

A stylized world map in shades of blue and green, centered on the Atlantic Ocean, serving as a background for the text.

VALUJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU

Markku Eljaala

6.2.2015

Valujärjestelmän suunnittelu

- Valujärjestelmä tarvitaan, jotta valu saadaan tehtyä
- Valujärjestelmä pitää sisällään periaatteessa valun muut osat kuin itse valukappaleen
 - Muotin täyttöjärjestelmä
 - Valun syöttöjärjestelmä
 - Valun jäähdytysjärjestelmä -> kokillit tai jokin muu
- Valujärjestelmän osat ovat sellaisia, että asiakas ei niitä halua ja ne tyypillisesti poistetaan puhdistuksen tai koneistuksen yhteydessä
- Lisäksi järjestelmän suunnittelussa tulee ottaa huomioon materiaalivalinnat ja kaasunpoisto
 - Muotti- ja keernamateriaalit, peitosteet, syötön apuaineet
 - Kaasupinnat ja -kanavat

Valujärjestelmän suunnittelusta

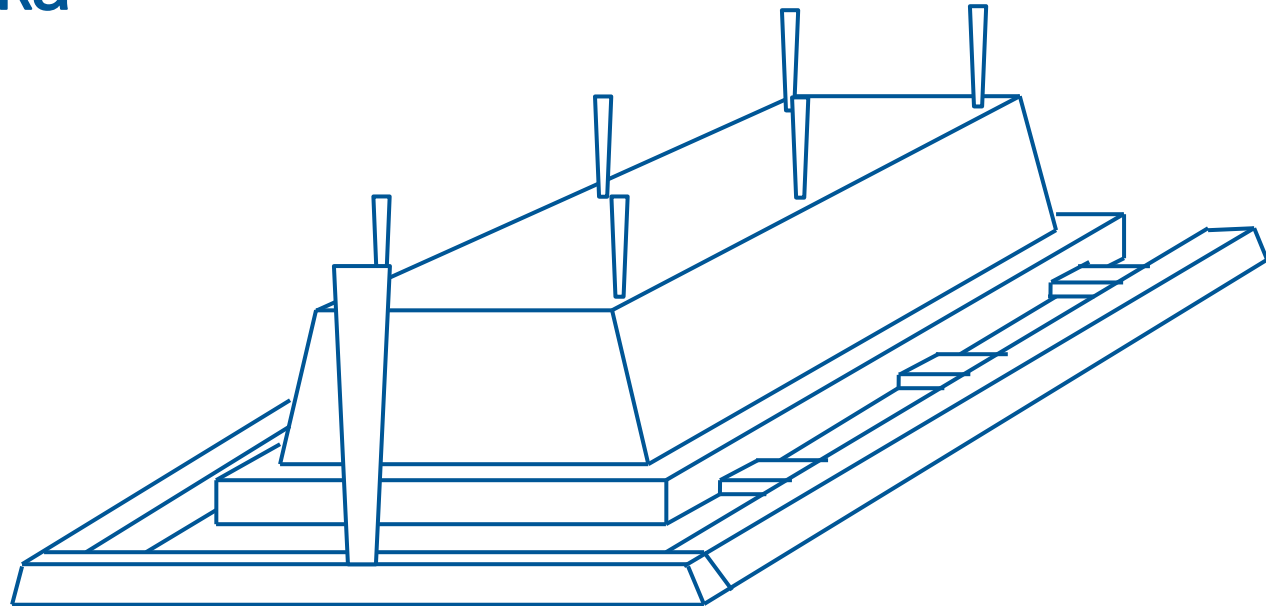
- Valujärjestelmän suunnittelu on jopa tärkeämpi työvaihe kuin itse valukappaleen suunnittelu
 - Vaikutus laatuun
 - Vaikutus valmistettavuuteen
 - Vaikutus valmistuskustannuksiin.
- Hyvin suunniteltu on puoliksi tehty

Täyttymisjärjestelmä

- Täyttymisjärjestelmällä sula johdetaan senkasta/uunista muottionkaloon
- Täyttymisjärjestelmä on laadun kannalta tärkeämpi kuin syöttöjärjestelmä tai ainakin vaikeampi suunniteltava
- 80% valuvirheistä on peräisin valusta ja täyttymisjärjestelmästä ja on ehkäistävissä paremmin suunnitellulla täyttymisjärjestelmällä

