
Ilkka Mellin

Tilastolliset menetelmät

Osa 1: Johdanto

Tilastotiede tieteenalana

Tilastotiede tieteenalana

>> **Mitä tilastotiede on?**

Tilastotieteen sovellukset

Tilastotiede ei ole oppi tilastoista!

- Tilastotiede **ei ole**
 - nimestään huolimatta –
oppi tilastoista tai tilastojen tuotannosta!
- Mikä sen sijaan on totta, on se, että *tilastojen tuotannon, jalostuksen ja analysoinnin menetelmien kehittäminen muodostaa keskeisen osan tilastotiedettä.*

Tilastotiede ei ole matematiikkaa!

- Tilastotiede **ei ole matematiikan osa-alue!**
- Mikä sen sijaan on totta, on se, että *tilastotieteen menetelmät ja mallit ovat matemaattisia ja perustuvat todennäköisyyslaskentaan:*
 - Matematiikalla on tilastotieteessä *välineellinen rooli.*
 - Tilastotiede käyttää *matematiikan kieltä.*

Mitä tilastotiede on?

Tilastotiede on yleinen menetelmätiede

- Tilastotiede on **yleinen menetelmätiede**.
- Tilastotiede kehittää ja soveltaa menetelmiä ja malleja, joiden avulla *reaalimaailman ilmiöistä* voidaan tehdä **johtopäätöksiä** ilmiöitä kuvaavien **numeeristen** tai **kvantitatiivisten tietojen** perusteella tilanteissa, joissa tietoihin liittyy **epävarmuutta** ja **satunnaisuutta**.

Tilastolliset menetelmät ja mallit

- **Tilastollisten menetelmien** avulla reaali maailman ilmiöitä kuvaavat numeeriset tai kvantitatiiviset *tiedot jalostetaan* sellaiseen muotoon, että ilmiöitä koskevat *johtopäätökset tulevat mahdollisiksi*.
- Tietojen jalostaminen merkitsee *tietojen tiivistämistä graafiseksi esityksiksi ja tunnusluvuiksi* sekä **tilastollisten mallien** rakentamista *tiedot generoineille prosesseille tai mekanismeille*.

Tilastolliset tutkimusasetelmat

- **Tilastollisissa tutkimusasetelmissa** reaalimaailman ilmiötä kuvaaviin numeerisiin tai kvantitatiivisiin tietoihin liittyy aina *epävarmuutta* ja *satunnaisuutta*.
- Reaalimaailman ilmiötä kuvaavien tietojen **tilastollinen analyysi** perustuu siihen, että tietoihin liittyvän epävarmuuden ja satunnaisuuden ajatellaan johtuvan *tiedot generoineesta prosessista* tai *mekanismista*.
- Epävarmuuden ja satunnaisuuden on voinut generoida *ilmiö itse* tai epävarmuus ja satunnaisuus voivat olla seurausta *menetelmästä, jolla tutkimuksen kohteet on valittu*.

Satunnaisilmiöt

- Reaalimaailman ilmiö on **satunnaisilmiö**, jos seuraavat ehdot pätevät:
 - (i) Ilmiöllä on useita erilaisia **tulosvaihtoehtoja**.
 - (ii) **Sattuma** määrää mikä tulosvaihtoehtoista toteutuu.
 - (iii) Vaikka *ilmiön tulos vaihtelee* ilmiön toistuessa *satunnaisesti*, ilmiön tulosvaihtoehtojen *suhteellisten osuuksien jakauma käyttäytyy* ilmiön toistuessa **tilastollisesti stabiilisti**.
- **Todennäköisyyslaskennan** tehtävänä on tuottaa *matemaattisia malleja* satunnaisilmiöiden toistuessa havaittavalle *tilastolliselle stabiliteetille*.

