

HITOKSEEN –HANKE, TIETOPAKETTI

ROBOTTIJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU, HANKINTA JA INVESTOINTILASKELMAT

HITsaus OsaKSi Etelä-Karjalan Elinvoimaa ja Näkyvyyttä



Euroopan unionin
osarahoittama

SISÄLTÖ:

- » Hitsauskustannukset
- » Investoinnin suunnittelun ja toteutuksen vaiheet
- » Robottisijoituksen kustannusrakenne ja hinta
- » Robotti-investoinnin käyttökustannukset
- » Hitsausinvestointilaskelmat
 - Takaisinmaksuaikamenetelmä
 - Nykyarvon menetelmä
 - Annuiteettimenetelmä
 - Sisäinen korkomenetelmä ja ROI (sijoitetun pääoman tuotto)
 - Herkkyysanalyysit
 - Ei-taloudelliset arvot ja päätöksenteko
- » Investointilaskelman alustava arvio Excelillä
 - esimerkkejä ja harjoituksia



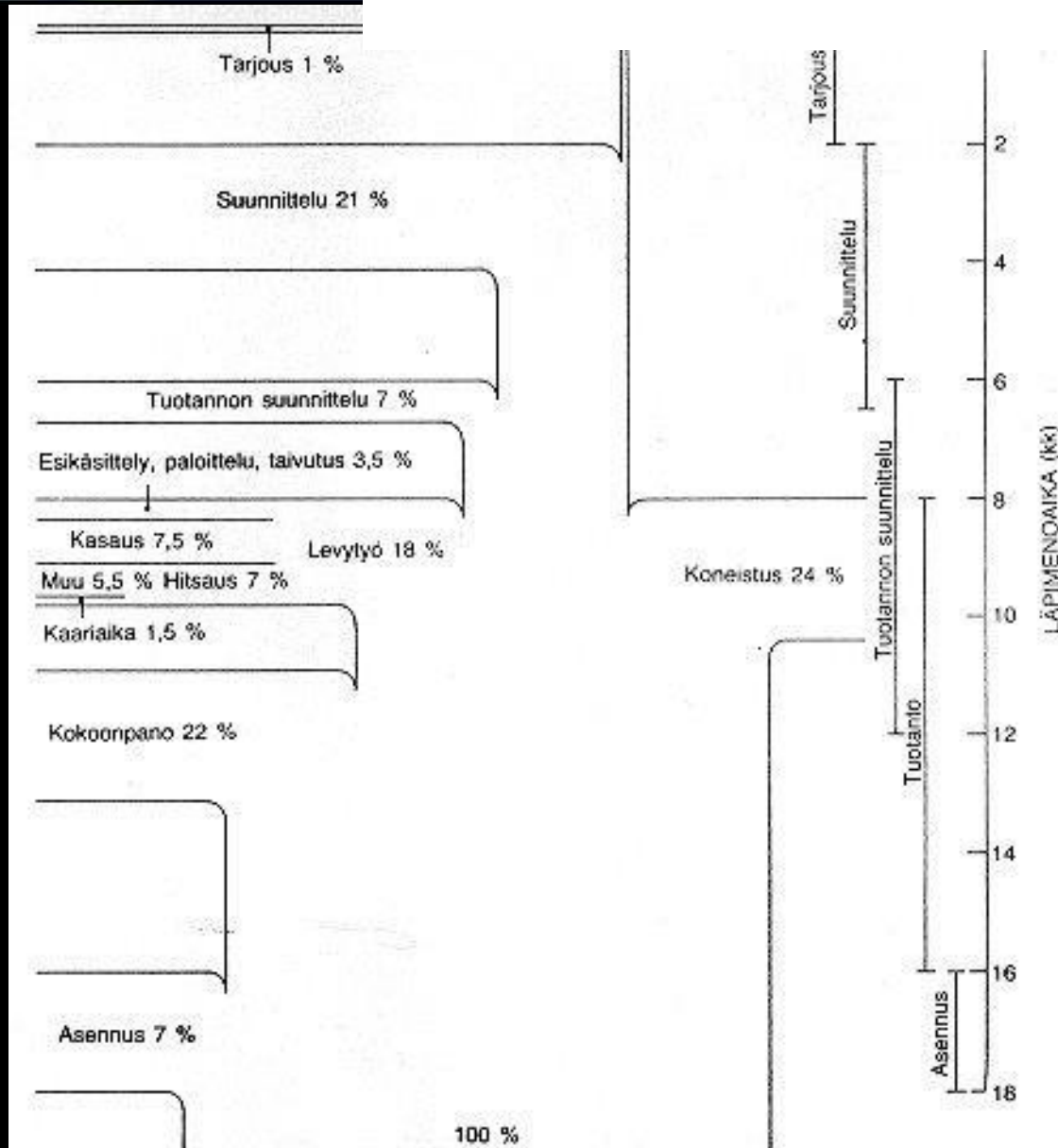


HITSAUSKUSTANNUKSET

» Hitsauskustannusten jaottelu

- Suorat hitsauskulut
 - Työkustannukset
 - Hitsauskustannukset
 - Konekustannukset
 - Energiakustannukset
- Epäsuoria kustannuksia
 - Esivalmistelut ja jälkikäsittelyt

» Jatkuu ->





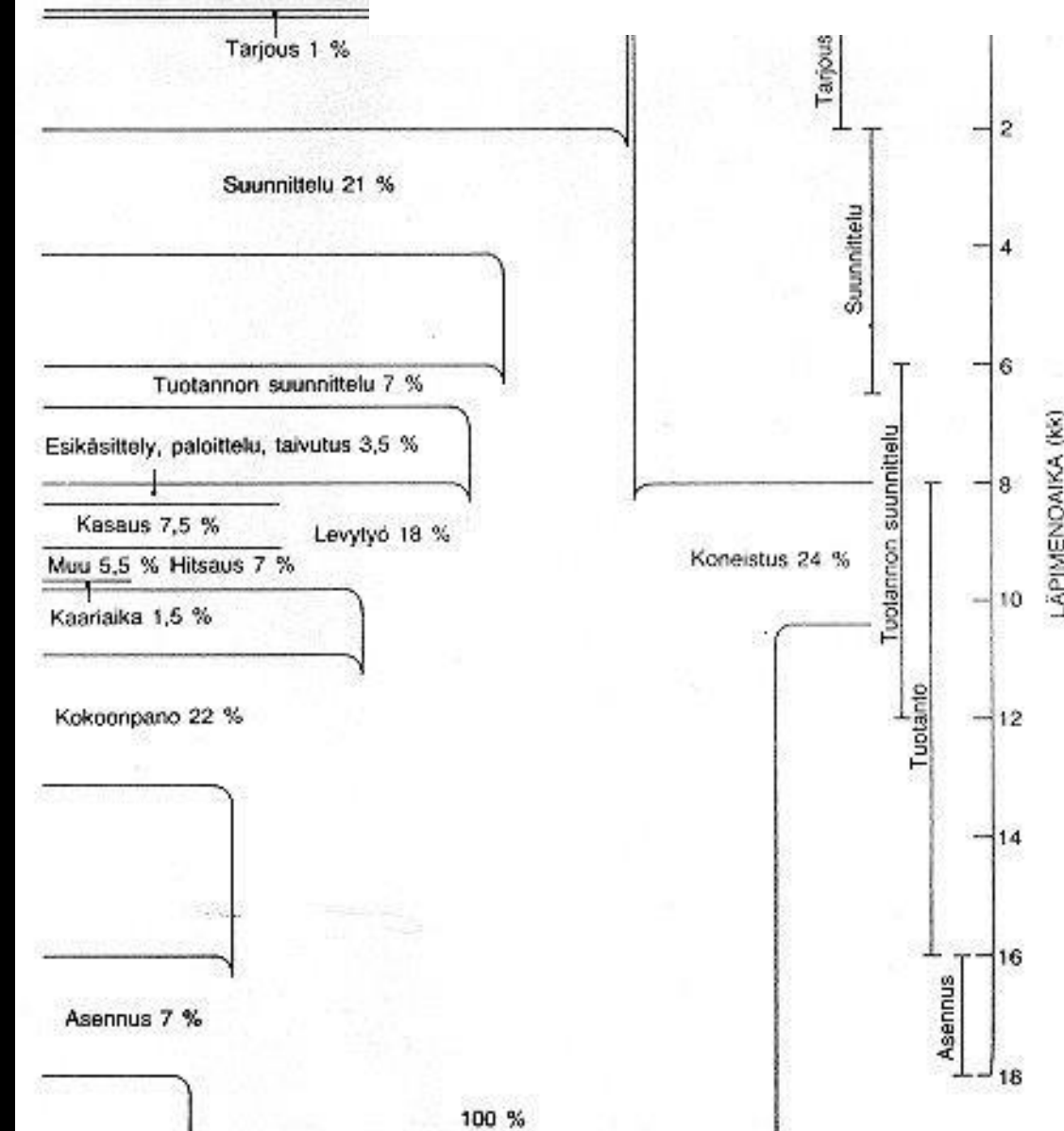
HITSAUSKUSTANNUKSET

» Hitsauskustannusten jaottelu

- Tuotteen kustannukset
 - Suunnittelu
 - materiaali
 - Valmistus
 - Asennus
- Tuotannosuunnittelu
- Myynti ja markkinointi

» Kustannukset riippuvat tuotteesta ja valmistustavasta

- Valmistuksen kustannukset jopa 70-80% kokonaiskustannuksista
- Hitsaus itsessään aiheuttaa 10-20% kokonaiskuluista

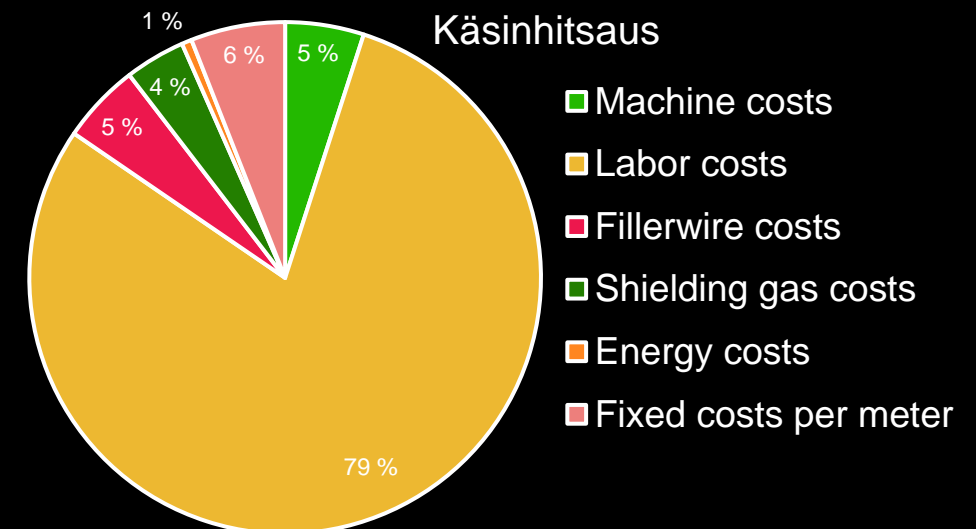
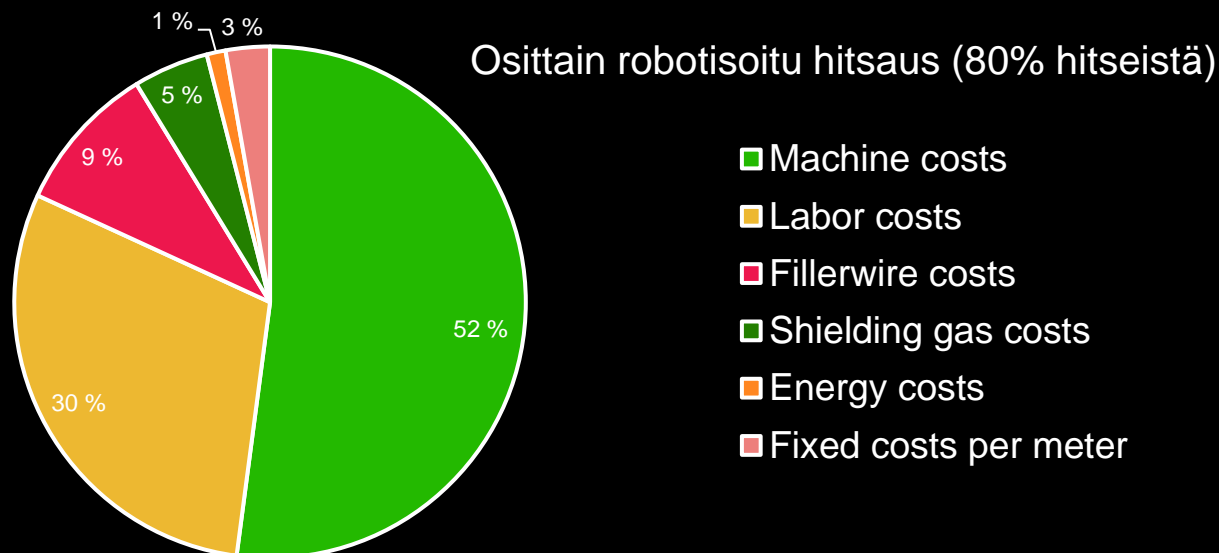




KULUJAKAUMA JA KÄYTTÖKULUT

» Lasketaan yleisimmin €/m tai €/kg (sulatettu hitsausmateriaali)

- Muuttuvat kulut: Suorat palkkakulut / Välilliset palkkakustannukset
- Kiinteät kulut: ylläpitokulut, tilakustannukset ym.
- Konekustannukset (+huoltokulut)
- Energian, materiaalien ja tarvikkeiden kustannukset

