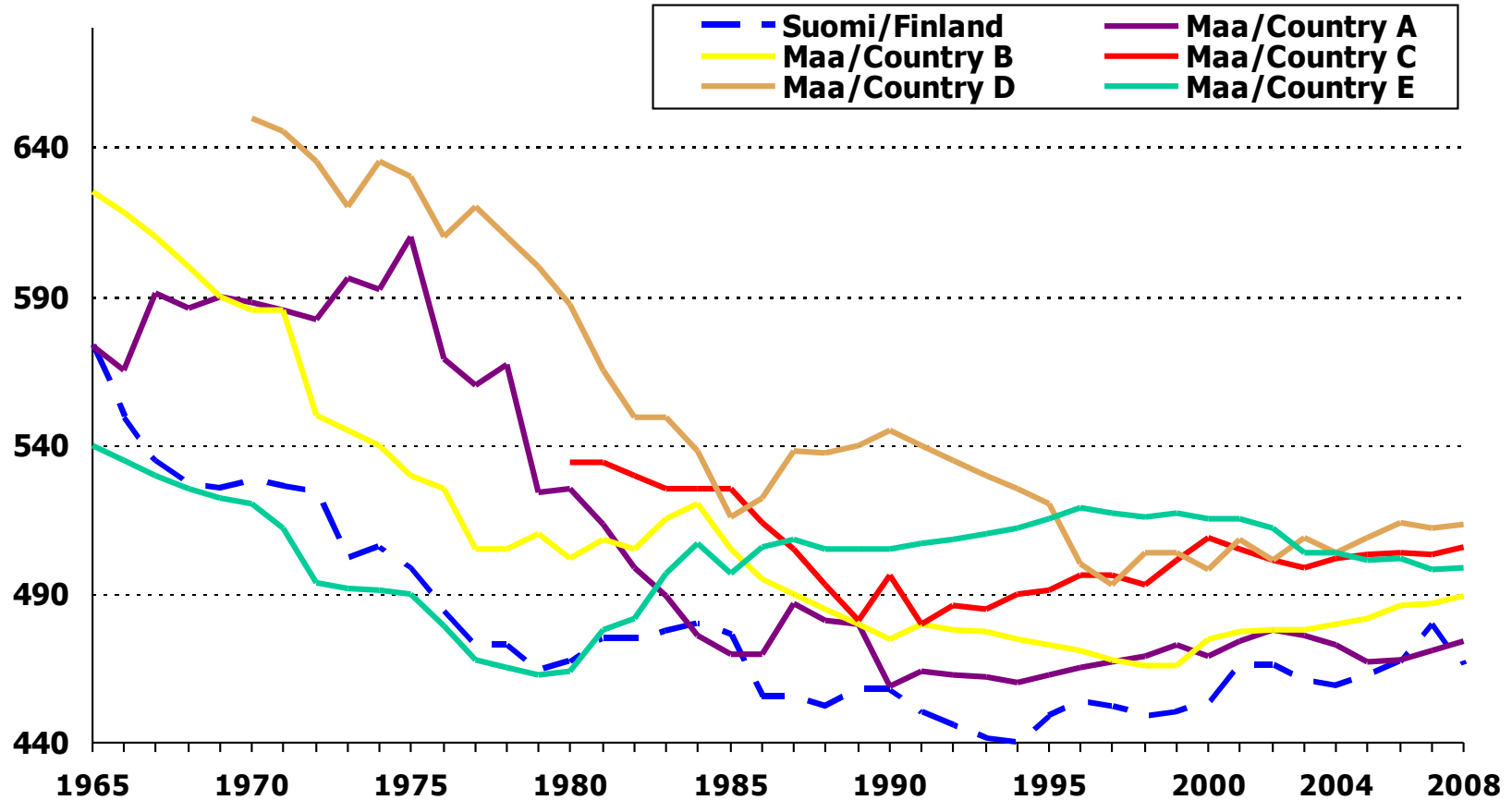
CASR Centre for Advanced Steel Research

OULUN YLIOPISTO UNIVERSITY of OULU



Pelkistysaineen ominaiskulutus masuunissa eri maissa²⁰¹² The Specific Consumption of Reducing Agents of Blast Furnaces