Satunnaisilmiöt:

Kommentteja

- Satunnaisilmiöihin liittyy aina *ennustamattomuutta*:
Satunnaisilmiön yksittäistä tulosta ei voida tietää etukäteen.
- Satunnaisilmiöihin liittyy kuitenkin aina *säännönmukaisuutta*, joka on tulee esiin ilmiön toistuessa:
Satunnaisilmiön tulos vaihtelee satunnaisesti ilmiön toistokerrasta toiseen, mutta ilmiön tulosvaihtoehtojen suhteelliset osuudet käyttäytyvät stabiilisti, kun toistokertojen lukumäärä kasvaa.

Satunnaisilmiöt:

Esimerkkejä

- Esimerkkejä satunnaisilmiöistä:
 - Kvanttimekaniikan ilmiöt
 - Hiukkasfysiikan ilmiöt
 - Luonnontieteen mittauksiin liittyvien mittausvirheet
 - Uhkapelit: *arpajaiset*, lotto, ruletti, kortti- ja noppapelit
 - Perinnöllisyys
 - Eliöiden ja eliöpopulaatioiden käyttäytyminen
 - Ihmisten, ihmisryhmien ja ihmisten muodostamien organisaatioiden sosiaalinen ja taloudellinen käyttäytyminen
 - Teknisten prosessien ominaisuudet

Tietojen kerääminen satunnaisilmiönä 1/2

- Voimme aina ajatella, että tilastollisissa tutkimusasetelmissa *tutkimuksen kohteet* on valittu **arpomalla**.
- Arvonta on *satunnaisilmiö*:
 - (i) Arvontaan liittyy aina *ennustamattomuutta*, koska *yksittäisen arvonnän tulosta ei voida tietää etukäteen*.
 - (ii) Arvonta noudattaa kuitenkin – oikein suoritettuna – *todennäköisyyden lakeja*.

Tietojen kerääminen satunnaisilmiönä 2/2

- Koska arvonnän tulos vaihtelee satunnaisesti arvontakerrasta toiseen, myös *tutkimuksen kohteita kuvaavat tiedot vaihtelevat satunnaisesti arvontakerrasta toiseen*.
- Kuitenkin tutkimuksen kohteita kuvaavien tietojen käyttäytymisessä havaitaan arvontaa toistettaessa sellaista *säännönmukaisuutta*, jota olemme kutsuneet **tilastolliseksi stabiliteetiksi**.
- Juuri tämä säännönmukaisuus on tilastollisen tutkimuksen kohde.

Tietojen keräämisen perusmenetelmät

- Tilastollisessa tutkimuksessa tutkimuksen kohteiden valinnassa käytettävät menetelmät:
 - **Satunnaistetut kokeet**
 - **Satunnaisotanta**
- Kumpikin menetelmä perustuu *arvontaan*.
- Huomautus:

Koesuunnittelu ja otantateoria ovat keskeisiä tilastotieteen menetelmiä.

Teoreettinen ja soveltava tilastotiede 1/2

- **Teoreettinen tilastotiede** kehittää *matemaattisia malleja* prosesseille, jotka *generoivat* reaalimaailman ilmiöitä kuvaavia numeerisia tai kvantitatiivisia *tietoja*, joihin liittyy *epävarmuutta ja satunnaisuutta*.
- Teoreettisen tilastotieteen kehittämät mallit perustuvat *todennäköisyyslaskentaan* ja niitä kutsutaan **tilastollisiksi malleiksi, stokastisiksi malleiksi tai todennäköisyysmalleiksi**.
- Tilastollisten mallien avulla reaalimaailman ilmiöitä kuvaaviin tietoihin liittyvät *systemaattiset ja satunnaiset piirteet* pyritään *erottamaan ja kuvaamaan*.