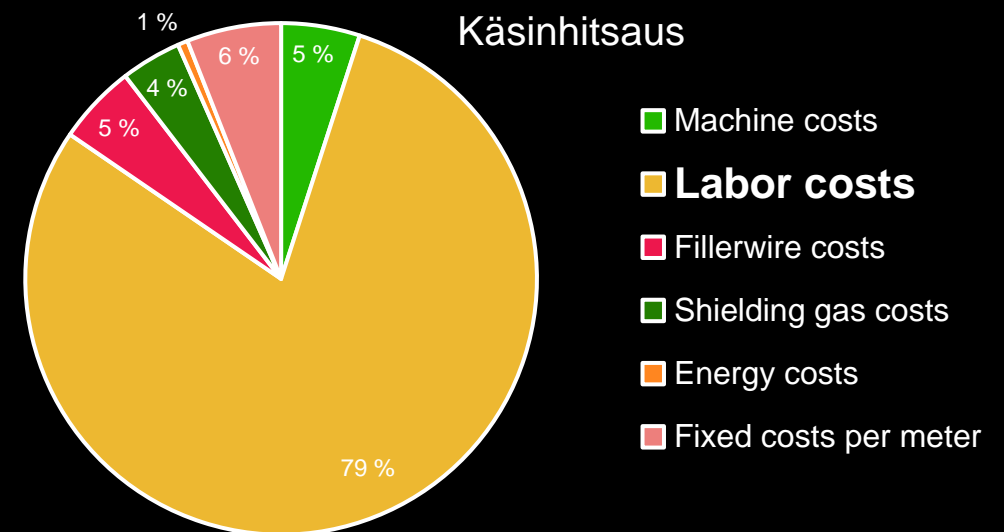
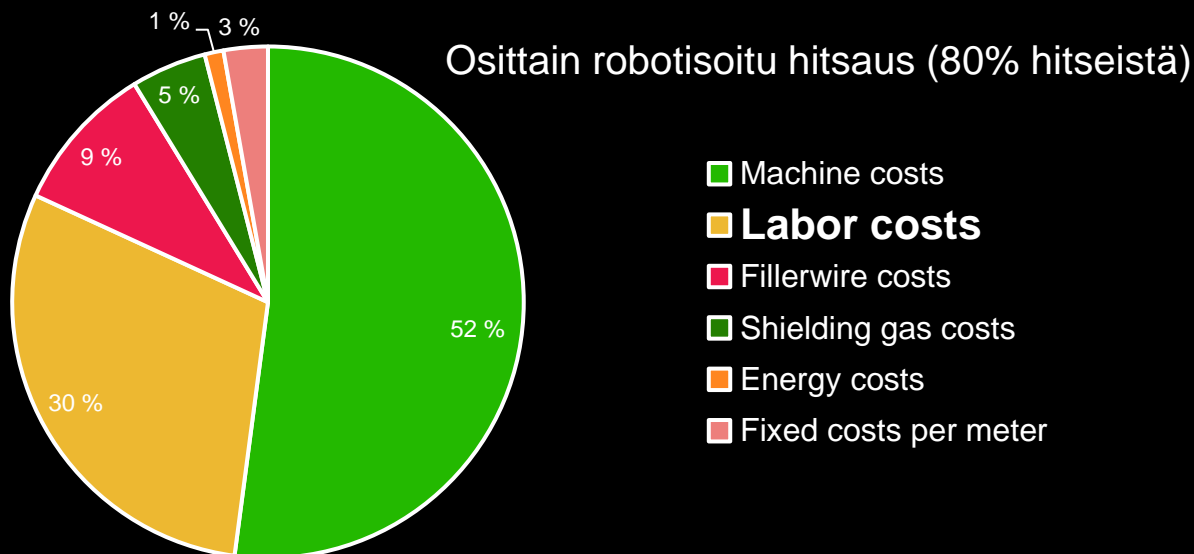




PALKKAKUSTANNUKSET

» Suorat ja välilliset palkkakulut. Käsinhitsauksessa pääosa kuluista.

$$\text{Palkkakustannukset (€}/m) = \frac{\text{Tuntipalkka (€}/h)}{\text{Kaariaikasuhde (\%)} \times \text{Hitsausnopeus (m}/h)}$$



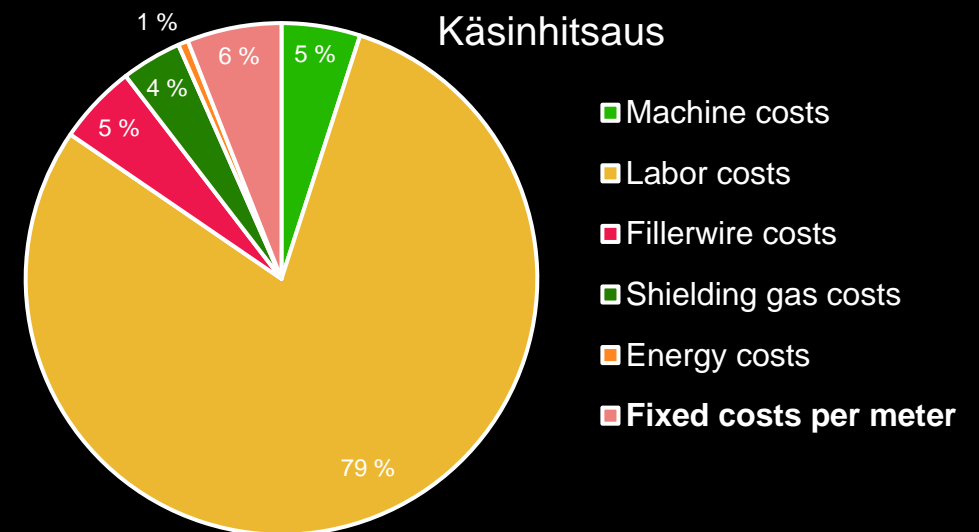
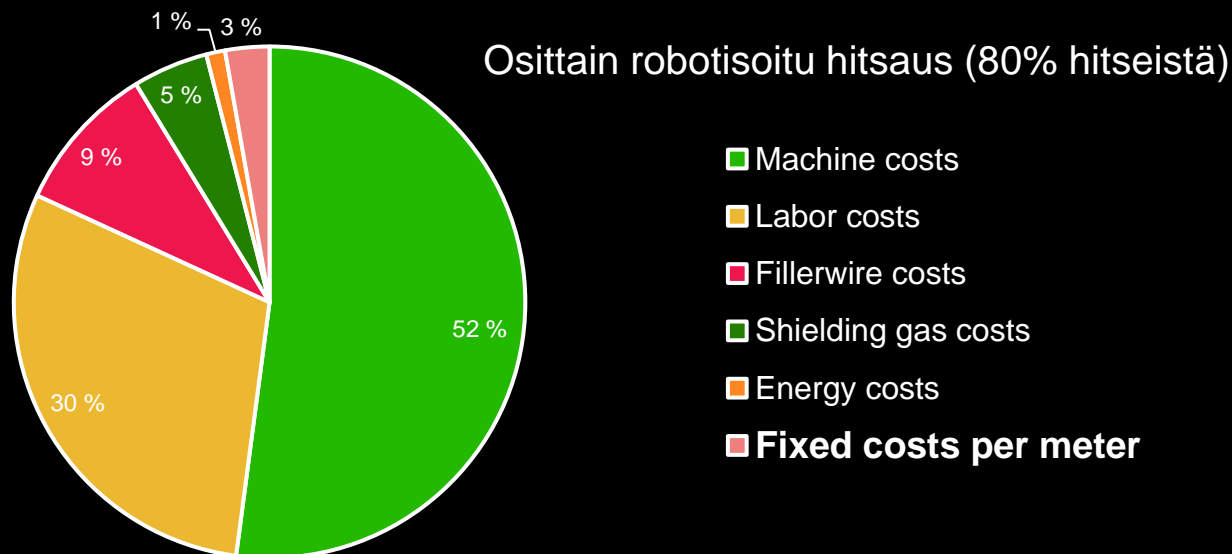


KIINTEÄT KUSTANNUKSET

» Kiinteisiin kustannuksiin (yleensä alle 10%) voidaan laskea tilaan tai ylläpitoon liittyvät kustannukset. Nämä kuluerät eivät siis muutu merkittävästi tuotantomäärän mukaan.

- Koulutuskustannukset
- Tilakustannukset
- ... Riippuu paljon yrityksestä miten kulut jaotellaan

- $$\text{Kiinteät kustannukset } (\text{€}/\text{m}) = \frac{\text{Kiinteät kustannukset } (\frac{\text{€}}{\text{h}})}{\text{Kaariaikasuhde } (\%) \times \text{Hitsausnopeus } (\frac{\text{m}}{\text{h}})}$$



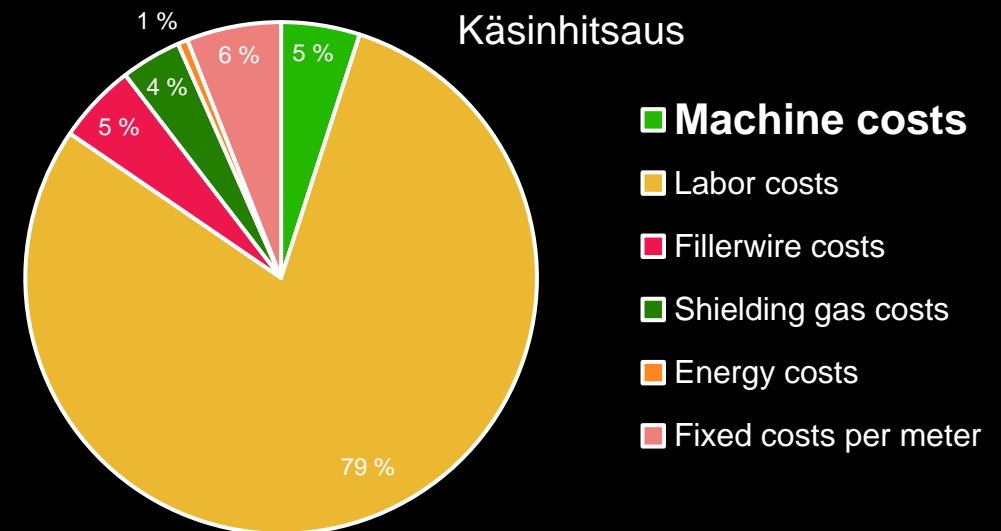
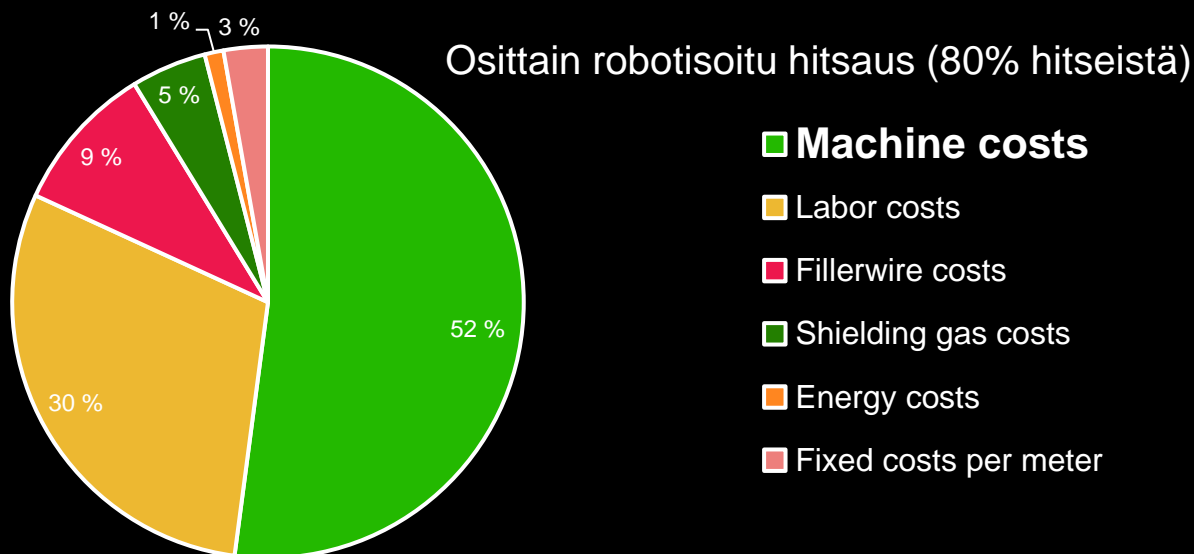


KONEKUSTANNUKSET

➤ Konekustannukset riippuvat merkittävästi investoinnin suuruudesta sekä laskentakorosta. Päälle lasketaan yleensä huoltokustannukset. Robotti-investoinnissa usein yli 50%.