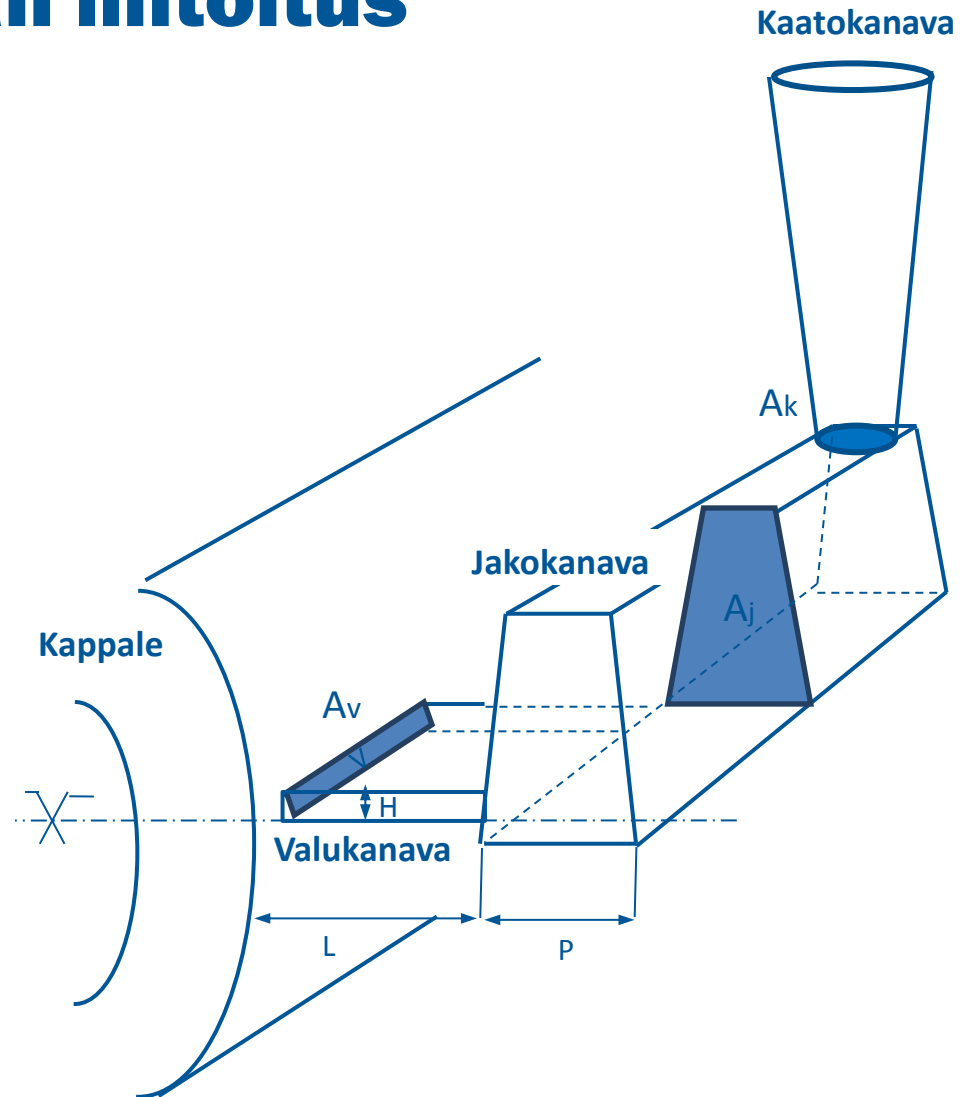
Täyttymisjärjestelmän osat

- Suutiili / senkka
- Kaatoallas
- Kaatokanava
- Jakokanava
- Valukanava



Täyttymisjärjestelmän mitoitus

- Suutiilen mitoitus
- Kaatoaltaan valinta/mitoitus
- Valukanavien mitoitus
 - Poikkipinta-alojen suhteet
 $1 : 2 : 4$ vai $1 : 0,8 : 20$
 -

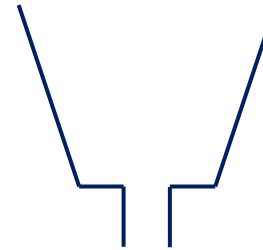


Suutiilen valinta

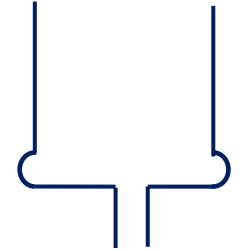
- Päätetään valuaika eli valitaan sopiva suutiili
 - Valuaika ei ole kilpailu -> liian hidas valunopeus harvoin pilaa valun harvemmin kuin liian nopea valu
 - Tulee tuntea tietyn senkan tilavuusvirta tietyillä suutiilillä senkan täyttöasteen mukaan
- Valittu suutiili on pohjana kaatokanavan ja muun kanaviston mitoituksessa
 - Tarkoitus valaa, niin että kaatokanavaan saadaan riittävä painekorkeus ja muut kanavat pysyvät täysinäisinä koko valun ajan
- Suutiili tulisi valita siten, että valun aikana ei jouduta kuristamaan sulan virtausta senkasta stopparilla
- Suutiilen muodolla (pyöreä, risti, piparkakku,....)ei juuri ole merkitystä

Kaatoallas

- Kaatoallasta käytetään tarpeen mukaan
- Rautavalussa ja huulen yli kaadettaessa yleensä sääntö
- Pohjavalusenkalla (teräs) harvinaisempi
 - Hiekkavalmistesteisten altaiden eroosio-ongelmat
 - Tulvimisvaara