Teoreettinen ja soveltava tilastotiede 2/2

- **Soveltava tilastotiede** soveltaa teoreettisen tilastotieteen kehittämiä matemaattisia malleja reaalimaailman ilmiöitä kuvaavien numeeristen tai kvantitatiivisten *tietojen analysointiin*.
- Teoreettinen ja soveltava tilastotiede kulkevat tilastollisessa tutkimuksessa käsi kädessä:
 - Teoreettinen tilastotiede *kehittää tilastomatemattisia malleja* soveltavan tilastotieteen empiiristen ongelmien ratkaisemiseksi.
 - Soveltava tilastotiede *käyttää hyväkseen teoreettisen tilastotieteen kehittämiä malleja*.

Kuvaileva tilastotiede ja tilastollinen päättely 1/2

- **Deskriptiivinen eli kuvaileva tilastotiede** kehittää ja soveltaa menetelmiä, joiden avulla tutkimuksen kohteena olevasta ilmiöstä kerättyjä numeerisia tai kvantitatiivisia tietoja voidaan *kuvailta* ja *esitellä*.
- Kuvailevan tilastotieteen työkaluja:
 - **Tilastografiikka**
 - **Tilastolliset tunnusluvut**
 - **Tilastolliset mallit**

Kuvaileva tilastotiede ja tilastollinen päättely 2/2

- **Tilastollinen inferenssi eli päättely** kehittää ja soveltaa menetelmiä, joiden avulla tutkimuksen kohteena olevasta ilmiöstä voidaan *tehdä johtopäätöksiä* ilmiöstä kerättyjen numeeristen tai kvantitatiivisten tietojen perusteella.
- Tilastollisen päättelyn työkaluja:
 - **Tilastollinen testaus**
 - **Tilastolliset mallit**
- Kuvaileva tilastotiede ja tilastollinen päättely kulkevat tilastollisessa tutkimuksessa käsi kädessä.

Tilastotiede tieteenalana

Mitä tilastotiede on?

>> Tilastotieteen sovellukset

Missä tilastotiedettä voidaan soveltaa?

- Tilastotiedettä voidaan **yleisenä menetelmätieteenä** soveltaa – ja sitä myös pitäisi soveltaa – kaikkialla, missä *tuotetaan* reaalimaailmaa ja sen ilmiöitä kuvaavaa *numeerista* tai *kvantitatiivista tietoa*.
- Tilastollisia menetelmiä voidaan soveltaa tietojen *keruun*, *jalostuksen* ja *analysoinnin* jokaisessa vaiheessa.
- Tilastollisia menetelmiä sovellettaessa päämääränä on jalostaa tiedot muotoon, joka *mahdollistaa* reaalimaailmaa ja sen ilmiöitä koskevien *johtopäätösten tekemisen*.

Tilastotiede ja tieteellinen tutkimus

- Tilastotiedettä voidaan *yleisenä menetelmätieteenä* soveltaa kaikissa tieteissä, joiden **tutkimusaineistot** voidaan esittää *numeerisessa* tai *kvantitatiivisessa* muodossa.
- Jokainen tiede, jonka tutkimusaineistot voidaan esittää numeerisessa tai kvantitatiivisessa muodossa *voi soveltaa / voisi soveltaa / pitäisi soveltaa* tilastollisia menetelmiä sekä tutkimusaineistoja *kerättyinä* että niitä *analysoitaessa*.
- Jokainen **empiirisen tutkimuksen havaintoaineisto** on tilastollisen tutkimuksen mahdollinen kohde.