➤ $Konetuntihinta(\text{€}/h) = \frac{\text{Investoinnin määrä} (\text{€}) * \left(\frac{1}{\text{takaisinmaksuaika} (v)} + \frac{\text{korko} (\%) }{2} \right) + \text{Huoltokustannukset} (\text{€}/v)}{\text{Vuotuiset työtunnit} (h/v)}$

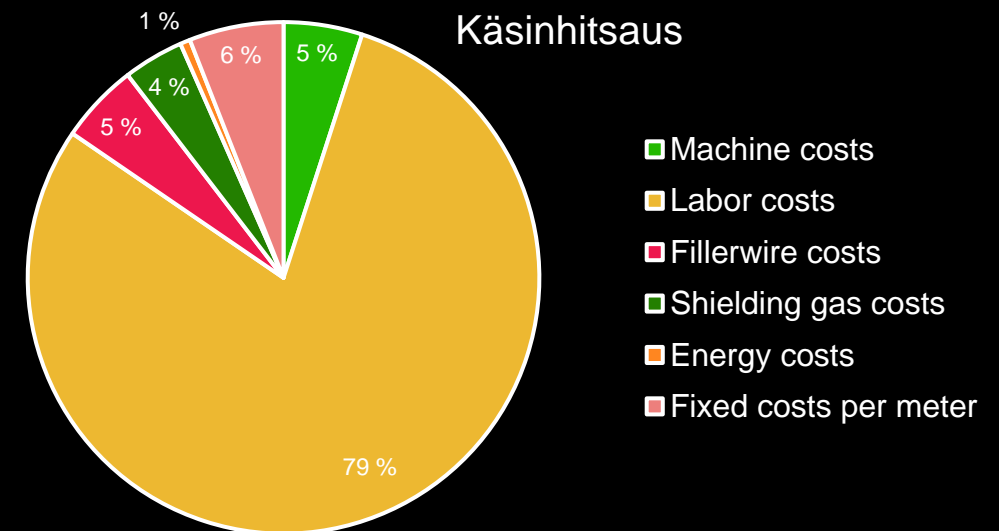
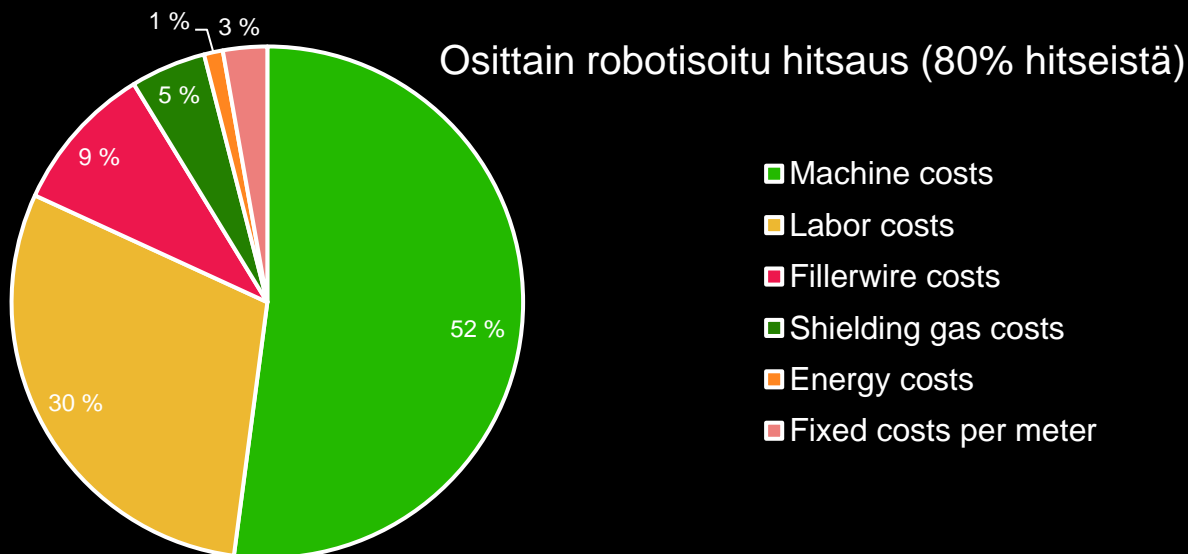
➤ $Konekustannukset(\text{€}/m) = \frac{\text{Konetuntihinta} (\text{€}/h)}{\text{Kaariaikasuhde} (\%) \times \text{Hitsausnopeus} \left(\frac{m}{h} \right)}$





ENERGIAN, MATERIAALIEN JA TARVIKKEIDEN KUSTANNUKSET

- $\text{Energiakulut} \left(\frac{\text{€}}{\text{m}} \right) = \text{Hitsin poikkipinta} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}} \right) * \text{Energian hinta} \left(\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right) * \text{Energiakulutus} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{kg}} \right)$
- Energiakulutus yleensä noin 3-4 kWh/kg
- Pieni vaikutus kokonaiskuvassa, yleensä 1-2% kokonaiskuluista
- Itsessään kumulatiiviset halin lämmityskulut paljon merkittävämpi menoerä (jotka yleensä lasketaan kiinteisiin kustannuksiin)



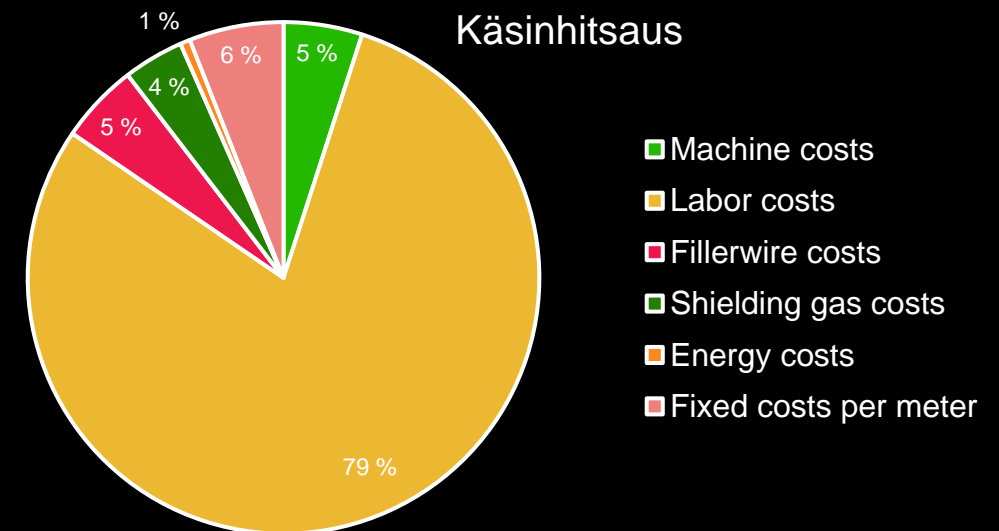
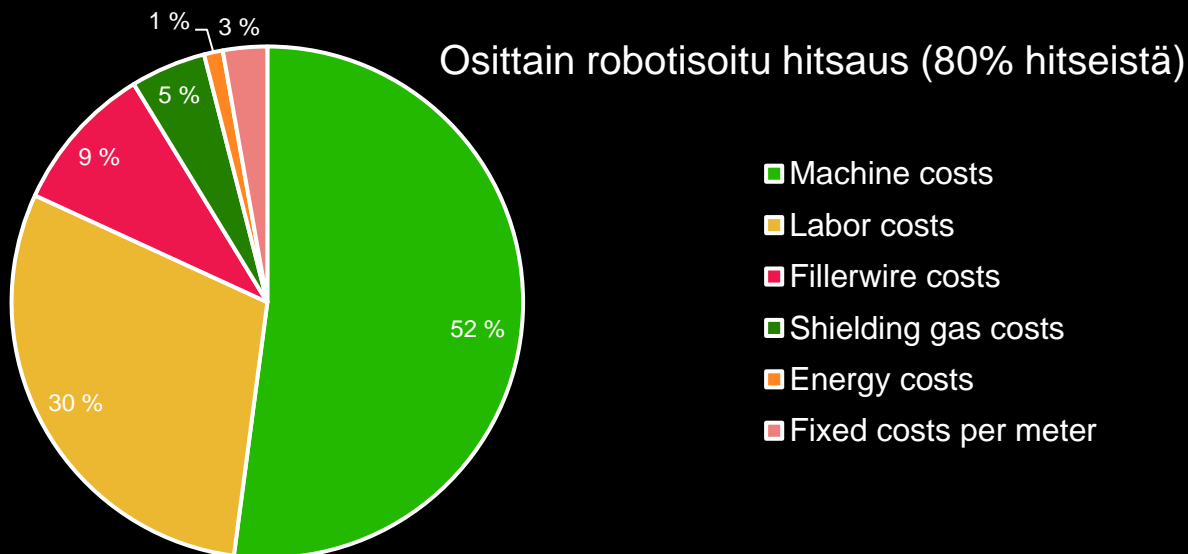


LISÄAINEKUSTANNUKSET

» *Lisäainelankakustannukset* $\left(\frac{\text{€}}{\text{m}}\right) = \frac{\text{Hitsausainekustannus} \left(\frac{\text{€}}{\text{kg}}\right) * \text{Hitsin poikkipinta} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}}\right)}{\text{Hitsiaineen hyötysuhde} (\%)}$

» *Suojakaasun kustannukset* $\left(\frac{\text{€}}{\text{m}}\right) = \frac{\text{Kaaun hinta} \left(\frac{\text{€}}{\text{m}^3}\right) * \text{suojakaasun kulutus} \left(\frac{\text{l}}{\text{min}}\right) * \text{Hitsin poikkipinta} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}}\right) * 60}{\text{Hitsiaineen tuotto} \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}}\right) * 1000}$

» Yleensä noin 5-20% kokonaiskuluista. RST ja Alumiini jopa 30-50%





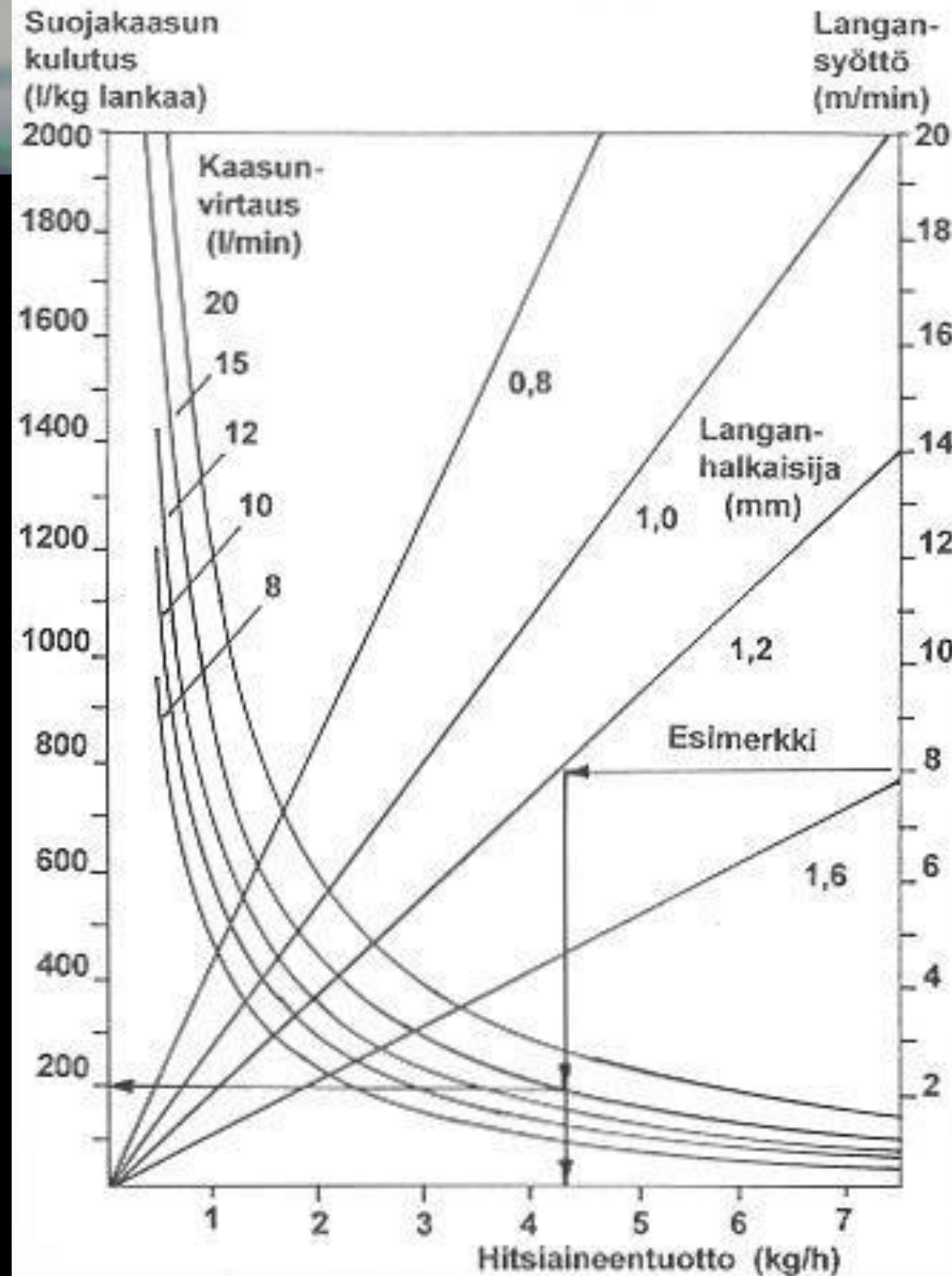
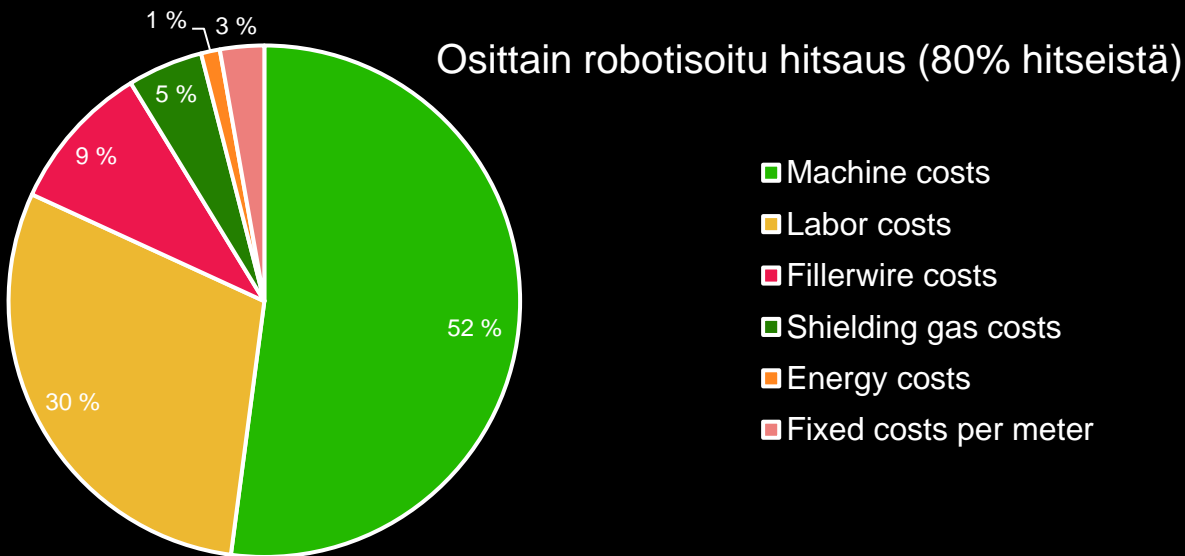
Euroopan unionin osarahoittama



LISÄAINEKUSTANNUKSET

» Suojakaasun kulutus nousee vain vähän hitsiaineen tuoton kasvaessa.