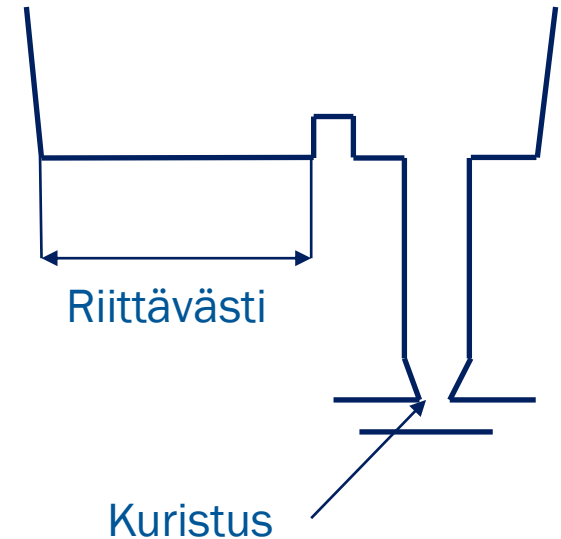
Huono



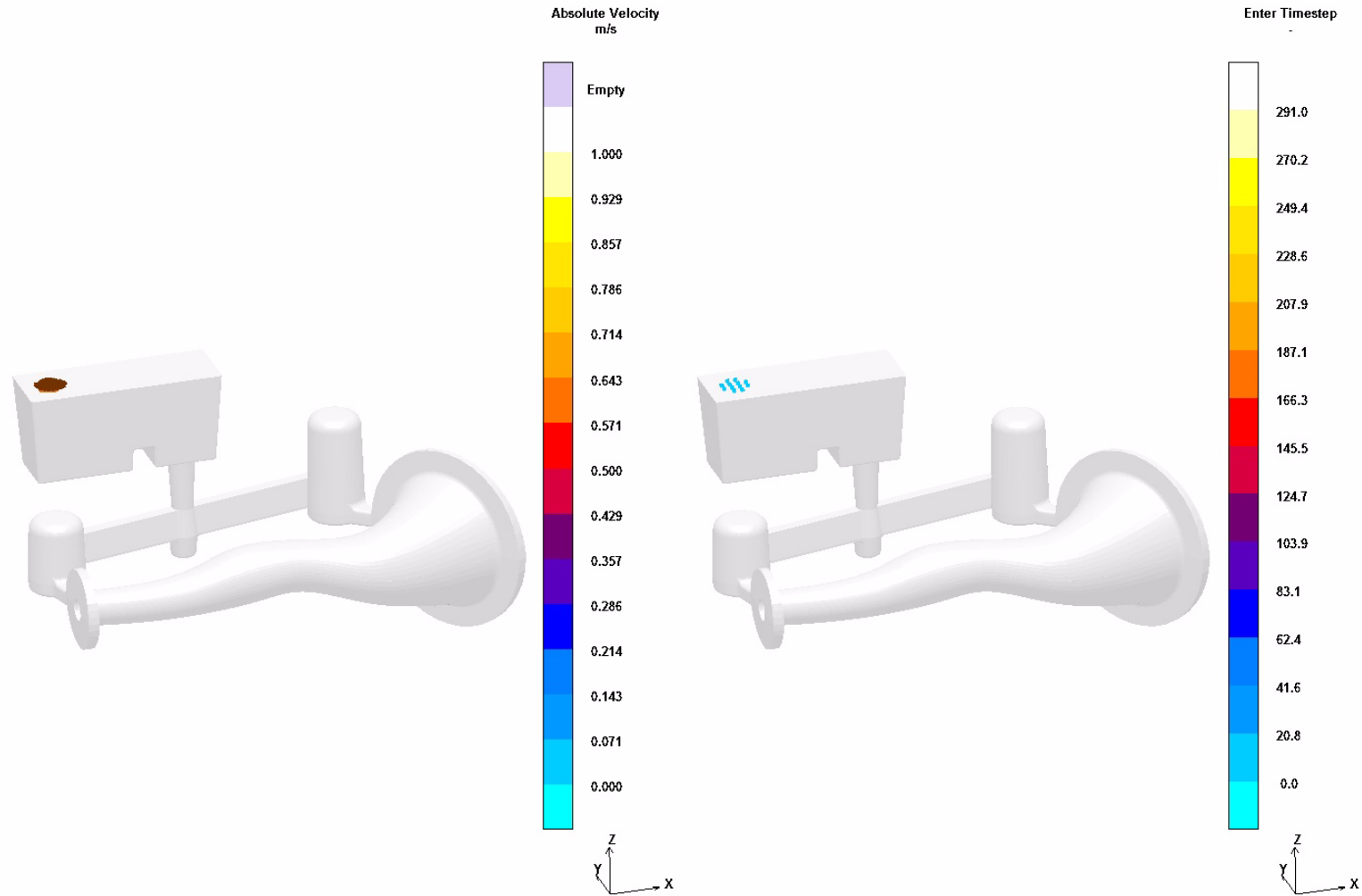
Parempi

Kaatoaltaan suunnittelu

- Kaatoallas ei voi olla liian suuri
 - Liian pieni se voi kylläkin olla...
- Kaatoaltaassa tulee olla pohjapato
- Oikein muotoiltu kaatoallas + kaatokanavayhdistelmä takaa kuonapuhnaan valun
 - Tekee filtereistä tarpeettomia
 - Jotta kaatoallas antaisi parhaan mahdollisen tuloksen, niin valukanavistossa täytyy olla kuristus -> pitää altaan täynnä
 - Paras kuristuksen paikka on välittömästi kaatokanavan lopuksi



Pohjapadollinen kaatoallas



Kaatokanava

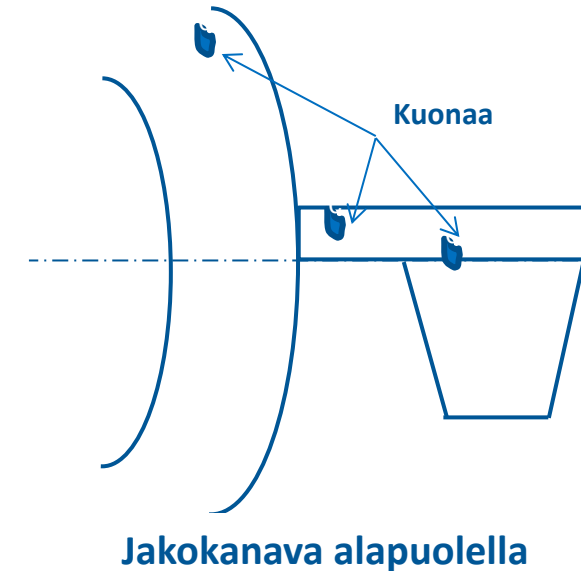
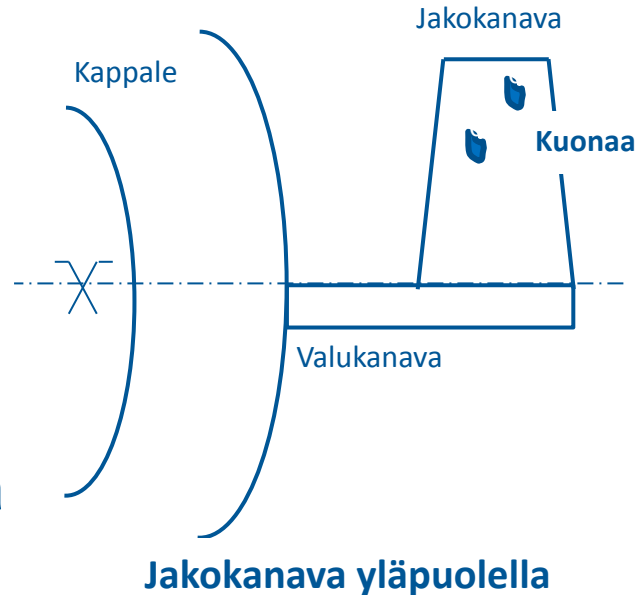
- Kaatokanava johtaa sulan jakokanaville
- Kaatokanava on mitoitettava niin, että se ei tulvi valun aikana (pätee pohjavalusenkalla)
- Hiekasta tehtävän kaatokanavan tulisi kiristyä alaspäin mennessään
-> trumpettikanava tai riittävä kartio
 - On erittäin tärkeää, että virtaus täyttää hiekkaisen kanavan -> pienentää eroosioriskiä