koksi + öljy + kivihiili, kg/t raakarautaa
coke + oil + coal, kg/t of pig iron

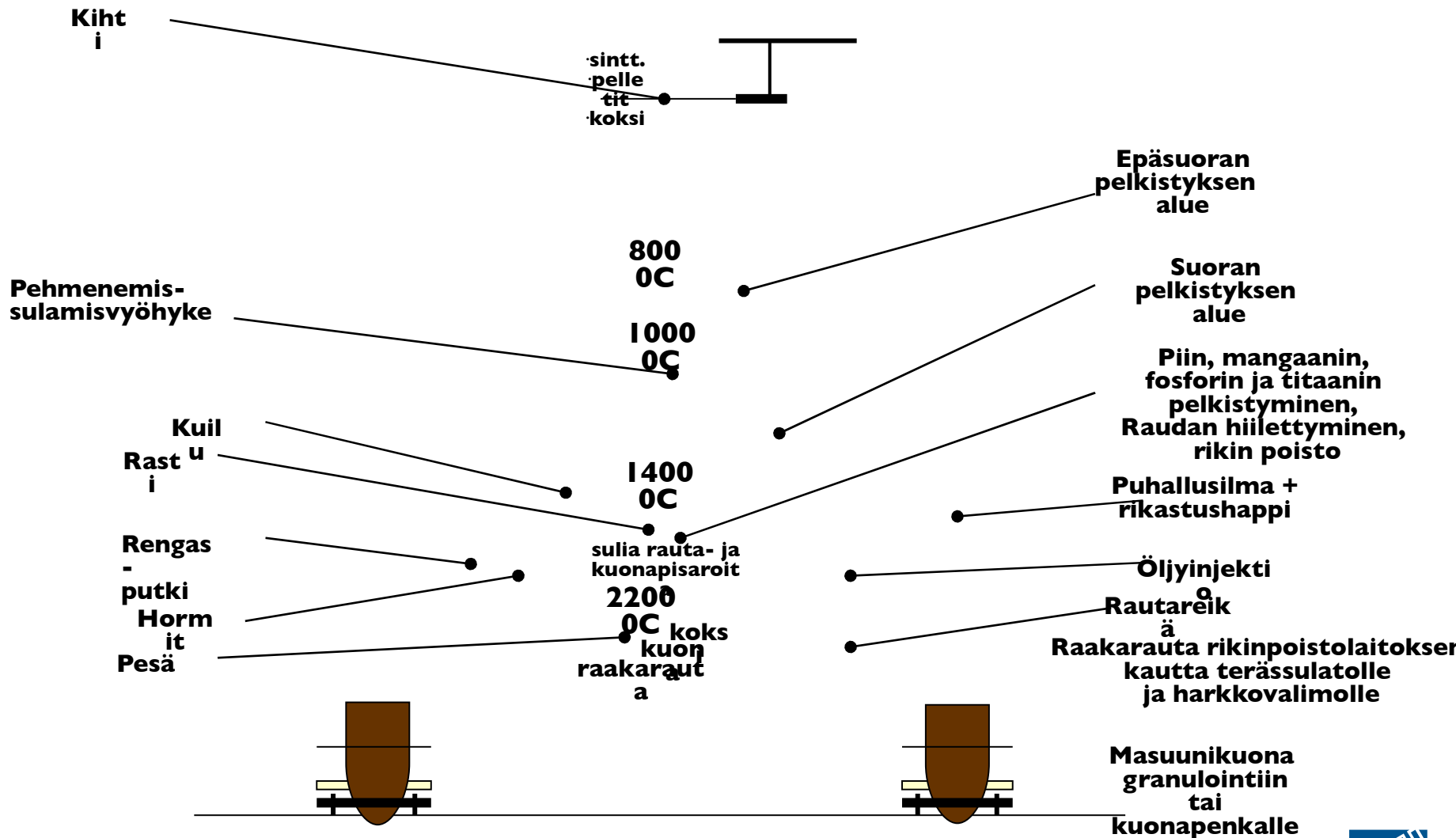


Lähde/Source: Metallinjalostajat - Association of Finnish Steel and Metal Producers