Tilastotieteen käyttöalueita

- **Biotieteet**

- biokemia
- biologia
- ekologia
- eläinlääketiede
- eläintiede
- kasvitiede
- lääketiede
- perinnöllisyystiede

- **Ihmistieteet**

- arkeologia
- kielitiede
- psykologia

- **Luonnontieteet**

- fysiikka
- kemia
- tähtitiede

- **Maatalous- ja metsätieteet**

- kasvinviljelytiede
- kotieläinten jalostustiede
- metsänarviointitiede
- metsänviljelytiede

- **Yhteiskuntatieteet**

- sosiaalitieteet
- taloustiede

Tilastotieteellä on monta nimeä

- **Biometria** tai **Biostatistiikka**
= Bio- ja lääketieteiden tilastotiede
- **Demometria**
= Väestötiede
- **Ekonometria**
= Taloustieteen tilastotiede
- **Epidemiologia**
= Tautien leviämismekanismista koskeva lääketieteen osa-alue
- **Kemometria**
= Kemian tilastotiede

Tilastotieteen osa-alueita

- **Aikasarja-analyysi**
- **Bayeslaiset menetelmät**
- **Biometria**
- **Demometria**
- **Ei-parametriset menetelmät**
- **Ekonometria**
- **Estimointi**
- **Kemometria**
- **Koesuunnittelu**
- **Laadunvalvonta**
- **Lineaariset mallit**
- **Matemaattinen tilastotiede**
- **Monimuuttujamenetelmät**
- **Otantateoria**
- **Regressioanalyysi**
- **Robustit menetelmät**
- **Spatiaaliset menetelmät**
- **Tilastollinen testaus**
- **Tilastollinen päättely**
- **Tilastollinen tietojenkäsittely**
- **Varianssianalyysi**

Tilastotieteen reuna-alueita

- Finanssimatematiikka
 - Hahmontunnistus
 - Hermoverkot
 - Kaaosteoria
 - Katastrofiteoria
 - Kuvankäsittely
 - Kybernetiikka
 - Operaatioanalyysi
- Peliteoria
 - Päätösteoria
 - Riskiteoria
 - Signaalinkäsittely
 - Stokastiset prosessit
 - Todennäköisyyslaskenta
 - Tulevaisuudentutkimus
 - Vakuutusmatematiikka

Tilastotieteen sovellusalueita teknisissä tieteissä

- Hahmontunnistus
 - Hermoverkot
 - Kalibrointi
 - Koesuunnittelu
 - Kuvankäsittely
 - Laadunvalvonta
 - Laskennallinen tekniikka
- Lääketieteellinen tekniikka
 - Päätöksentekomenetelmät
 - Prosessinvalvonta
 - Signaalinkäsittely
 - Spektroskopia
 - Tietoliikennetekniikka
 - Tuotantotalous

Tilastotieteen eksoottisia sovelluksia 1: Dendrokronologia

Dendrokronologia

- *Arkeologiassa* puuesineiden ajoituksessa käytetään apuna mm. puiden vuosilustojen muodostamia (aika-) sarjoja.
- *Historiallisessa meteorologiassa* ilmastonmuutoksien tutkimuksessa käytetään apuna mm. puiden vuosilustojen muodostamia (aika-) sarjoja.
- Puiden vuosilustosarjojen analysoinnissa sovelletaan mm. tilastollista *aikasarja-analyysia*.

Tilastotieteen eksoottisia sovelluksia 2: Tietokonetomografia

Tietokonetomografia

- *Lääketieteellisissä tutkimuksissa* käytetään (esim. syöpäkasvaimia etsittäessä) apuna *tietokonetomografiaa*.
- *Tietokonetomografia* on menetelmä, jonka avulla ihmisen kudoksista tai elimistä tuotetaan *tomografi*-nimisellä laitteella ns. viipale- tai *tasokuvia*.
- Tomografia perustuu sähkömagneettisen tai hiukkassäteilyn *mittaamiseen* säteilyn kulkiessa kudosten tai elinten läpi.
- Kuvaa muodostettaessa tomografiin ohjelmoitu algoritmi ratkaisee *inversio-ongelmaksi* kutsutun matemaattisen ongelman, joka voidaan luontevimmin tulkita *bayeslaisten tilastollisten menetelmien* muodostamassa kehikossa.