Jakokanava

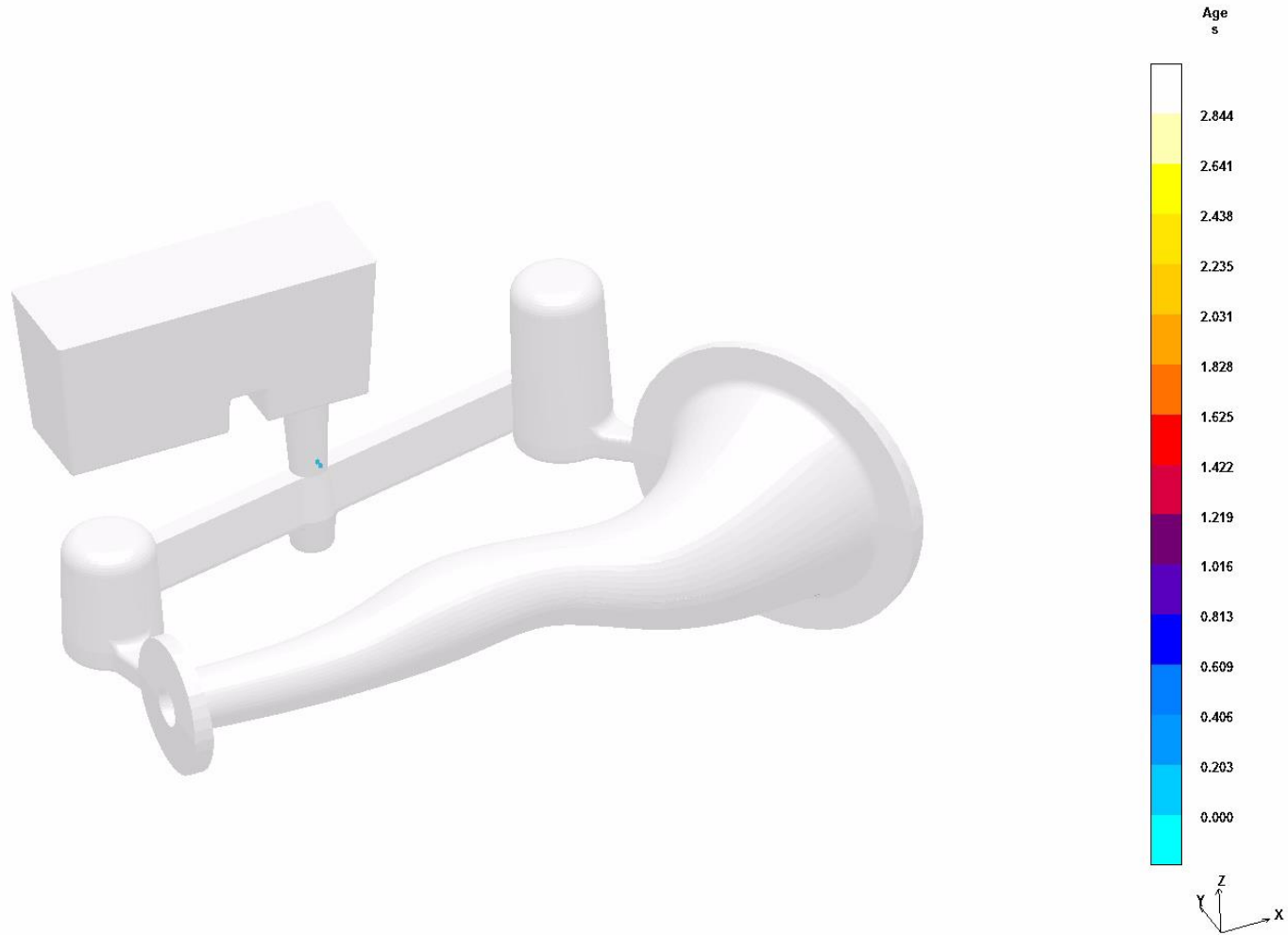
- Jakokanavat kuljettavat sulan valukanaville
- Jakokanavien tulisi pysyä täynnä koko valun ajan -> tai ovat muuten reoksidaatiokuonatehtaita
- Virtauksen jakokanavissa tulisi olla riittävän hidasta ja laminaarista
 - Eroosiovaara
 - Suodatusvaikutus -> kevyemmät epämetalliset epäpuhtaudet ehtivät kellua jakokanavan yläpintaan

Jakokanava suhteessa jakolinjaan ja valukanavaan

- Päällä vai alla?
- Aina päällä, jos valukanavat ovat kappaleen pohjalla
- Alla vain jos valukanavat kappaleen keskellä tai ylempänä
- Päällä oleva jakokanava suodattaa kuonaa jos on riittävän pitkä