· JOUKO HÄRKKI, 14.-15.1.2010



Masuunin toiminta



Lähde: Ruukki Production

JOUKO HÄRKKI,
14.15.2010

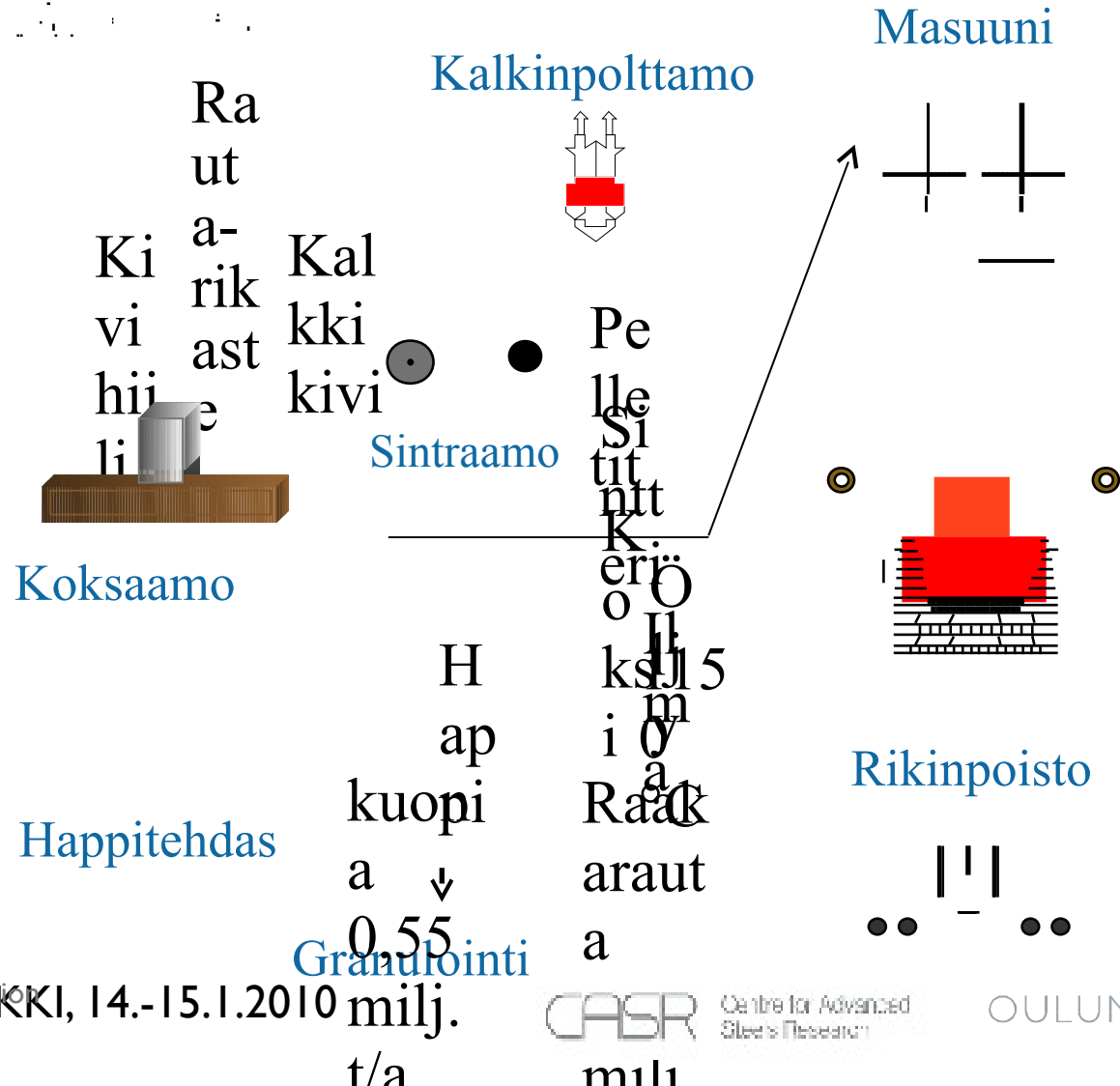
CASR

Centre for Advanced