- Käsinhitsatessa noin 0,5 m³/sulatettu lankakilo
- Robotilla vastaavasti noin 0,5-0,6 m³/kg





HITSAUSTUOTANNON INVESTOINNIN SUUNNITTELUN JA TOTEUTUKSEN VAIHEET

- » Robotisoinnin, mekanisoinnin ja muun automatisaation kohteisiin
- » Investointilaskennat tehdään vastaavalla tavalla oli investointi mikä tahansa
- » Investointi ei ole projekti vaan jatkuva prosessi!

1. Hankinnan suunnittelu

- Nykyinen tuotanto
- Tuotteet
- Robottiaseman layout
 - Mallinnus ja simulointi
- Investointilaskennat
- Koulutus

2. Hankinnan toteutus

- Hitsauskokeet ja menetelmäkokeet
- Investoinnin käyttöönotto
- Koulutus

3. Toiminnan seuranta

- Vertaaminen aikaisempaan tuotantoon ja investoinnin tavoitteisiin
- Pullonkaulojen ratkaiseminen
- Jatkuva parantaminen!

HITSAUSTUOTANNON ROBOTISOINNIN SUUNNITTELUN JA TOTEUTUKSEN VAIHEET

- Robotisoinnin, mekanisoinnin ja muun automatisaation kohteisiin
- Investointilaskennat tehdään vastaavalla tavalla oli investointi mikä tahansa



Euroopan unionin
osarahoittama

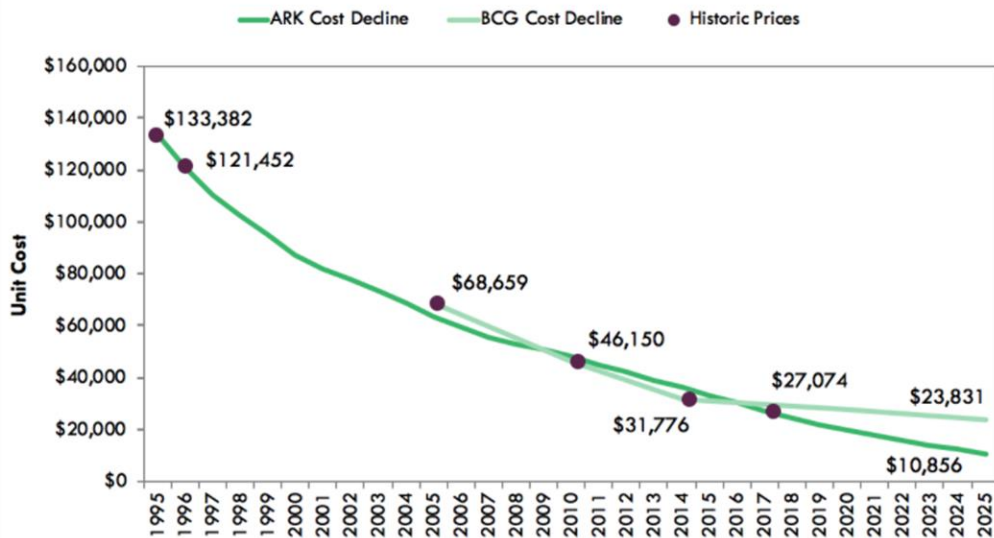




ROBOTTI-INVESTOINNIN HINTA JA TRENDIT

- » Robottijärjestelmän oletetaan usein olevan kallis ja monimutkainen investointi – Hyvin suunniteltu on puoliksi tehty
- » Hintataso on laskenut merkittävästi viime vuosikymmeninä
- » Teknologioiden ja järjestelmien hyödyntäminen robottien kanssa on parantanut robottien käytettävyyttä ja mahdollisuuksia

Industrial Robot Cost Decline (2017 Dollars)



Source: ARK Investment Management LLC, 2019 | ark-invest.com; Data from: United Nations Economic Commission for Europe; International Federation of Robotics; Sirkin, Hal, et al. "How Robots Will Redefine Competitiveness." BCG, 23 Sept. 2015, <https://arkinv.st/2VLo0Jt>.

Operational stock of industrial robots ('000 of units)



■ Asia/Australia ■ Europe ■ The Americas

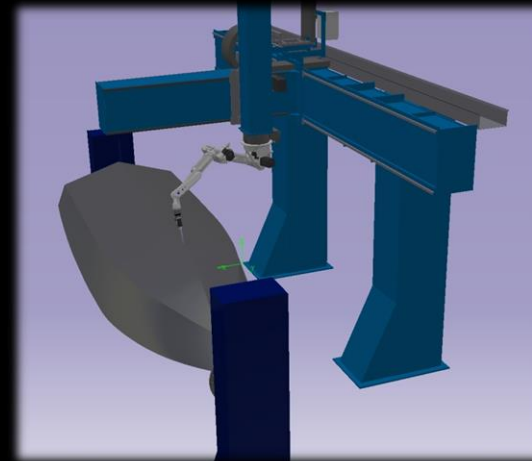
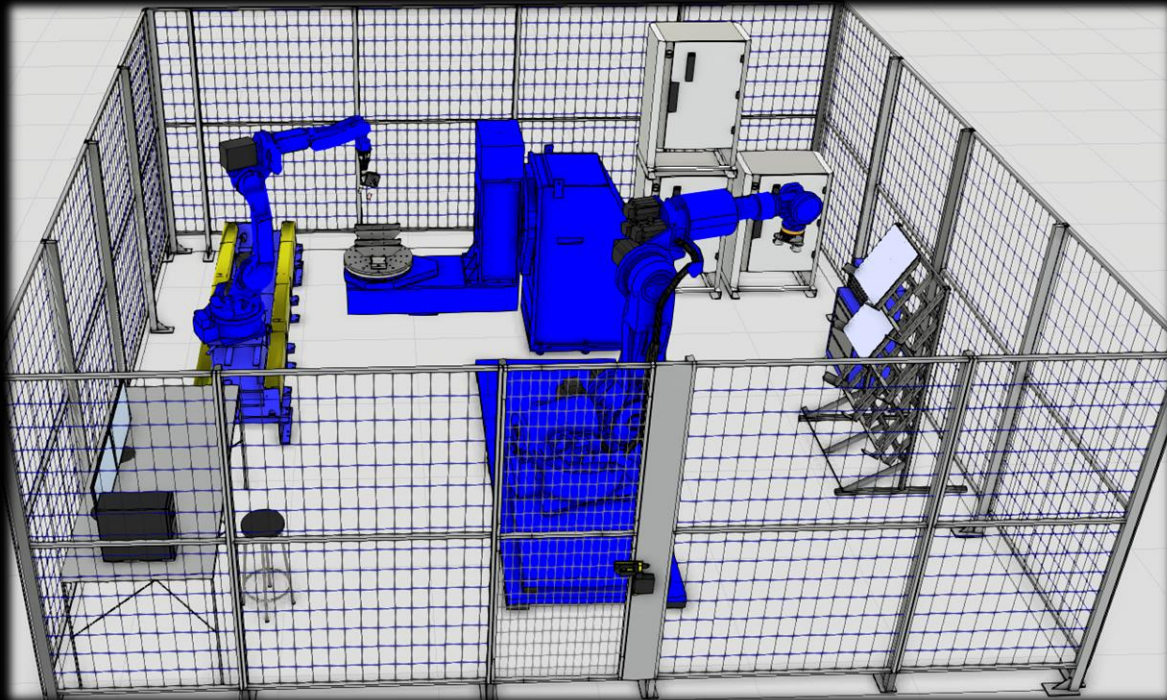
Source: World Robotics 2020



Euroopan unionin
osarahoittama

HITSAUSROBOTIN KUSTANNUKSET

» Tyypilliset karkeat hinnat hitsausrobottisolulle sekä muille laitteistoille



Component	Price			
Welding robot 3/6kg	24000	-	36000	€
Welding equipment + seam tracking	20000	-	30000	€
Linear track 6 m	20000	-	30000	€
Gantry 6 m	60000	-	90000	€
1-axis robot table 1000 kg	16000	-	24000	€
L-table 1000 kg	36000	-	54000	€

Component	Note	Price	
Industrial robot	With welding equipment	50000	€
Ganty	servos + track	90000	€
	Longitudial motion	48000	€
	Horizontal motion	10000	€
	Vertical motion	4000	€
Working table	1000kg	40000	€
System integration		30000	€
Safety equipment		20000	€
Fume removing system		20000	€
Training		10000	€
Programming		30000	€
Fixtures		20000	€
Total		372000	€



ROBOTTI- INVESTOINNIN KUSTANNUSRAKENNE

- » Suunnittelukustannukset
- » Järjestelmän hankintakustannukset
- » Asennus- ja käyttöönottokustannukset
- » Työkalujen ja oheislaitteiden hankinta

Kustannuksien nyrkkisääntö

- » 50 % mekaniikasta ja laitteet
- » 30 % suunnittelu
- » 10 % toteutus
- » 5 % koulutus
- » 5 % Projektinhallinta

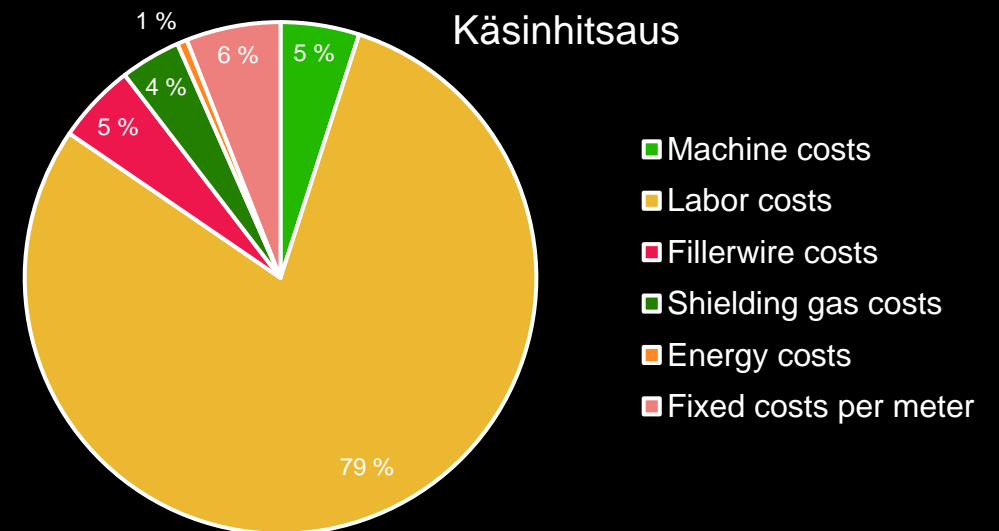
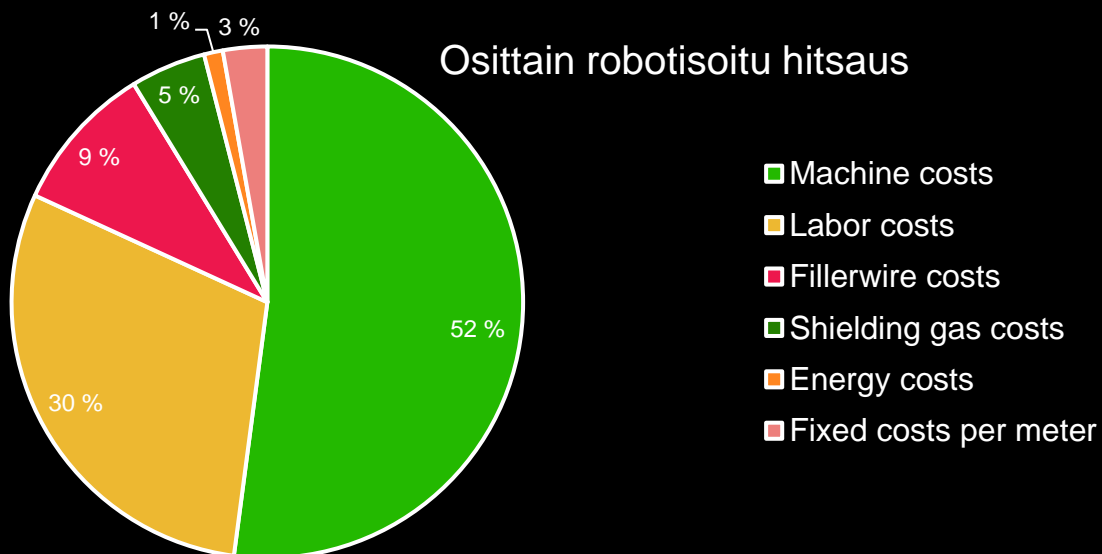


Euroopan unionin
osarahoittama



ROBOTTIJÄRJESTELMÄN KÄYTTÖKUSTANNUKSIJA

- » Suorat palkkakulut
- » Välilliset palkkakustannukset
- » Energian, materiaalien ja tarvikkeiden kustannukset
- » Koulutuskulut
- » Huolto- ja ylläpitokulut





JÄÄNNÖSARVO

- Robotti ja oheislaitteet eivät menetä arvoaan laskennallisen pitoajan lopussa
 - Käyttökohde, käyttötunnit, ikä,...
- Investoinnin jäännösarvo laskennallisen pitoajan lopussa (esim. 5 – 10 v) voi olla vielä kymmeniä prosentteja (=kymmeniä tuhansia euroja)
- Jäännösarvon vaikutus on huomioitava kannattavuuslaskelmissa etenkin, jos käytetään lyhyitä takaisinmaksuaikoja