Jakokanava valukanavien yläpuolella



Valusuunniteluv02
Fill Tracer

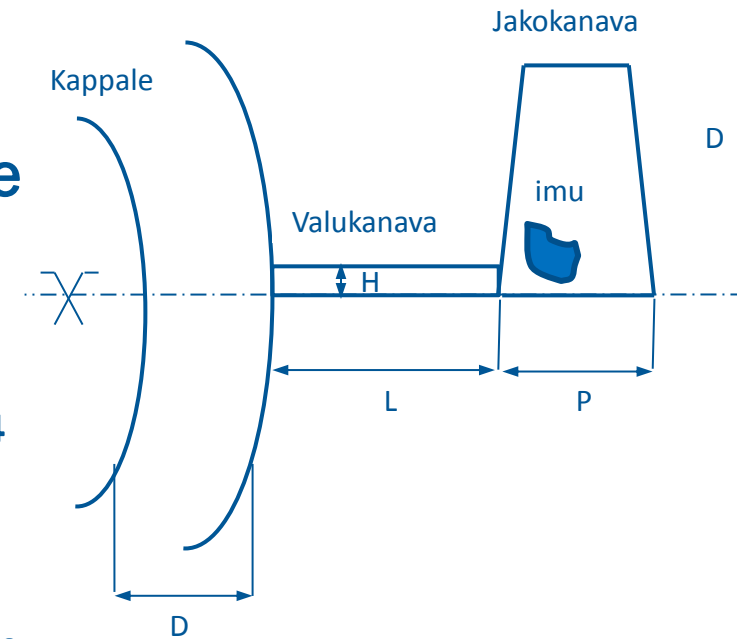
MAGMA

Valukanava

- Sula virtaa valukanavien kautta muottionkaloon
- Valukanavien tulisi olla helposti poistettavissa esim. katkaisulaikalla
- Valukanavien yhteenlasketun poikkipinta-alan tulee olla sellainen, että sula ei syöksy muottionkaloon ja muotin seinämiin liian suurella nopeudella

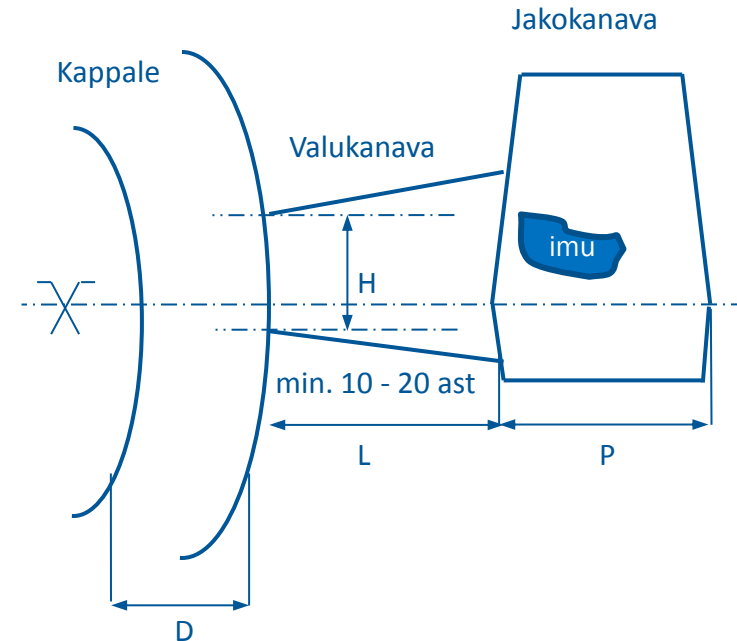
Jäähdyttävä valukanava

- Jäähdyttävää valukanavaa käytetään, silloin kun valukanava liittyy levymäiseen seinämään
- Kanava mitoitetaan niin, että imuonkalo syntyy jakokanavan puolelle eikä valukanavan ja kappaleen risteykseen
- Kun valukanavan korkeus H on alle $\frac{1}{4}$ kappaleen seinämänpaksuudesta D , niin valusta tulee imuton. Joskus vain $\frac{1}{3}$ riittää, kun valukanava on riittävän leveä



Syöttävä valukanava

- Valukanava tehdään syöttäväksi, kun jäädyttävää kanavaa ei voida käyttää (esim. olisi liian ohut)
- Syöttävä valukanava voi riittää syötöksi levymaiselle kappaleelle tai valurautaiselle valulle
- Valukanavan liitoskorkeuden H tulee olla vähintään kappaleen seinämän paksuuden D verran



Syöttöjärjestelmä

- Syöttöjärjestelmän tehtävä on tarjota syöttömetallia jäähmettyvään valukappaleeseen
- Simuloinnin keksimisen jälkeen syöttöjärjestelmän suunnittelu ei ole enää ollut ongelma
 - Kalibroidulla simulointijärjestelmällä syöttöjärjestelmän optimointi on todella helppoa
 - Kustannustehokkaan järjestelmän etsiminen voi vaatia useita iterointikierroksia ja ennakkoluulotonta suunnittelua

Syöttämisestä

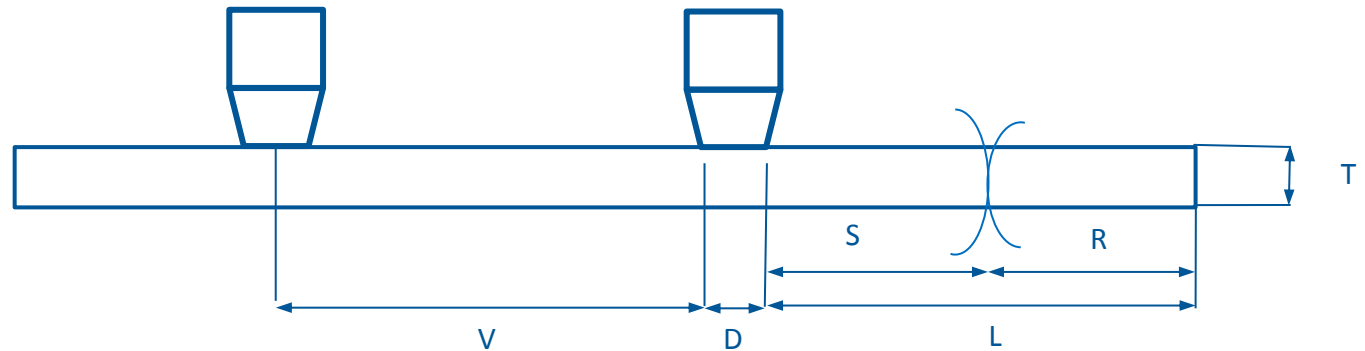
- Useimmat metallit kutistuvat jähmettyessään = kiteytymiskutistuma
 - Suomugrafiitti 0 – 0.5% , suurempi kovilla laaduilla (grafiitin muodostuminen kompensoi raudan kutistumista)
 - Pallografiitti 0.5 – 1.5% suurempi kovilla laaduilla
 - Teräs 2 – 3 % suurempi runsaastiseostetuilla laaduilla
- Sula metalli kutistuu myös jäähtyessään kohti jähmettymispistettään = sulakutistuma (n. 1% / 100 C° ylikuumennus sulamispisteestä)
- Kiteytymiskutistuma + sulakutistuma = kokonaiskutistuma
 - Kokonaiskutistuma teräksellä voi olla jopa 6 %
- Kutistuvan metallin tilalle tarvitaan uutta sulaa metallia, jotta valuun ei muodostu imuonkaloita
- Yleensä syöttömetallin lähteinä käytetään syöttökupuja