Steel Research

OULUN YLIOPISTO
UNIVERSITY OF OULU



Raudanvalmistus



JOUKO HÄRKKI, 14.-15.1.2010

0,55 milj. t/a

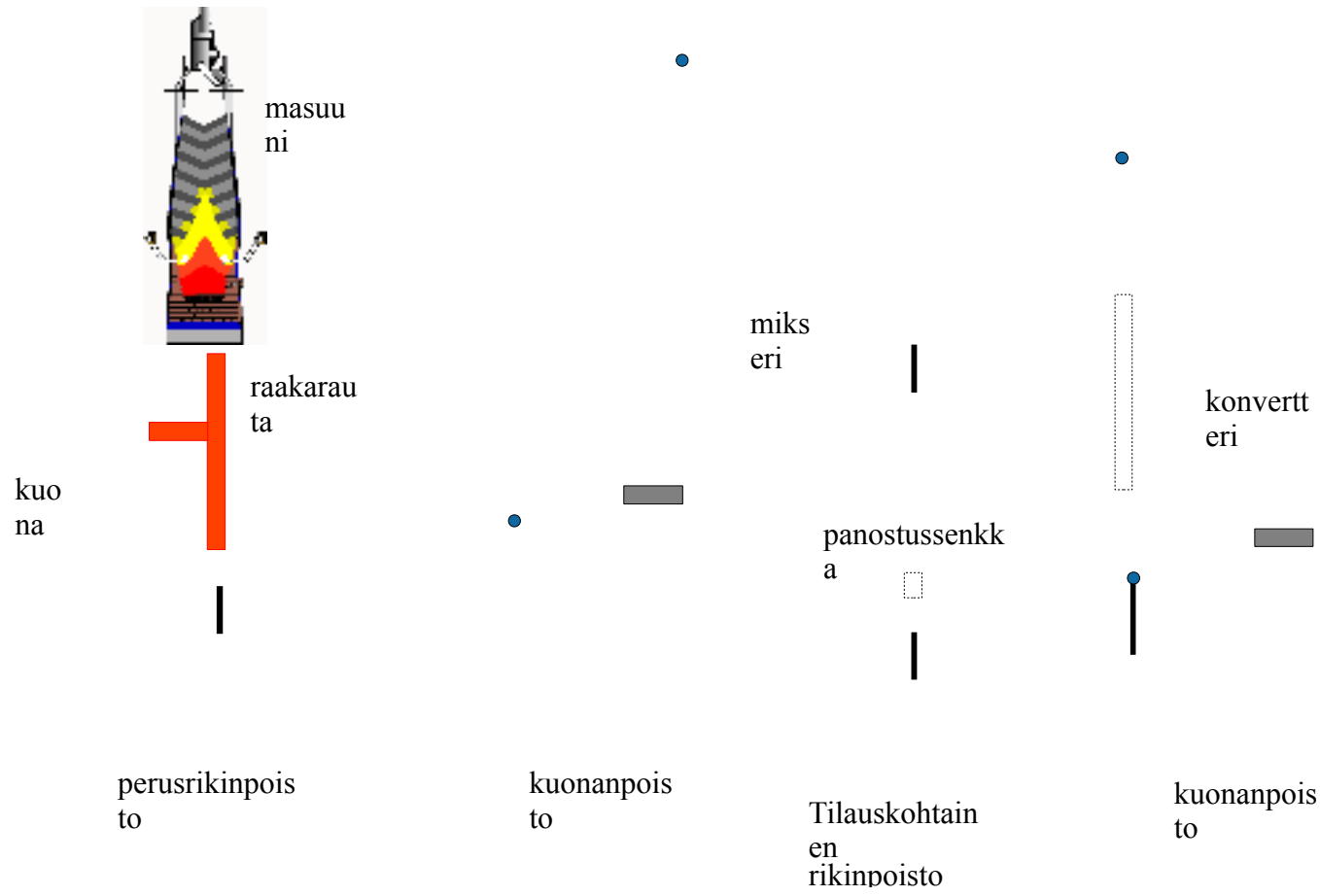
CASR