ROBOTISOINNIN SUUNNITTELUVAIHEET

- » Investoinnin vaatimukset ja tarpeet alustavasti
- » Tuotannon tämänhetkinen tila
- » Robotisoidun tuotannon arviointi
- » Robottihitsattavien tuotantomäärien arviointi
- » Investointilaskenta (alustavasti)
- » Robottihitsattavan tuotteen parantaminen
- » Aseman layout (ja sen simulointi)
- » Jigit
- » Investoinnin vaatimukset ja tarpeet
- » Investointilaskenta (tarkempi laskenta)
- » Investoinnin tekeminen
- » Hitsausohjelmien teko ja optimointi
- » Koulutus



**Euroopan unionin
osarahoittama**

INVESTOINNIN VAATIMUKSET JA TARPEET ALUSTAVASTI

- » Alustava budjetti, aikataulu, takaisinmaksuaikatavoite, ToDo lista
- » Aseman tilantarve ja suunniteltu tila
 - Tilaa myös kärynpoistoille, turvalaitteille, materiaalinhallinnalle, nostoapuvälineille
 - Onko perustat tarpeeksi vahvat?
- » Karkea layout ja hitsattavat tuotteet
- » Tuleeko mahdollisesti uusia prosesseja käyttöön?
 - Asiantuntemuksen kerryttäminen



TUOTANNON TÄMÄNHETKINEN TILA

- » Toimii vertauskohtana investoinnille
- » Karkea arvio mitä hitsattavia tuotteita robotilla
 - Robotti kykenee noin 3-4x tuottavuuteen vs käsinhitsaus
- » Onko tarpeeksi hitsattavaa?
- » Määritä potentiaali mihin automaatiota voidaan hyödyntää
- » Pohdi laskentaperusteet (riippuu tuotteesta ja hitseistä)
 - €/kg
 - €/kpl
 - €/m
- » Pullonkaulat tuotannossa
 - Pystytäänkö robotin hyöty ulosmittaamaan suunnitellusti (erityisesti jos tavoitteena kasvattaa tuotantoa)



ROBOTISOIDUN TUOTANNON ARVIOINTI

- Robotin vuotuisten työtuntien määrittäminen
 - tuotteiden hitsikohtaiset parametrit
 - sulatustehon maksimointi
 - tunkeuman hyväksikäyttö
 - menetelmäkokeen tulosten perusteella voi hyödyntää
 - => kaariaika tuotteittain
 - sivuaika tuotteittain
 - railonhaut, polttimen puhdistukset, ...
 - robottihitsausaika = kaariaika + sivuaika
 - robotin kuormitus (h/v) = robottihitsausaika x menekki (tuote 1) + ... + robottihitsausaika x menekki (tuote n)
- Minimitavoite 1600 h/v (=> 3200 h/v)





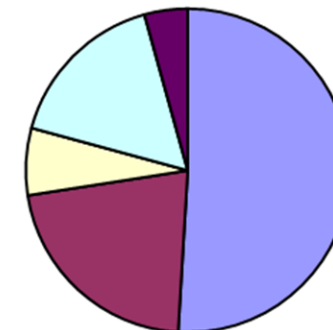
Euroopan unionin
osarahoittama

VUOSITTAISET ROBOTIN TYÖTUNNIT ESIMERKKI

- Eriteltyjen tuotantoaikojen ja määrien perusteella määritetään robotin kuorma
- Kuten aiemmin mainitty tavoitteena vähintään 1600h/v eli tuotantoa yksi vuoro 5pv/viikko

Tuote	Valmistusmäärä	Robottihitsausaika/kpl	Vuotuiset tunnit
A	1000	71 min	1180
B	300	100 min	500
C	110	84 min	155
D	360	64 min	381
E	720	10 min	120
Yhteensä			2316

Annual Working Hours of the Welding Robot



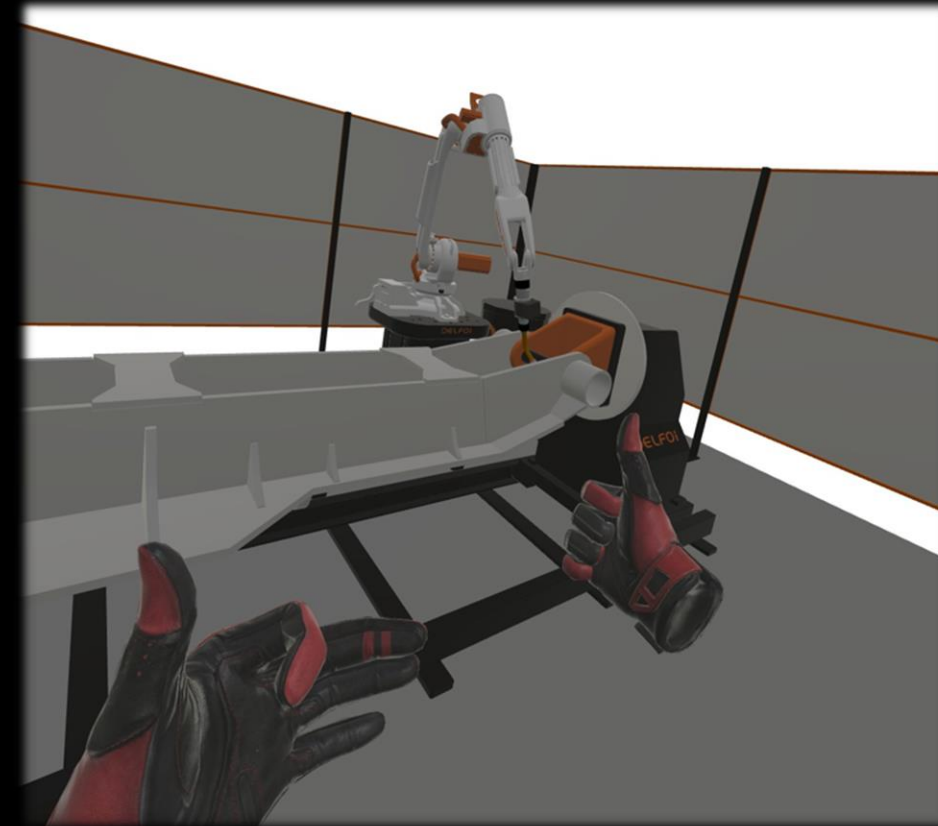
■ Product A
■ Product B
■ Product C
■ Product D
■ Product E



Euroopan unionin
osarahoittama

ROBOTTIHITSATTAVIEN TUOTANTOMÄÄRIEN ARVIOINTI

- » Laske hitsimäärät (metrit, kg jne)
 - Erottele liitostyypit
 - Eri a-mitat, päittäisliitokset, päällekkäisliitokset, nurkkaliitokset...
 - Erottele myös prosessit
- » Arvioi hitsit, mitä hitsejä voidaan tai on mahdollista automatisoida
 - Ulottuvuus, luoksepäästävyys
 - Liitostyypit
- » Tuotteiden osakokonaisuudet ja moduulit?
- » Tässä vaiheessa voi jo luoda alustavan simulointimallin ja vertailla eri konstruktioita ja niiden ulottuvuuksia kappaleille
 - Voidaan tuoda kaikki suunnitellut kappaleet malliin ja tarkastella mikäli tietyt hitsit on mahdollista hitsata eri rakenteilla (esim Gantry, L-pöytä, lineaariradat, pelkkä käsivarsi jne.)
- » Karkeat investointilaskelmat voi ja kannattaa jo laskea tässä vaiheessa!

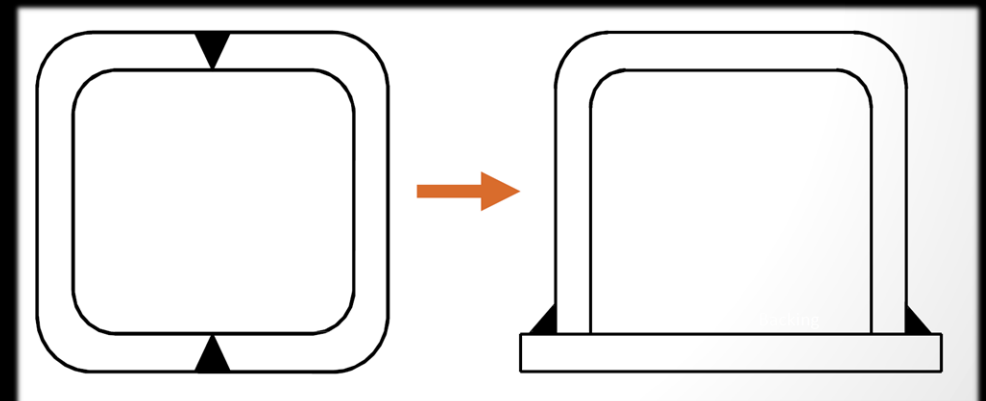
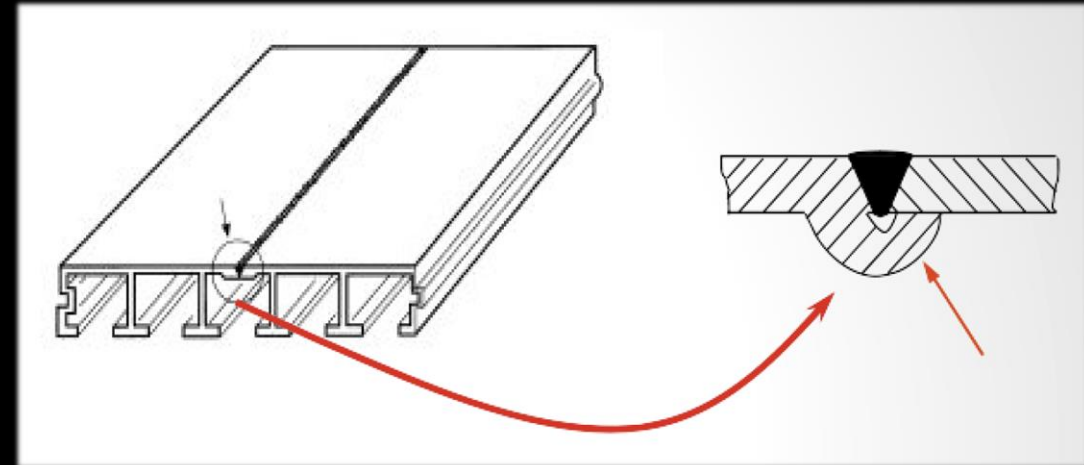




Euroopan unionin
osarahoittama

ROBOTTIHITSATTAVAN TUOTTEEN PARANTAMINEN

- Käytä sopivia liitostyyppejä (Pienaliitos, päällekkäisliitos)
- Vältä ilmarakoja, käytä tukia
- Hyödynnä tuonkeumaa
 - Mahdollisuus pienentää a-mittoja
- Ulottuvuus, luoksepäästävyys
- Hyödynnä taivutuksia, huomioi ilmaraot (voi aiheuttaa vaikeuksia)
- Vähennä vääristymiä, jos mahdollista (hitsausjärjestys)
- Esivalmisteiden tarkkuus avainasemassa
 - Tarvitseeko parantaa leikkaustarkkuutta? (esim. ilmaraot <2mm)

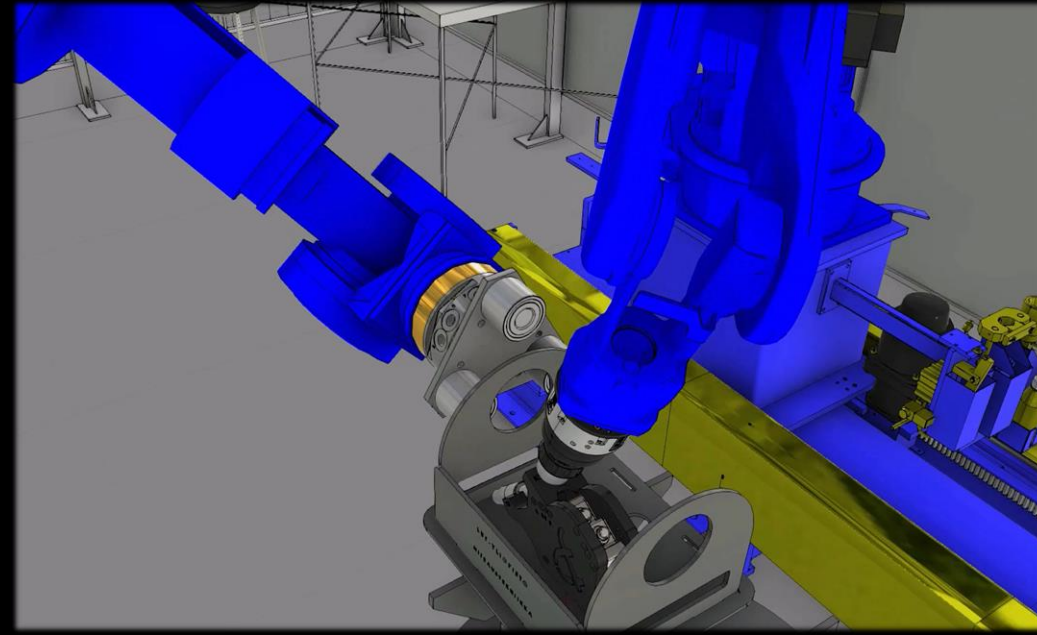




Euroopan unionin
osarahoittama

ASEMAN LAYOUT (JA SEN SIMULOINTI)

- Aseman rakenne ja Layout
 - Ulottuvuus ja luoksepäästävyys tuotteita varten
 - Tilantarve ja virtaus?
- Riittävän aseman hankkiminen, myös tulevaisuus silmällä pitäen?
 - Hitsausrobotti
 - Tarkkuus esim. Laser vs kaarihitsaus
 - Yksiakselinen pyöritin, L-pöytä...
 - Robotin radat, Gantry
 - Käsittelyrobotit
 - Turvalaitteet
- Jigit
- Tuotannon suunnittelu (alustava) ja virtaus
- Pullonkaulojen tarkempi arviointi
- Tuotantoajat