Syöttöehdot

- Näiden ehtojen on toteuduttava, jotta kappaleesta tulee tiivis:
 - **METALLIMÄÄRÄEHTO:**
 - Kuvusta pitää olla syöttömetallia tarjolla jähmettyvälle kappaleelle jähmettymisen loppuun asti
 - Eli kupu ei saa valahtaa tyhjäksi ennen kuin kappale on jähmettynyt -> riittävä tilavuus kuvussa/kuvuissa takaa tämän
 - **SYÖTTÖAIKAEHTO:**
 - Kupu ei saa jähmettyä nopeammin kuin itse kappale -> 20% kappaletta suurempi moduuli takaa yleensä tämän
 - Eksotermiset kuvun eristeet pidentävät kuvun jähmettymisaikaa
 - **SYÖTTÖMÄTKAEHTO (syöttögradienttiehto):**
 - Seoksesta riippuen kupu pystyy syöttämään vain tietyn alueen ympäriltään tiiviiksi
 - Matkaan vaikuttavat seoksen puuroalueen pituus ja viskositeetti puuroalueella. Lisäksi seinämän paksuudella ja metallostaattisella paineella on luonnollisesti vaikutusta
 - Syötettävällä alueella täytyy olla myös riittävä lämpötilagradientti

Syöttömatkaehto

Syöttömatkat levymäisessä kappaleessa



S = Syöttömatka on yleensä 3×6 levyn paksuus T

R = Reunavaikutuksen jäähdyttämä matka on yleensä yhtä samaa luokkaa kuin S tai hieman pidempi.

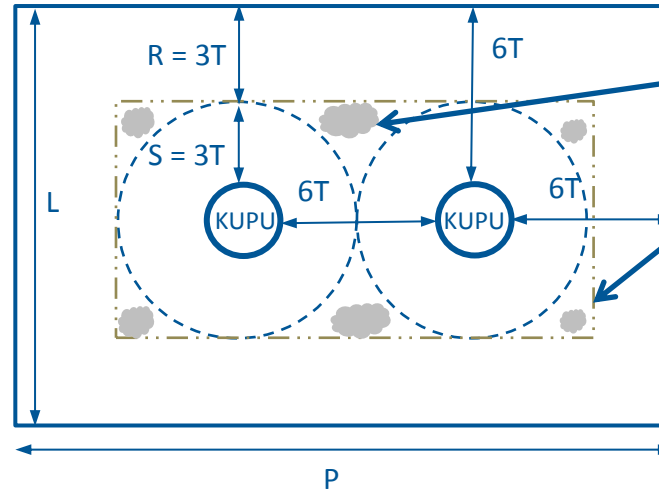
L = Syöttökuvun maksimietäisyys levyn reunasta = $S + R$

V = Kupujen välinen maksietäisyys = $2 \times S$

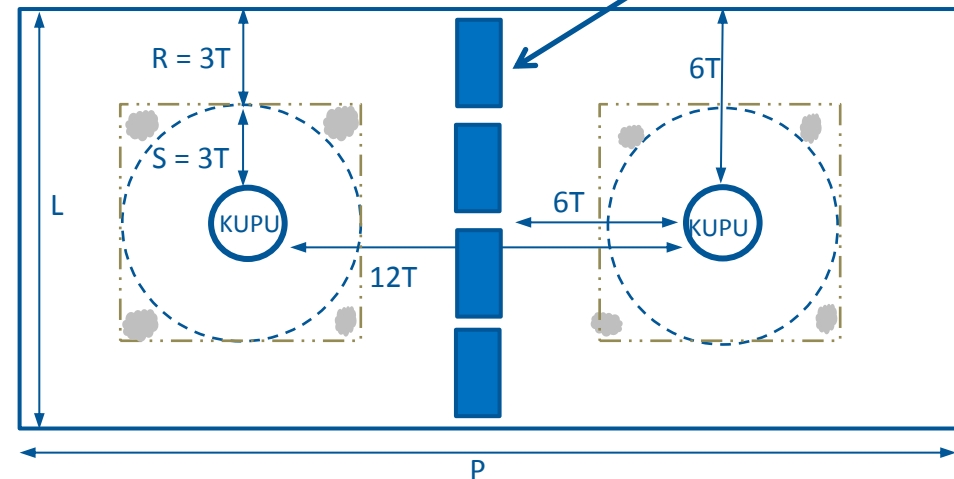
Syöttömatkaehto

Mahdolliset lievän keskilinjahuokoi-suuden alueet.