Centre for Advanced Steel Research

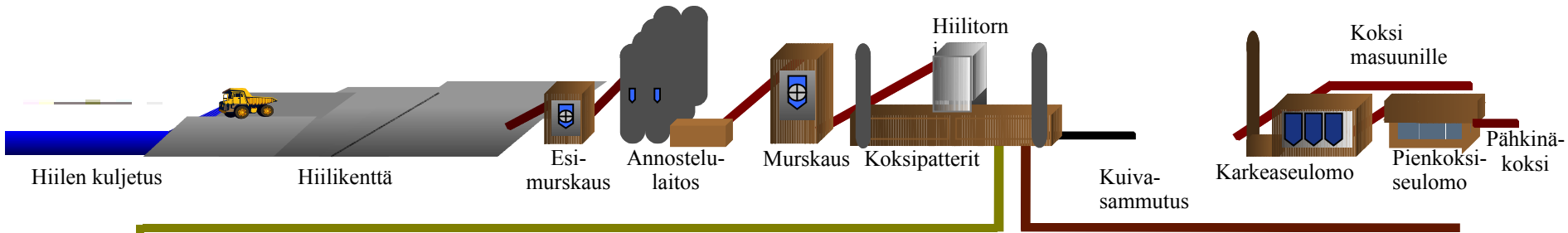
OULUN YLIOPISTO UNIVERSITY of OULU



Raakaraudan rikinpoistokaavio

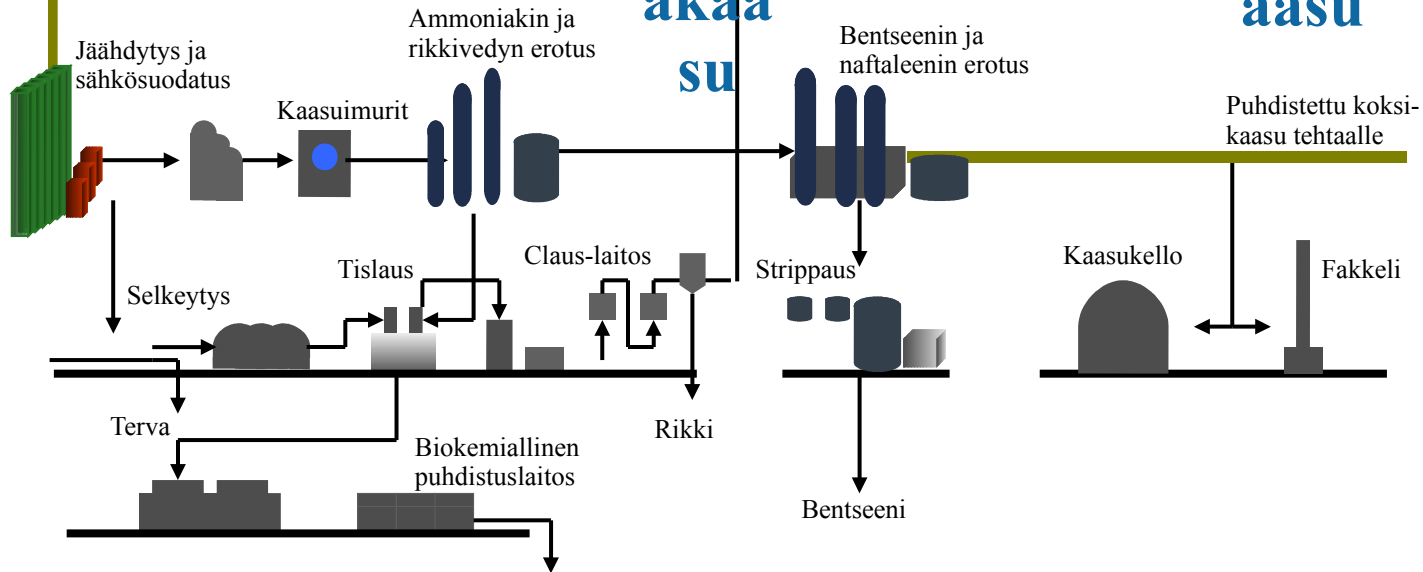