Tilastot ja tilastolliset aineistot 1/2

- Sana **tilasto** tuo useimmille ensimmäisenä mieleen *yhteiskuntaa ja sen toimintaa* kuvaavat *numeeristen tietojen järjestelmälliset kokoelmat*.
- Yhteiskuntaa ja sen toimintaa kuvaavien *tilastojen tuotannossa ja analysoinnissa tarvittavien menetelmien kehittäminen* on tärkeä tilastotieteen osa-alue, mutta tilastotieteen sovellusalue on paljon tätä laajempi.

Tilastot ja tilastolliset aineistot 2/2

- Tilastotieteen kannalta *mikä tahansa* reaalimaailman ilmiötä kuvaava *numeeristen tai kvantitatiivisten tietojen järjestelmällinen kokoelma* muodostaa **tilastollisen aineiston** ja **tilastollisen tutkimuksen** mahdollisen kohteen.
- *Jokainen empiirisen tai kvantitatiivisen tutkimuksen* **tutkimus-** tai **havaintoaineisto** on tilastotieteen kannalta *tilastollinen aineisto*.

Tilastoala, tilastotiede, tilastotoimi

- Terminologiaa:

Tilastoala = Tilastotiede +
Tilastotoimi

Tilastotiede = Teoreettinen tilastotiede +
Soveltava tilastotiede

Tilastotoimi = Tilastojen tuotanto +
Tilastojen hyödyntäminen

Tilastotiede, tilastot ja yhteiskunta 1/3

- Ihminen ei voi nykymaailmassa toimia järkevästi, ellei hän pysty muodostamaan *oikeata kuvaa maailmasta* ja sen *tilasta*.
- Rakennusaineeksi oikeata kuvaa varten tarvitaan mm. maailmaa ja sen tilaa *merkityksellisesti ja oikein kuvaavia, ajantasaisia (tilasto-) tietoja*.
- Merkityksellisesti ja oikein todellisuutta kuvaavat, ajantasaiset *(tilasto-) tiedot* ovat *välttämättömiä* modernin yhteiskunnan toiminnalle ja niiden saatavuutta voidaan pitää toimivan *demokratian edellytyksenä*.

Tilastotiede, tilastot ja yhteiskunta 2/3

- *Yhteiskunnan kaikilla osa-alueilla toiminnan seuranta, päätöksenteko ja ennakointi* perustuvat sekä yhteiskunnan eri osa-alueita kuvaaviin (*tilasto-*) tietoihin että *tilastollisiin menetelmiin*.
- *Päätöksenteko* sekä *julkisella* että *yksityisellä sektorilla* (*elinkeinoelämässä*) perustuu yhteiskuntaa ja elinkeinoelämää kuvaaviin (*tilasto-*) tietoihin ja *tilastollisiin menetelmiin*.
- *Tuotantoprosessien ohjaus* ja *laadunvalvonta* teollisuudessa sekä *markkinatutkimus* kaupan alalla perustuvat tilastollisiin menetelmiin.

Tilastotiede, tilastot ja yhteiskunta 3/3

- Tilastotiede ja tilastolliset menetelmät luovat perustan *tilastojen tuotannolle, jalostukselle ja analysoinnille*.
- Tilastojen tuotannon, jalostuksen ja analysoinnin *menetelmien kehittäminen* on keskeinen osa tilastotieteen tehtäväkenttää.

Esimerkki 1:

Kyselytutkimukset – 1/4

- Päätöksentekijät ja tiedotusvälineet kartoittavat säännöllisten välein suomalaisten mielipiteet erilaisista yhteiskuntaa koskevista kysymyksistä.
- Esimerkkejä:
 - Miten suomalaiset suhtautuvat mahdolliseen NATO-jäsenyyteen?
 - Miten suomalaiset suhtautuvat ydinvoiman lisärakentamiseen?
 - Mitkä ovat poliittisten puolueiden kannatusosuudet?
- Mielipiteet selvitetään *kyselytutkimuksilla*, joiden kohteeksi poimitaan tyypillisesti 1000 – 2000 suomalaista.
- Kyselytutkimuksen **tavoitteena on tehdä kyselyn tulosten perusteella johtopäätöksiä mielipiteiden jakautumisesta *kaikkien suomalaisten joukossa*.**