- Isonkin levymäisen kappaleen pystyy syöttämään kohtuullisen tiiviiksi muutamalla kuvulla, jos ei tavoitella täydellistä tiiviyttä.
- Kupujen väliin sijoitettavien kokillien keinotekoisen reunavaikutuksen ansiosta kupujen välinen kokonaissyöttömatka voidaan tuplata, jolloin kupujen määrää voidaan vähentää -> kustannussäästöä



Kokillijono



Eri seosten syöttömatkoja

	Syöttökuvun Vyöhyke	Kokonais- syöttömatka
Valuteräkset	1,7 - 2,5	3,8 - 5,0
Valuteräkset tyhjiökäs.	2,0 - 3,0	4,6 - 6,0
Suomugrafiitti CE=3,4	3,9	7,7
Suomugrafiitti CE=3.9	4,8	8,8
Suomugrafiitti CE=4,3	6,0	10
Pallografiitti CE = 3,6	3,3	6,5
Pallografiitti CE = 4,3	4,2	7,0
Pallografiitti CE = 4,4	6,3	9,0

Sementtihakka ja furaanihartsimuoteissa eutektisen suomugrafiitin syöttömatkat GJL-250 ja sitä pehmeämpien laatuojen syöttömatkat ovat käytännössä äärettömiä. Myös ferriittisillä pallografiitti laaduilla on erittäin pitkät syöttömatkat

Teräskappaleiden syöttäminen

- Teräksisen kappaleen syöttöjärjestelmän suunnittelu on yksinkertaista ja johdonmukaista -> kun syötön moduuli on 1.2 X valukappaleen moduuli, niin homma hoituu
- Kun teräksisen valukappaleen syöttö on havaittu toimivaksi, niin se toimii ”aina” jatkossakin (umpikuvut tietyin varauksin)
- **VAIHEET:**
 - Jaa kappale syöttövyöhykkeisiin
 - Valitse vyöhykkeeseen sopivan kokoiset kuvat

Valuraudan syöttäminen

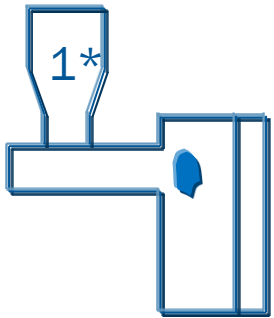
- Täysin tiiviin valurauta kappaleen syöttäminen voi vaatia täysin identtisen syöttöjärjestelmän kuin teräksellä
- Yleensä raudan syöttämisessä ei pyritä täysin tiiviiseen kappaleeseen, vaan jonkinasteinen keskilinjan harvuus sallitaan etenkin kovemmillä rautalaaduilla
 - Riittää, että menee esim. tietystä UT-laatuluokasta läpi
 - Täydellinen tiiviys ei ole kustannustehokasta
- Raudan syöttämiseksi on kolme periaatetta
 - Paineeton
 - Pienpaineellinen
 - Paineellinen

Valuraudan syöttäminen

- **Paineeton**
 - Perinteinen tapa, jossa syötön kaulan ja syöttökuvun moduuli on suurempi kuin valukappaleen. Syöttökupu on yleensä avoin-> Terästen syöttöjärjestelmä on paineeton.
 - Kupu syöttää ylikuumennus kutistuman ja kiteytymiskutistuman
 - Menetelmä ei ole herkkä raudan metallurgiselle laadulle, eikä muotin puristusjäykkyydelle
- **Pienpaineellinen**
 - Kupu syöttää ylikuumennus kutistumisen ja osan kiteytymiskutistumasta. Sallii metallurgisen laadun heiluntaa
- **Paineellinen**
 - Järjestelmä on syötötön tai syötöt ovat niin pienet, että ne syöttävät vain ylikuumennus kutistuman
 - Kupujen kaulat ovat jähmettyneet kiinni siinä vaiheessa, kun sekundääri grafiitti alkaa erkaantumaan.

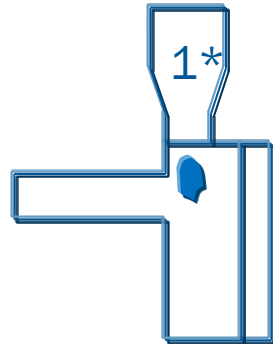
Syöttötavan vaikutus GJS-800 laadun sisäiseen tiiveyteen hammassegmenttivalussa

Tapa 1



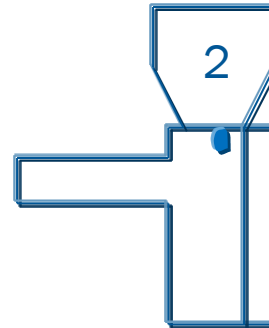
Perliittisellä GJS-800 laadulla sinisellä alueella noin 1mm kokoisia huokoisia noin 3mm etäisyydellä toisistaan. Laadusta GJS-500 tulee tällä syötöllä lähes tiivis. Helppo syötön poisto -> edullinen

Tapa 2



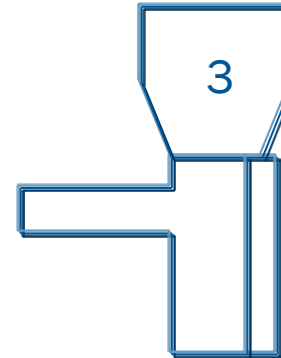
Laadusta GJS-500 tulee tällä syötöllä tiivis. Helppo syötön poisto -> edullinen
GJS-800 laadussa esiintyy keskilinjantarvuutta sinisellä alueella

Tapa 3



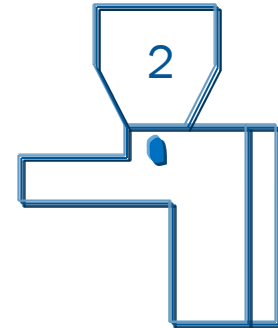
Kappaleesta tulee useimmiten lähes tiivis, mutta jos huokoisuutta esiintyy tulee se herkästi koneistuksessa näkyviin

Tapa 4



Kappaleesta tulee tiivis, mutta syötön poistaminen työlästä -> kallis
Teräs tehdään aina tällä tavalla.