Koksiprosessi

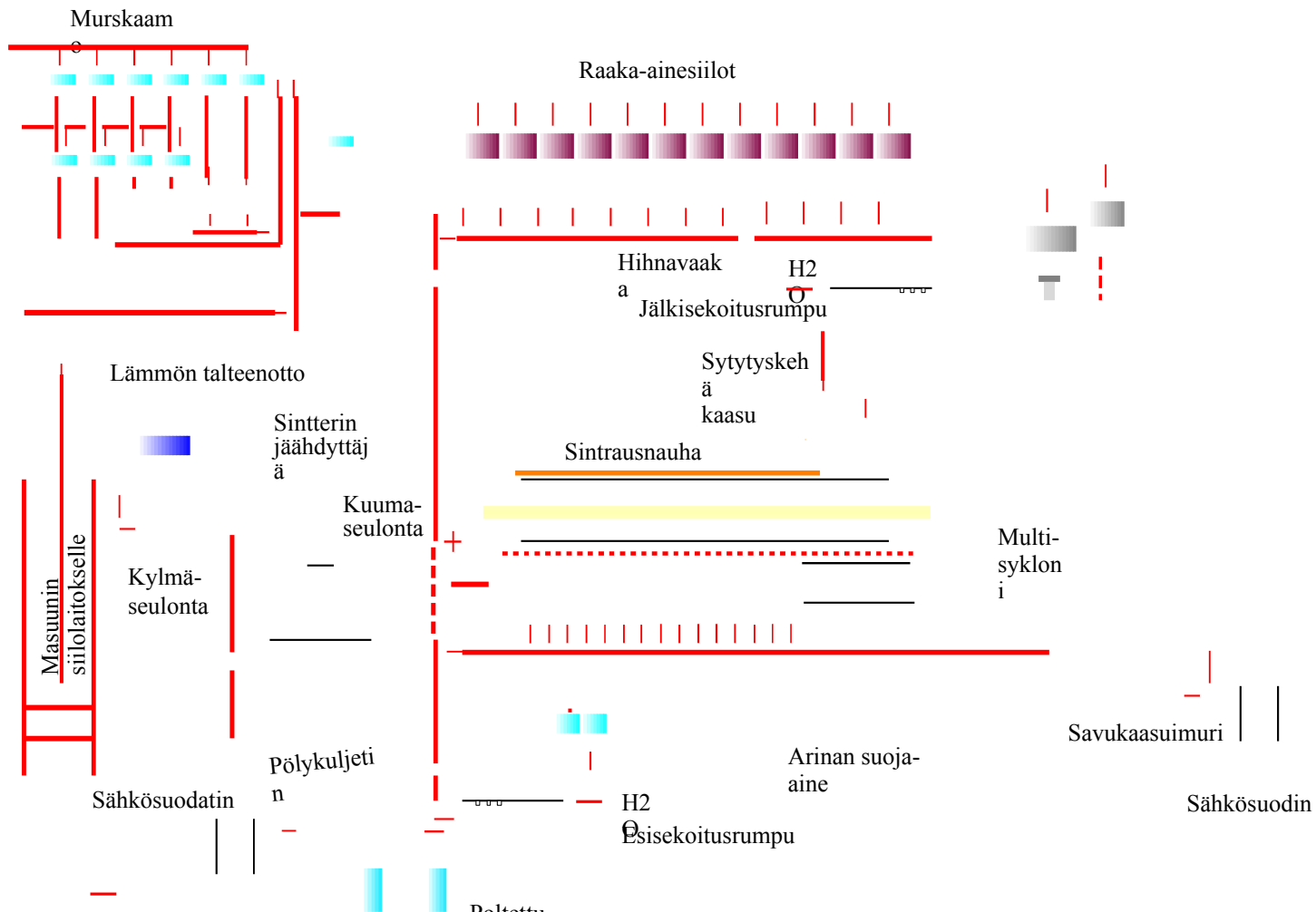


Raaka- aasu

Masuunikaasu

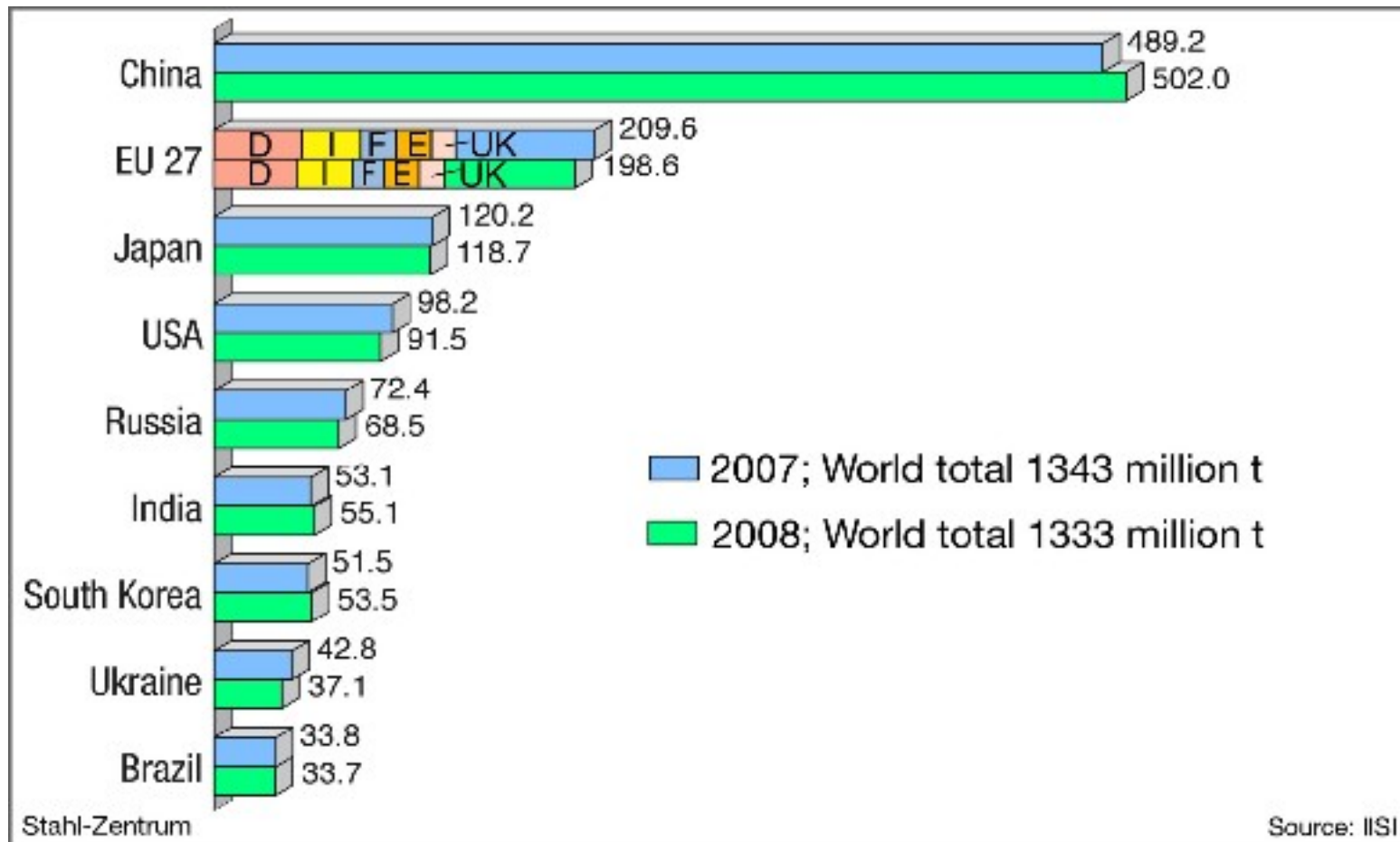


Sintraamo