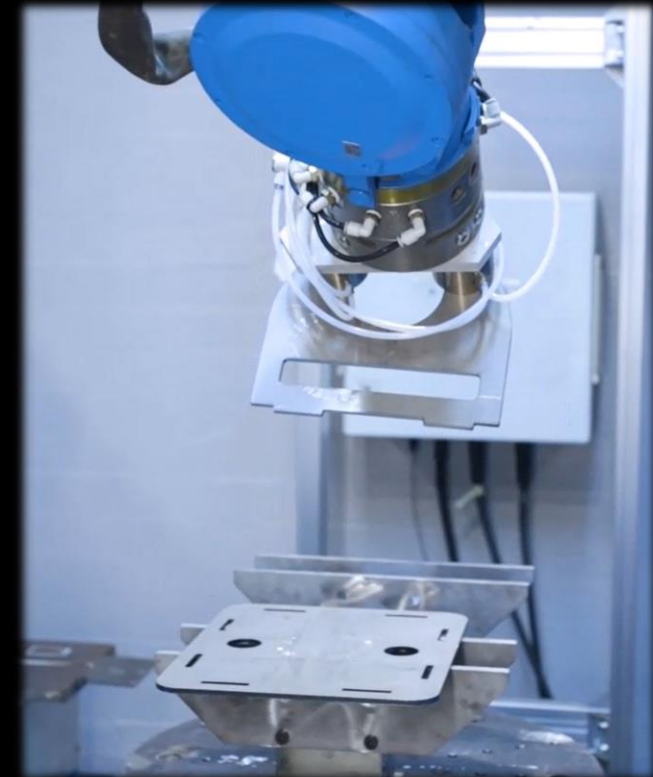




Euroopan unionin
osarahoittama

JIGIT

- » Jigisuunnittelun voi aloittaa jo hyvissäajoin, jotta saadaan tehtyä tarpeenmukainen Jigi suunniteltuun asemaan.
- » Laadukkaat ja jäykät jigit
 - vaatii vähemmän oikomista ja valmisteluaikaa
- » Itseasentuvat osat, nopeat/automaattiset puristimet (vähemmän asennusaikaa)
 - Pneumaattinen/hydraulinen
- » Suurikin Jigin kustannus maksaa itsensä yleensä takaisin
 - Erityisesti jos saa kerralla tuotteen valmiiksi robotilla, ilman viimeistelyä käsinhitsauksena





INVESTOINNIN VAATIMUKSET JA TARPEET

» Tarkemmat lisävarusteet ja laitteet

- Hitsauslaitteet
- Seurantaoptiot
- Anturit
 - Esim railonseuranta / laadunvarmistus
- Kohdepoistot, valaistus, turvalaitteet
- Sähkötyötä, perustukset, paineilma ym.
- Tietokoneet, ohjelmistot, ym tietotekniikka

» Simulointiohjelmat

» Vaadittavat WPS:t robotille

» Koulutukset

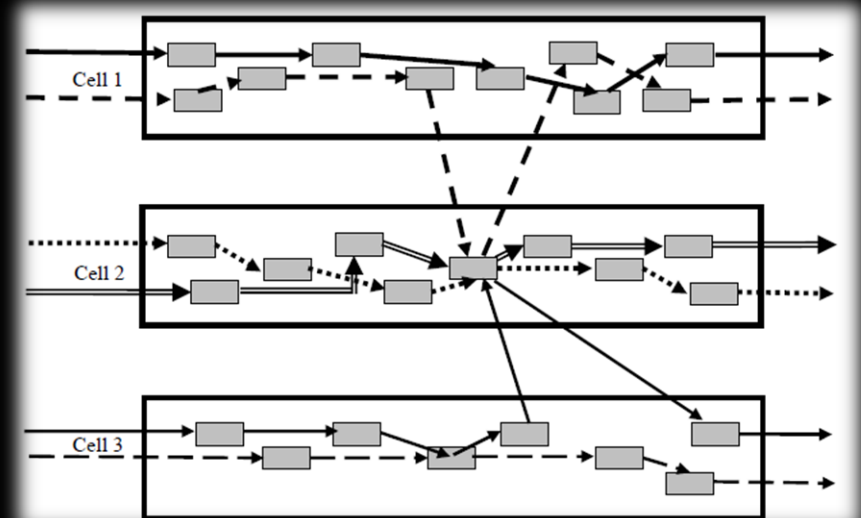
» Tarkempi budjetti, aikataulu, takaisinmaksuaikataavoite, ToDo lista

» Virtautus, Layout ja materiaalinhallinta (myös suuremmassa kuvassa)

» Varaosasuunnitelma, huollot ja muut

» Jatkuvan parantamisen suunnitelma ja jalkauttaminen henkilöstölle

- Prosessien optimointi, suunnittelu, ohjelmointi, avoinkeskustelu ja palautejärjestelmä, jotta asiat eivät jää junnaamaan

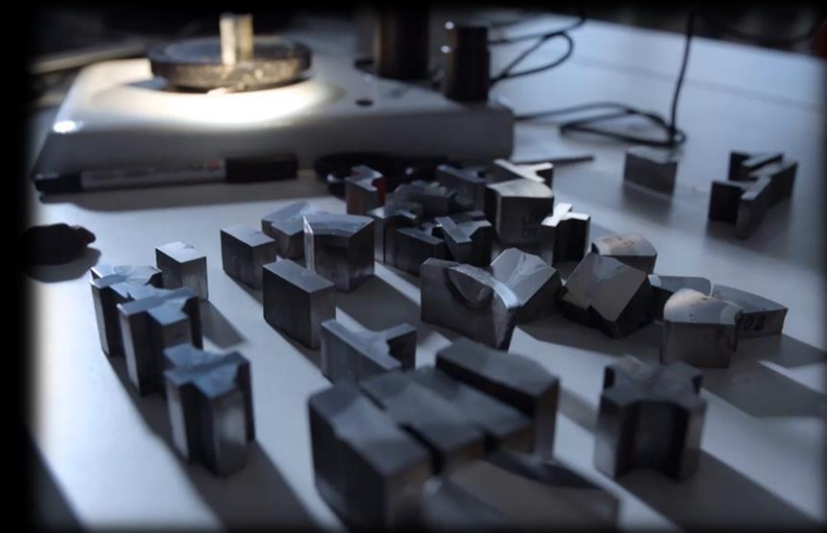




Euroopan unionin
osarahoittama

INVESTOINNIN TEKEMINEN

- » Laitteistojen tilaus
- » Aikataulutus
- » Koulutukset (heti alkamaan)
- » WPS
- » Tarkempi suunnitelma asennustyölle / implementaatiolle ja sen vaatimuksille



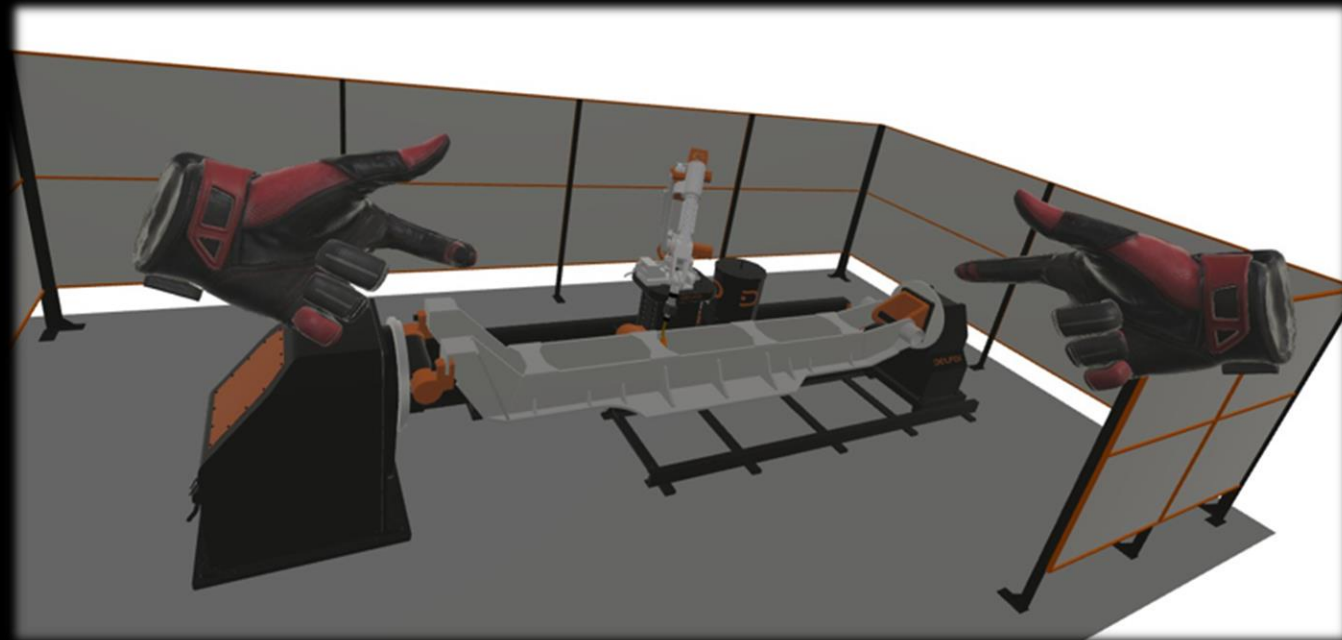


Euroopan unionin
osarahoittama

HITSAUSOHJELMIEN TEKO JA OPTIMOINTI

Simulointi/käsin ohjelmointi:

- Hitsausjärjestys
- Lähestymisliikkeet, nopeudet
- Tuotantoaikojen optimointi





KOULUTUS

- Viimeiset koulutukset vielä fyysisesti asemassa, jotta kaikki ominaisuudet ja mahdollisuudet voidaan hyödyntää täysimääräiselle
- Liian monesti tässä vaiheessa säästetään, jolloin kaikkea investoinnin potentiaalia ei pystytä hyödyntämään...
 - Tulee maksamaan piilokuluina moninkertaisesti koulutuksen
- Jatkuva lisäkoulutus, jotta ammattitaito säilyy



**Euroopan unionin
osarahoittama**



INVESTOINTILASKENTA



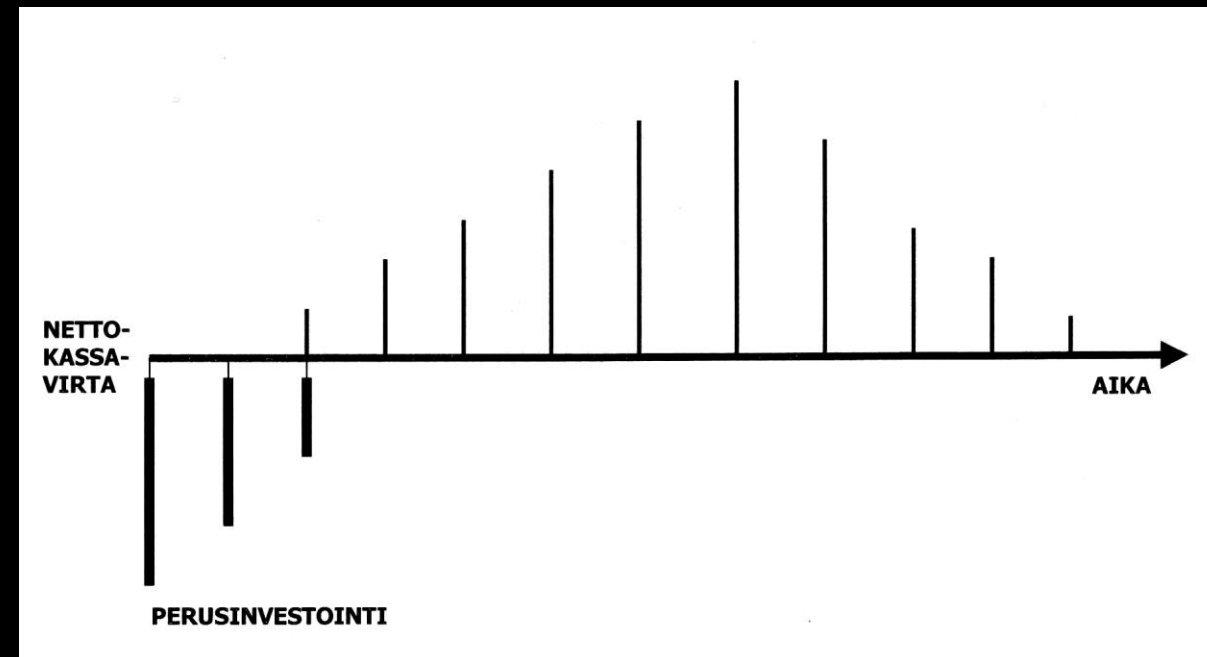
**Euroopan unionin
osarahoittama**



Euroopan unionin
osarahoittama

ROBOTTIHITSAUSINVESTOINNIN KANNATTAVUUS

- » Perinteisten investointilaskelmien soveltamisessa joustavan tuotantoautomaation hankintaan sisältyy omat vaaransa
 - Saavutettavat hyödyt takapainoisia
 - Rahalliset panostukset alkuvaiheessa suuria
- » Yleisesti kannattavuuslaskelmissa käyttävät diskonttausmenetelmät ovat erittäin herkkiä lähtötietojen oikeellisuudelle
 - Diskonttaus = tulevan rahavirran nykyarvon laskeminen



INVESTOINTILASKELMAT

»» Nykyinen tuotanto ⇔ Robotisoitu tuotanto

»» TUOTTAVUUS = TUOTOS/PANOS

»» Tuotoksia

- Valmistusajan lyheneminen verrattuna käsinhitsaukseen = läpimenoajan lyheneminen / työtuntien väheneminen
- Laadun tasaisuus, korjauskustannusten väheneminen
- Uusien tuotteiden valmistuskustannusten arvioiminen helpompaa
- Työskentelyolosuhteiden paraneminen
- Toimitusvarmuus, joustavuus
- Imagotekijät
- Tuotannonohjauksen selkiytyminen
- Keskeneräisen tuotannon väheneminen