Esimerkki 1:

Kyselytutkimukset – 2/4

- **Miten 1000 – 2000 suomalaisen kohdistetun kyselyn tulokset voidaan *yleistää* koskemaan kaikkia suomalaisia?**
 - Kyselyn tulokset voidaan *yleistää*, jos kyselyn kohteiksi poimittujen suomalaisten joukko muodostaa *edustavan pienoiskuvan* Suomen kansasta.
 - Pienoiskuva on *edustava*, jos mielipiteet jakautuvat kyselyn kohteiksi poimittujen joukossa *samalla tavalla* kuin kaikkien suomalaisten muodostamassa *perusjoukossa*.
 - Kyselyn kohteiden *poiminta arpomalla* on ainoa menetelmä, joka mahdollistaa edustavan pienoiskuvan saamisen.
 - Kyselyn kohteiden *poimintaa* kaikkien suomalaisten muodostamasta *perusjoukosta arpomalla* kutsutaan tilastotieteessä (**satunnais-**) **otannaksi** ja tutkimuksen kohteeksi poimittua perusjoukon osaa kutsutaan (**satunnais-**) **otokseksi**.

Esimerkki 1:

Kyselytutkimukset – 3/4

- *Arvonnan käyttö* kyselyn kohteiden poiminnassa merkitsee sitä, että *kyselyn tulokset ovat satunnaisia* seuraavassa mielessä:
Jos arvontaa toistettaisiin, kysely tuottaisi (suurella todennäköisyydellä) jokaisella arvontakerralla (ainakin jonkin verran) erilaiset tulokset, koska eri arvunnoissa kyselyyn poimittaisiin (suurella todennäköisyydellä) eri henkilöt.
- Kysymyksiä:
 - Miten *yhdestä otoksesta saadut ja satunnaiset kyselytulokset* voidaan *yleistää* koskemaan koko sitä *perusjoukkoa*, josta *otos* poimitaan?
 - Miten *luotettava* tällainen yleistys on?

Esimerkki 1:

Kyselytutkimukset – 4/4

- Vastauksia:
 - Jos kyselyn kohteiden poiminnassa käytetään *satunnaisotantaa*, kyselyn tuloksiin sisältyvälle epävarmuudelle ja satunnaisuudelle voidaan muodostaa *tilastollinen malli*, joka mahdollistaa sekä *kyselyn tulosten yleistämisen* että *yleistyksen luotettavuuden arvioinnin*.
 - Yleistyksen luotettavuutta ei pystytä arvioimaan, *ellei otoksen poiminnassa käytetä satunnaisotantaa*.
 - Kyselytutkimusten *suunnittelussa, toteutuksessa ja tulosten analysoinnissa* sovelletaan mm. seuraavia tilastollisia menetelmiä:
 - **otanta**
 - **estimointi**
 - **testaus**

Esimerkki 2:

Lääketieteelliset kokeet – 1/4

- Erään tappavan taudin hoitoon on kehitetty *uusi lääke*, jonka toivotaan parantavan enemmän potilaita kuin kauan käytössä ollut *vanha lääke*.
- Miten saadaan *varmuus* siitä, että uusi lääke on parempi kuin vanha lääke?
- Paranemistulosten *vertailemiseksi* järjestetään *tilastollinen koe*:
 - (i) Jaetaan joukko potilaita kahteen ryhmään *arpomalla*:
 - Ryhmälle 1 annetaan uutta lääkettä.
 - Ryhmälle 2 annetaan vanhaa lääkettä.
 - (ii) *Verrataan* parantuneiden *suhteellisia osuuksia* ryhmässä 1 ja 2.
- Kokeen **tavoitteena on tehdä koetulosten perusteella yleisiä johtopäätöksiä** uuden lääkkeen tehokkuudesta.