Tapa 5

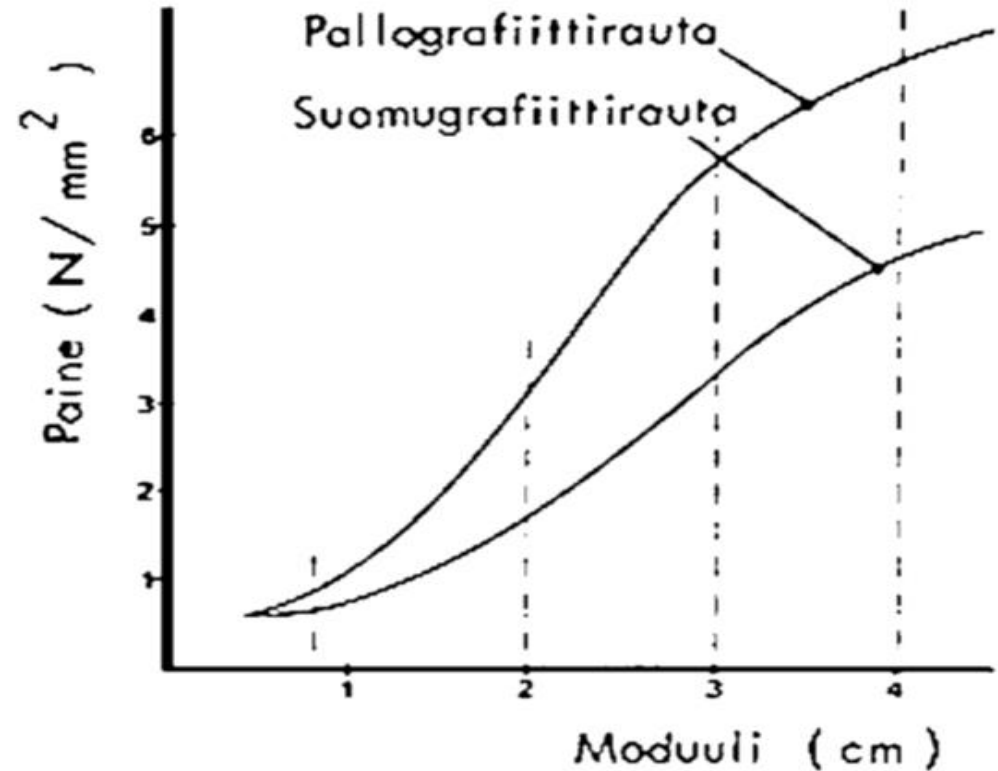


Edellyttää muutosta tuotteessa, mutta tuottaa yleensä tiiviin kappaleen. Jos huokoisuutta tulee, on se kaukana hammastuksesta

* Syöttökupujen kokojärjestys pienimmästä suurimpaan

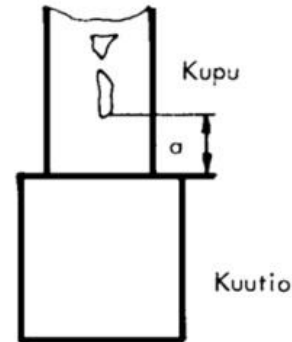
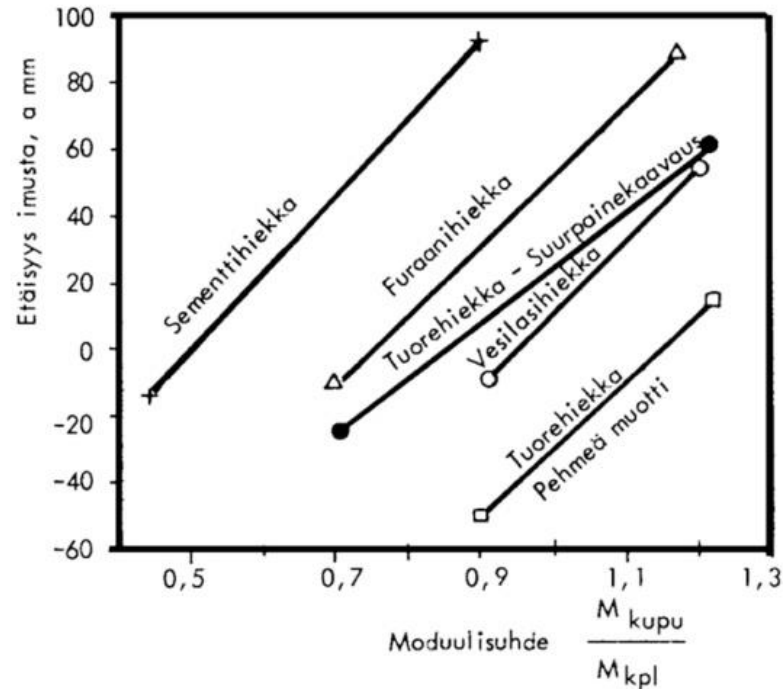
Valuraudan syöttäminen

- Kuvassa esitetty valurautojen muotin seinämään kohdistaman paineen suuruus moduulin funktiona



Valuraudan syöttäminen

- Eri muottimateriaalien vaikutus imuvirheen syvyyteen.
- Kovemmat muottimateriaalit eivät anna turpoavan sulan paineelle periksi ja mahdollistavat raudan itsesyöttäytymisen. Koekappaleen särmän pituus 125mm.



Paras käytäntö

- Kaada huulen yli
- Valitse sopiva valuaika -> vältä kylmäsaumat ja poimut
- Käytä pohjapadollista valuallasta
- Varmista, että kaatokanava kuristaa riittävästi
- Jakokanavat valukanavien yläpuolelle
- Vala alta (valukanavat kappaleen pohjassa)
- Valukanavia riittävästi, jotta muottiin juokseva sula ei virtaa liian suurella nopeudella (tavoite alle 1 m/s, ehdottomasti alle 2 m/s)
- Huolehdi, että keernakaasut eivät puhalla sulaan
- Syötä riittävästi, mutta älä liikaa
- Käytä aina eristettyjä avosyöttöjä, kun se vain on mahdollista
- **ÄLÄ KORJAA, JOS SE EI OLE RIKKI**