Euroopan unionin
osarahoittama

INVESTOINTILASKELMAT

»»Panoksia

- Investointikustannukset
 - Laitteet
 - Lay out-muutokset
 - Hitsauskiinnittimet
 - Koulutus
 - Suunnittelukustannukset
- Vuotuiset käyttökustannukset
 - Työkustannukset
 - Uusien tuotteiden ohjelmointi
 - Kiinnittimet
 - Huolto- ja kunnossapitokustannukset
 - Lisenssit, ylläpito ja kehitys/jatkuva parantaminen
- Kustannukset hitsausta edeltäviin työvaiheisiin
 - Osavalmistuksen tarkkuus
 - Raaka-aineiden käsittely ja varastointi



**Euroopan unionin
osarahoittama**

MITÄ TIETOJA INVESTOINTIEN KANNATTAVUUSLASKENTAAN TARVITAAN

- » Investoinnista aiheutuneet investointikustannukset
- » Investoinnin pitoaika
- » Investoinnin ylläpito-/käyttökustannukset
- » Investoinnin vuosittaiset tuotot
 - Nettotuotot = Tuotot – ylläpito-/käyttökustannukset
- » Investoinnin jäännösarvo
- » Tuotot ja kustannukset: nimellinen vai reaalinen?
- » Investoinnista saatavat ei-taloudelliset hyödyt



MÄÄRITELMIÄ

- » Absoluuttinen kannattavuus = Tuotot – kustannukset
- » Suhteellinen kannattavuus (vuosittain laskettava)

$$= \frac{\text{Absoluuttinen kannattavuus}}{\text{Hankkeeseen sitoutunut pääoma}}$$

- » Mikäli poistot huomioidaan absoluuttista kannattavuutta laskettaessa, ne pitää myös huomioida sitoutuneen pääoman määrässä



SUHTEELLINEN KANNATTAVUUS: ESIMERKKI

- Investointi 100 000 €
- Investoinnin pitoaika 4 vuotta, jäännösarvo 0 €
- Vuosittaiset tuotot 30 000 €
- Poistot 25 000 €/vuosi
- Absoluuttinen kannattavuus = tuotot – kustannukset
= $(30\,000 * 4) - 100\,000\text{ €} = 20\,000\text{ €}$
- Suhteellinen kannattavuus
 - 1. vuosi $(30\,000 - 25\,000) / 100\,000 = 0,05$
 - 2. vuosi $(30\,000 - 25\,000) / 75\,000 = 0,066$
 - 3. vuosi $(30\,000 - 25\,000) / 50\,000 = 0,10$
 - 4. vuosi $(30\,000 - 25\,000) / 25\,000 = 0,2$
 - Suhteellinen kannattavuus paranee kun poistot kuluttavat sitoutunutta pääomaa ja vuosittaiset tuotot pysyvät ennallaan
 - Tuottoarvojen keskiarvo noin 10 %



ERILAISIA INVESTOINNIN KANNATTAVUUSLASKENTAMENETELMIÄ

- » Takaisinmaksuajan menetelmä
- » Nykyarvomenetelmä
- » Annuiteettimenetelmä
- » Sisäisen korkokannan menetelmä
- » Pääoman tuottoaste

- » Herkkyysanalyysit
- » Ei-taloudelliset arvot ja päätöksenteko



MENETELMÄN VALINTA

- Jos tuotot sijoittuvat pitkälle ajanjaksolle, laskentakorkokanta kannattaa huomioida
- Kannattaa aloittaa helpolla menetelmällä (esim. hankkeen absoluuttinen kannattavuus)
- Mitä korkeampi laskentakorkokanta valitaan:
 - Sitä enemmän painottuvat nykyhetken ja lähitulevaisuudessa tapahtuvat suoritukset
 - Sitä vähemmän painotetaan kauempana tulevaisuudessa olevia kassavirtoja



TAKAISINMAKSUAJAN MENETELMÄ

- » Takaisinmaksuajan menetelmässä lasketaan, kuinka monta vuotta kestää, ennen kuin investoinnista saadut nettotuotot ylittävät investoinnin hankintamenot
- » Jos vuotuinen nettotuotto ei ole vakio, selvitetään kuinka monessa vuodessa perushankintamenoa vastaava rahasumma kertyy
- » Menetelmä on laskennallisesti helppo ja siksi yleisesti käytössä
- » Puutteena on koron jättäminen laskelmista pois
 - Voidaan tarvittaessa huomioida diskonttaustekijää käyttämällä
- » Esimerkki: Investointimeno on 250 000 € ja nettotuotto 40 000 € /vuosi. Investoinnin oletetaan kestävän 10 vuotta
- » Takaisinmaksuaika on 6 vuotta ja 3 kuukautta
= $250\,000 / 40\,000$ (€/vuosi)



TAKAISINMAKSUAJAN MENETELMÄ JA TULOSTEN TULKINTA

- Mikäli investoinnin takaisinmaksuaika alittaa investoinnin arvioidun kestoajan, hanke on taloudellisesti kannattava
- Esimerkin tapauksessa 6 vuotta 3 kk on merkittävästi vähemmän kuin investoinnin arvioitu pitoaika 10 vuotta, joten hanke on kannattava
- Mikäli investointivaihtoehtoja on useita, se hanke, jolla on pienin takaisinmaksuaika, on kannattavin
- Takaisinmaksuaika voidaan laskea myös laskentakorkokannalla diskontatuille kassavirroille, jolloin takaisinmaksuaika pitenee





Euroopan unionin
osarahoittama

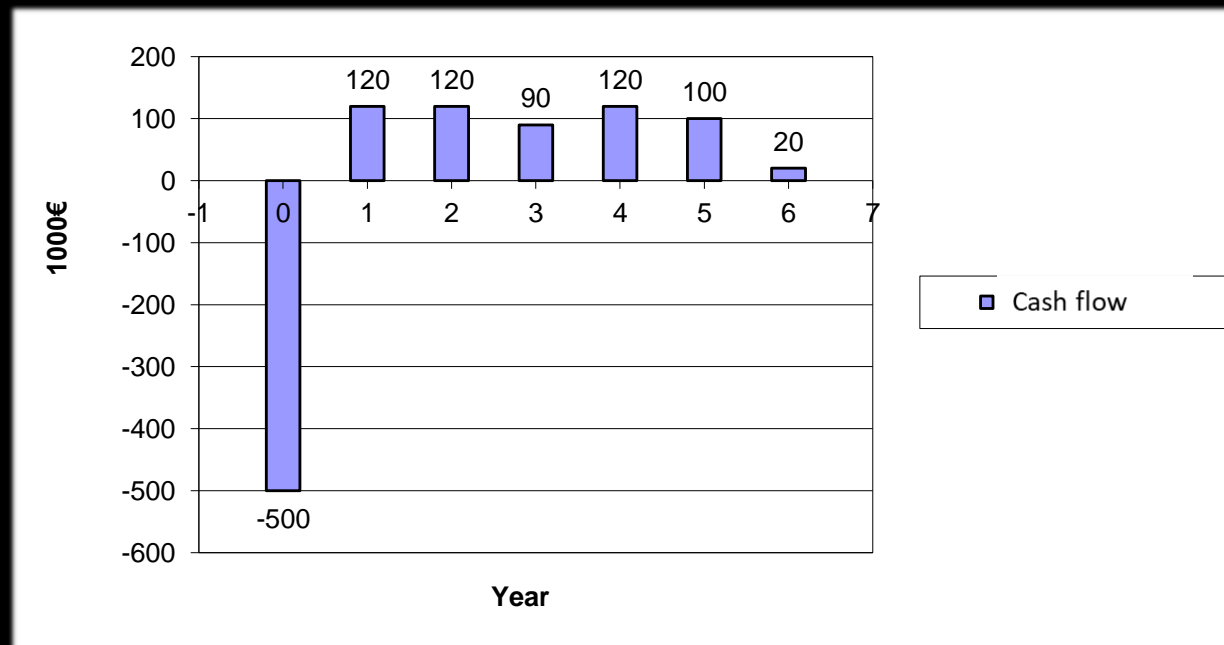
TAKAISINMAKSUAJAN MENETelmä

- Rahan aika-arvo jää kokonaan huomiotta
 - Erityisesti niiden investointien, joiden tuotot ajoittuvat pitkälle aikavälille, kannattavuuslaskelman tulos on epävarma
- Mikäli vuosittaiset nettotuotot vaihtelevat, laskenta monimutkaistuu
- Jäännösarvon huomiointi laskelmissa vaatii hieman soveltamista
- Erittäin helppo laskentamenetelmä, jota kannattaa käyttää ainakin ensimmäisenä laskentatapana
 - Tulos on selväpiirteinen mikäli hankkeeseen liittyvät tuotot eivät koko investointiaikana ylitä hankkeesta syntyviä kustannuksia. Tällöin on helppo todeta, että hanke ei ole taloudellisesti kannattava
 - Mikäli takaisinmaksuaika juuri ja juuri alittaa investoinnin pitoajan, tulos investoinnin kannattavuudesta ei ole välttämättä luotettava



ESIMERKKI: NYKYARVOMENETELMÄ VS TAKAISINMAKSUAJAN MENETELMÄ (MYÖHEMMIN)

- » Aloituskustannus 500 000 € (vuosi 0)
- » Vuosittaiset nettotuotot (kunkin vuoden alussa)
 - Vuosi 1: 120 000 €
 - Vuosi 2: 120 000 €
 - Vuosi 3: 90 000 €
 - Vuosi 4: 120 000 €
 - Vuosi 5: 100 000 € ja jäännösarvo vuoden lopussa 20 000 €
- » Mikäli käytetään takaisinmaksuajan menetelmää, huomataan että hanke on kannattava, investoinnista syntyvät tulot ylittävät viimeisenä vuonna hankkeesta syntyvät kustannukset



NYKYARVOMENETELMÄ

- Nykyarvomenetelmässä lasketaan vuosittaisten tuottojen, kustannusten sekä jäännösarvon nykyarvo valittua korkokantaa käyttäen (=DISKONTTAUS)
- Investointi kannattava, kun nykyarvojen summa > 0
- Tällöin investoinnin nettotuottojen nykyarvo, jäännösarvo mukaan lukien on suurempi kuin investoinnin perushankinnasta johtuvat kustannukset
- Miksi kannattaa käyttää laskentakorkokantaa?
 - Rahalla on aika-arvoa: tulevaisuudessa saatava euro on tänään saatavaa euroa vähäarvoisempi, samoin tänään menetetty euro on arvokkaampi kuin tulevaisuudessa menetetty euro
 - Riski tulevaisuuden tuottoihin ja kustannuksiin
- Mitä laskentakorkokantaa kannattaa käyttää?
 - Korkokantana kannattaa käyttää vähintään rahoituksen kustannusta tai vaihtoehtoisesti tuottoastetta, joka investointiin käytetystä pääomasta saataisiin muualla (tai jotain muuta arvoa näiden välillä)





NYKYARVOMENETELMÄ

- »» Koron alaraja on yrityksen pääomastaan maksama hinta
 - Lainarahan hinta ilmaistaan yksiselitteisesti korkona, mutta myös omistajat odottavat sijoitukselleen tuottoa
 - Koska omistajat ottavat suuremman riskin kuin luotonantajat, heidän tuotto-odotuksensa ovat suuremmat



NYKYARVOMENETELMÄN LASKENTA

» Hyvä vaihtoehto on käyttää Exceliä tai vastaavaa taulukkolaskentaohjelmaa

» Vaihtoehtoisesti nykyarvon voi laskea käsin

» $NA = a_{ni} * S + (JA_n / (1+i)^n) - I$

a_{ni} = nykyarvotekijä

S = vuosittainen nettosäästö €

JA_n = jäännösarvo €

i = laskentakorko

n = pitoaika

I = perusinvestointi €



Euroopan unionin
osarahoittama



NYKYARVOTEKIJÄ a_{ni}

Jaksollisten suoritusten nykyarvo

Jaksollisten suoritusten oletetaan tapahtuvan kulloinkin kysymyksessä olevan vuoden lopussa

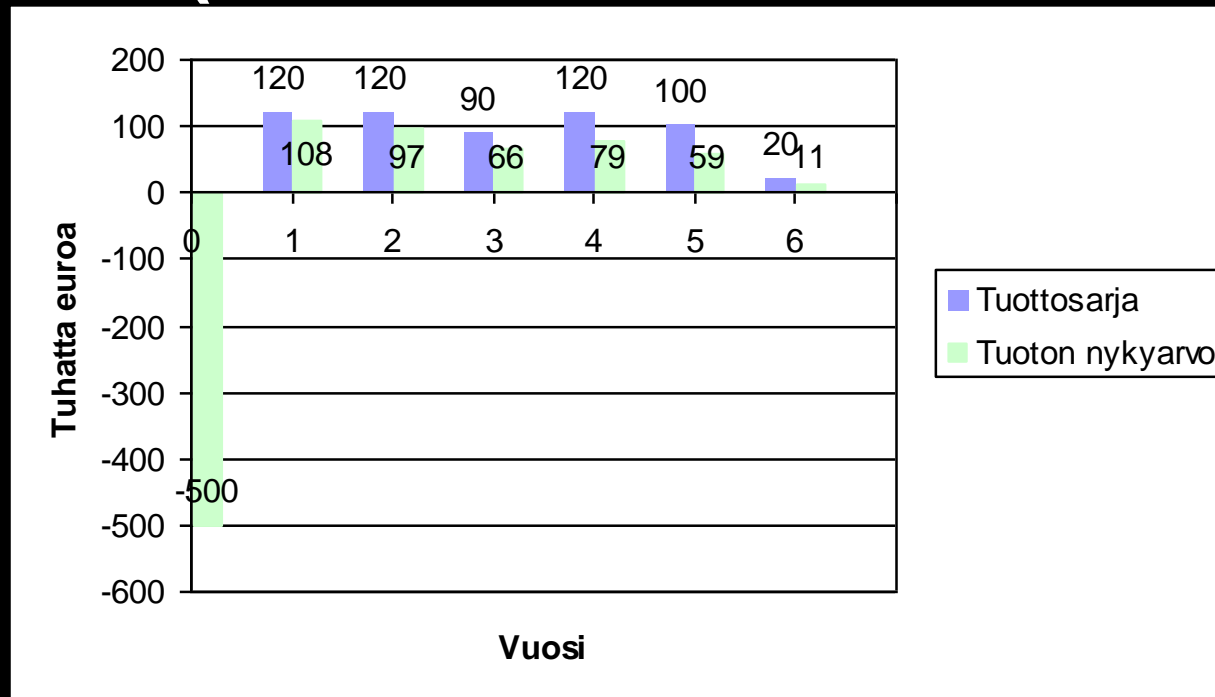
Kaava
$$\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