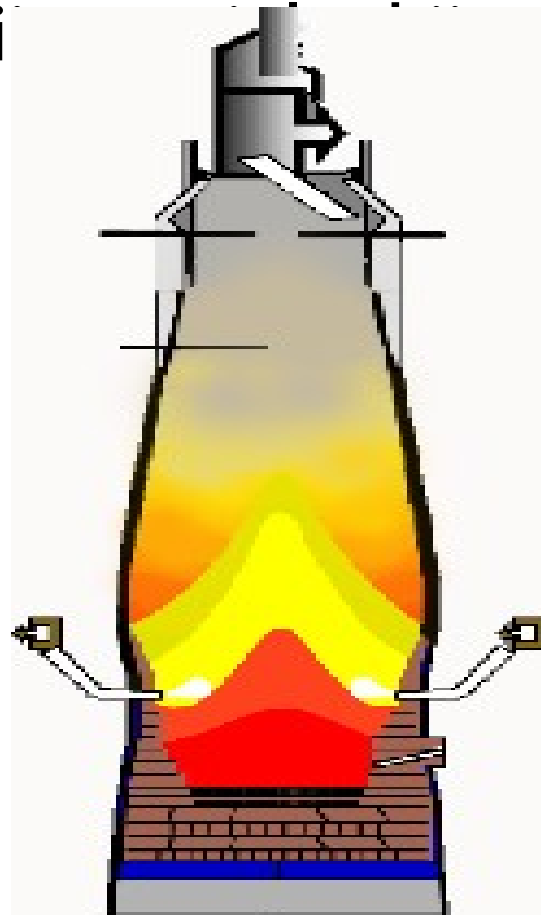


World Crude Steel Production 2007 and 2008

Kiina tuottaa lähes puolet maailman teräksestä



·Kiosta!



·JOUKO HÄRKKI, 14.-15.1.2010