Esimerkki: 8 %:n laskentakorolla kymmenen vuoden ajan maksettujen yhden rahayksikön suuruisen maksujen yhteenlaskettu nykyarvo on 6,7

n/i	5 %	6 %	7 %	8 %	10 %	12 %	15 %	20 %
	0,952	0,943	0,935	0,926	0,909	0,893	0,870	0,833
2	1,859	1,833	1,808	1,783	1,736	1,690	1,626	1,528
5	4,329	4,212	4,100	3,893	3,791	3,605	3,352	2,991
10	7,722	7,360	7,024	6,710	6,144	5,650	5,019	4,193
20	12,462	11,470	10,594	9,818	8,514	7,469	6,259	4,870



INVESTOINTIIN LIITTYVÄT KASSAVIRRAT JA NIIDEN NYKYARVOT (LASKENTAKORKOKANTA =10 %)



- Kun tuottojen nykyarvot on laskettu, voidaan ne laskea yhteen $(108 + 97 + 66 + 79 + 59 + 11) = 419$ tuhatta €, joka on pienempi kuin investointimeno eli hanke ei ole kannattava

INVESTOINTIIN LIITTYVÄT KASSAVIRRAT JA NIIDEN NYKYARVOT EXCELISSÄ

- Joka vuosi tulot 120k€ 5 vuoden ajan, sijoitus 500k€, korko=10%,
- Kun tuottojen nykyarvot on laskettu, ne voidaan laskea yhteen $(120 \cdot 0,9 + 120 \cdot 0,9^2 + \dots + 120 \cdot 0,9^5) \approx 455\,000$ € tuhatta euroa, mikä on vähemmän kuin investointi kustannukset, eli hanke ei ole kannattava
- Excel: =NPV(korko;tulot vuodessa)
- Vuositulo koostuu erillisistä vuosien soluista, myös sijoitus voidaan lisätä "-tuloksi"
- Excel-tulos = -41 005,08 €

$$NPV = \frac{R_t}{(1+i)^t}$$

t = time of the cash flow
 i = discount rate
 R_t = net cash flow

➤ <https://cleartax.in/s/npv-net-present-value>



Euroopan unionin osarahoittama



ANNUITEETTIMENETELMÄ

- » Investoinnin hankintameno jaetaan pitoaikaa vastaaville vuosille yhtä suuriksi pääomakustannuksiksi, vuosieriksi = annuiteeteiksi
- » Vuosierät
 - Poistot
 - Korkokustannukset
- » Investointi kannattava, kun
vuotuiset nettotulot \geq vuotuiset annuiteetit (pääomakustannukset)
- » Kuten nykyarvomenetelmä käänteisenä
 - Annuiteettia laskettaessa investoinnin hankintakustannus kerrotaan annuiteettitekijällä, joka on nykyarvomenetelmän käänteisarvo
- » Annuiteettimenetelmässä tarvitaan lähtötiedoksi alkukustannus, investoinnin pitoaika sekä laskentakorkokanta
- » Näiden tietojen perusteella lasketaan annuiteetti, jota verrataan investoinnista saatavaan vuosittaiseen tuottoon



ANNUITY CALCULATION, EXAMPLE:

➤ Sama kuin edellinen, aloituskustannus 500 000 €, sijoitusaika 5 vuotta, korko 10 %

➤ Annuiteetti = Annuiteettitekijä * Investointikustannukset

➤ Annuiteettitekijä

$$c_{n,i} = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

$$AN = c_{ni} \left(I - \frac{JA_n}{(1+i)^n} \right), \text{ jossa}$$

I=investointi, €

JA_n=investoinnin jäännösarvo, €

c_{ni}=annuiteettitekijä

i=laskentakorko

n=pitöaika

➤ Excel formula =PMT(C2;B2;A2;D2)

➤ Results in 128 622,8 €

➤ Annuiteetti on siis noin 128 000 euroa

➤ Annuiteettimenetelmää ei todellakaan kannata käyttää, jos vuosituloissa on vaihteluita

➤ Jos vuositulo on alle annuiteetilaskelman, sijoitus ei ole kannattava.

	A	B	C	D
		Investment duration	Intrest	The residual value
1	Costs			
2	-500 000	5	10 %	20 000

ANNUITEETIN LASKENTA ”KÄSIN”

$$\begin{aligned} \text{annuiteettitekijä} &= \frac{10\%(1 + 10\%)^5}{(10\% + 1)^5 - 1} \\ &= \frac{10\% * 1,1^5}{1,1^5 - 1} = \frac{10\% * 1,61051}{1,61051 - 1} \\ &= 0,263797 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Annuiteetti} &= \text{Alkukustannus} * \text{annuiteettitekijä} \\ &= 500\,000 * 0,263797 = 131\,898,5 \end{aligned}$$

Jäännösarvon annuiteetti

$$\text{jäännösarvo} * \text{annuiteettitekijä} = -20\,000 / 1,1^5 * 0,263797 = -3\,276$$

» Hankintakustannuksen ja jäännösarvon annuiteetti yhteensä

$$\text{» } = 131\,898,5 - 3\,276 = 128\,622,5 \text{ €}$$



Euroopan unionin
osarahoittama

LASKENNAN TULOKSEN TULKINTA

- » Annuiteetin suuruus on siis n. 128 000 euroa
- » Esimerkin vuosittaisissa tuotoissa on vaihtelua, eli annuiteettimenetelmää ei oikeastaan pitäisi käyttää
- » Vuosittaiset tuotot ovat välillä 90 – 120 tuhatta euroa, eli kuitenkin aina pienemmät kuin annuiteetti
→ Eli hanke ei ole kannattava





SISÄISEN KORKOKANNAN MENETELMÄ

- Sisäisen korkokannan menetelmässä etsitään se korkokanta, jonka avulla diskontattujen nettotuottojen nykyarvojen summa on nolla

$$\sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+r)^t} + \frac{JA_n}{(1+r)^n} - I = 0$$

S_t = nettosäästö tai nettotulo vuodessa, €/a (S =nettotulot/a =tulot/a - menot/a)

JA_n = investoinnin jäännösarvo, €

I = investointikustannus, €

r = laskentakorko

n = pitoaika

- Laskentakaava monimutkainen, varsinkin jos tuotot vaihtelevat
- Sisäinen korkokanta on ehkä helpoin löytää kokeilemalla
- Kun sisäinen korkokanta on löydetty tai laskettu, sitä verrataan tuottotavoitteeseen
- Mikäli sisäinen korkokanta ylittää tavoitteeksi asetetun tuottoasteen, hanketta voidaan pitää taloudellisesti kannattavana

SISÄISEN KORKOKANNAN MENETELMÄ

» Jos nettosäästöt ovat vuosittain samansuuruiset eli $S_1, S_2, S_3 \dots S_n = S$ ja jäännösarvo $J_{An} = 0$

=>

$$a_n \cdot S - I = 0 \Rightarrow a_n = I / S$$

» Esimerkissä sisäinen korkokanta oli noin 4,5%, joka on pienempi kuin pääomalle asetettu tuottovaatimus 10%, joten hanke ei ole kannattava



Euroopan unionin
osarahoittama

PÄÄOMAN TUOTTOASTE, RETURN ON INVESTMENT (ROI)

- » On yksinkertaistettu sisäisen korkokannan menetelmä
- » Saadaan jakamalla investoinnin nettotuotto keskimääräisellä investoinnilla
- » Suoritusten eriaikaisuus voidaan jättää pois laskelmista ja korvata se investoinnin poistoilla
- » Yksinkertainen, mutta antaa usein riittävän tarkan tuloksen

Poisto = (perushankintakustannus – jäännösarvo)/investointiaika

Vuotuinen nettotuotto = vuotuinen tuotto – poisto

ROI = (100 x vuotuinen nettotuotto)/perushankintakustannus

- » Investointi kannattava, kun

ROI > laskentakorko/tuottovaatimus



Euroopan unionin
osarahoittama

TUOTTOASTE-ESIMERKKI

» Edelleen sama esimerkki:

- Hankintakustannus 500 000€
- vuosituotot 90 -120 tuhatta euroa, keskimäärin 110 000 €
- Investoinnin pitoaika 5 vuotta, jäännösarvo 20 000 €
- Vuosipoisto $96\,000\text{ €} = (500\,000 - 20\,000) / 5$
- Vuosittainen nettotuotto
 $= 110\,000 - 96\,000 = 14\,000\text{ €}$
- Keskimääräinen investointi (investointiin sitoutunut pääoma keskimäärin)
 $= (500\,000) / 2 = 250\,000\text{ €}$
 - Investointiin sitoutuu siis alussa paljon, mutta poistojen myötä sitoutunut pääoma pienenee ja lopulta häviää kokonaan

» Lopuksi verrataan tyypillistä tuottoa ja investointiin sitoutunutta (keskimääräistä) pääomaa

» Tuottoaste $100\% * (14\,000 / 250\,000)$
 $= 5,6\%$

» Tuottoastetta verrataan pääomalle asetettuun tuottotavoitteeseen,

- Mikäli tuottoaste on alhaisempi kuin tavoiteltu tuottoaste, hanke ei ole kannattava
- Mikäli tuottoaste ylittää tavoitellun tuottoasteen, hanke kannattaa toteuttaa



**Euroopan unionin
osarahoittama**



HERKKYYSANALYYSIT

- » Herkkyyssanalyyseilla tarkoitetaan laskelmia, joissa yhtä tai useampaa laskelman lähtöoletusta muutetaan
- » Esim. Mitä tapahtuu kannattavuudelle jos
 - Investoinnin lähtökustannus poikkeaa +/- 15 % suunnitellusta
 - Investoinnin kestoaika poikkeaa vuodella suuntaan tai toiseen
 - Tuotot poikkeavat odotetusta +/- 15 % per kausi
 - Jäännösarvo onkin nolla tai negatiivinen
 - Laskentakorkokantaa muutetaan +/- 2 prosenttiyksikköä





HERKKYYSANALYYSIT

- Herkkyysanalyysit on helppo toteuttaa, mikäli investointilaskentapohja on tehty esim. Excelissä. Kun laskentapohja on valmis, se voidaan kopioida esimerkiksi toiseen laskentatauluun ja muuttaa hieman lähtöarvoja
- Näin on helppo selvittää ns. kipurajat
 - Kuinka paljon hankkeen perustamiskustannukset voivat nousta,
 - Kuinka paljon vuosittaiset tuotot saavat olla arvioitua pienemmät tai ylläpitokustannukset arvioitua suuremmat,
 - Kuinka paljon laskentakorkokanta tai rahoituksen kustannus voi nousta, jotta hanke olisi vielä kannattava





EI-TALOUELLISET ARVOT JA INVESTOINTIPÄÄTÖKSET

- Joissain tilanteissa päätöksenteossa ei-taloudelliset arvot merkitsevät paljon
- Mikäli investointi halutaan toteuttaa ei-rahamääräisten perusteiden avulla, investointien kannattavuuslaskelmista on silti hyötyä (esimerkiksi valittaessa kahden taloudellisesti kannattamattoman investoinnin välillä)
- Perusteltaessa asioita (esim. priorisointipäätöksiä), huolellisesti tehdyt taloudellisuuslaskelmat ovat hyödyllisiä





Euroopan unionin
osarahoittama

EI-TALOUEDELLISET ARVOT JA INVESTOINTIPÄÄTÖKSET

- Ei-rahamääräisiä arvoja voidaan huomioida esimerkiksi laskentakorkokantaa muuttamalla
 - Tämän investoinnin ei tarvitse tuottaa voittoa (laskentakorkokanta asetetaan nolaksi)
- Toinen vaihtoehto on asettaa investoinnin tuottotavoitteeksi toiminnan muuttuvat kustannukset
- On myös mahdollista, että investointipäätös tehdään pelkästään ei taloudellisten seikkojen avulla
 - Silloinkin on hyvä pohtia sitä, että jäikö joku toinen investointi tekemättä tämän investoinnin takia



MUUTA HUOMIOITAVAA

- Investointilaskelmissa vaikein ja vaativin osuus on **lähtöoletusten laatiminen**, varsinainen laskenta on itsessään helppoa
 - niihin kannattaa panostaa
- Mikäli lähtötiedot (esimerkiksi hankkeen kustannusarvio, hankkeen pitoaika tai hankkeen **vuosittaiset tuotot**) on täysin väärin arvioitu, ei huolellisistakaan laskelmista ole juuri lainkaan hyötyä
- Robottihitsausinvestointilaskelmat perustuvat nykyisen manuaalisen hitsaustuotannon ja arvioidun robotisoidun hitsaustuotannon vertailuun
 - Vuosittaiset tuotot
 - Tuotto-odotuksissa usein liikaa optimismia
 - Oletetaan liian suuri todellinen kaariaikasuhde
- Koska tulevaisuutta on vaikea ennustaa, kannattaa tehdä herkkyysanalyysiä, jotta voidaan arvioida onko hankkeen kannattavuus liian vahvasti sidoksissa lähtöoletuksiin



LÄHTEET

- » World Robotics 2020
- » ARK investment management 2019
- » <https://cleartax.in/s/npv-net-present-value>
- » Arnold, J. T., & Chapman, S. N. (2004). Introduction to materials management. Pearson Education India.
- » (2010) Manufacturing Layout. In: Supply Chain Engineering. Springer, London. https://doi.org/10.1007/978-1-84996-017-5_10
- » Investointien edullisuus, kuntaliitto esitetty 25.5.2007



**Euroopan unionin
osarahoittama**