Esimerkki 2:

Lääketieteelliset kokeet – 2/4

- **Miten yhdestä kokeesta saadut tulokset voidaan *yleistää* koskemaan kaikkia tautia sairastavia potilaita?**
 - Kokeen tulokset voidaan yleistää, jos kokeessa uutta ja vanhaa lääkettä saaneiden potilaiden ryhmät ovat *samankaltaisia* kaikissa muissa suhteissa paitsi siinä, että niihin on kohdistettu kokeessa *erilainen käsittely*.
 - Tällöin mahdolliset *erot* parantuneiden suhteellisissa osuuksissa *ovat seurausta erilaisista käsittelyistä*.
 - Kokeen kohteiden *jakaminen ryhmiin arpomalla* on ainoa menetelmä, joka mahdollistaa samankaltaisten ryhmien saamisen.
 - Kokeen kohteiden *jakamista* erilaisen käsittelyn kohteiksi joutuviin *ryhmiin arpomalla* kutsutaan tilastotieteessä **satunnaistamiseksi**.

Esimerkki 2:

Lääketieteelliset kokeet – 3/4

- *Arvonnan käyttö* ryhmiin jaossa merkitsee sitä, että *koetulokset ovat satunnaisia* seuraavassa mielessä:
Jos arvontaa toistettaisiin, kokeesta saataisiin (suurella todennäköisyydellä) joka kerran (ainakin jonkin verran) erilaiset tulokset, koska eri arvonnoissa saataisiin (suurella todennäköisyydellä) erilaiset ryhmäjaot.
- Kysymyksiä:
 - Miten *yhdestä kokeesta saadut ja satunnaiset koetulokset* voidaan *yleistää* koskemaan kaikkia ko. tautia sairastavia potilaita?
 - Miten *luotettava* tällainen yleistys on?

Esimerkki 2:

Lääketieteelliset kokeet – 4/4

- Vastauksia:
 - Jos potilaiden jaossa ryhmiin on käytetty *satunnaistamista*, kokeen tuloksiin sisältyvälle epävarmuudelle ja satunnaisuudelle voidaan muodostaa *tilastollinen malli*, joka mahdollistaa sekä *koetulosten yleistämisen* että *yleistyksen luotettavuuden arvioinnin*.
 - Yleistyksen luotettavuutta ei pystytä arvioimaan, *ellei ryhmiin jaossa ole käytetty satunnaistamista*.
 - Tilastollisen kokeen *suunnittelussa, toteutuksessa ja tulosten analysoinnissa* sovelletaan mm. seuraavia tilastollisia menetelmiä:
 - **koesuunnittelu**
 - **estimointi**
 - **testaus**

Esimerkki 3:

Laadunvalvonta – 1/4

- Tehdas valmistaa korkealuokkaisia sulkimia kameroihin.
- Tehdas pyrkii siihen, että yli 95 % sulkimista kestää vähintään 300 000 laukaisua.
- Sulkimien *laadun valvonta* on toteutettu seuraavalla tavalla:
 - (i) Tuotantolinjalta *poimitaan arpomalla* joukko sulkimia rasituskokeeseen.
 - (ii) Rasituskokeessa *määrätään* vähintään 300 000 laukaisua kestävien sulkimien *suhteellinen osuus*.
- Kokeen **tavoitteena on tehdä kokeen tulosten perusteella yleisiä johtopäätöksiä tehtaalla valmistettujen sulkimien kestävyydestä.**

Esimerkki 3:

Laadunvalvonta – 2/4

- **Miten vain osaan sulkimista kohdistetun rasituskokeen tulokset voidaan *yleistää* koskemaan kaikkia sulkimia?**
 - Kokeen tulokset voidaan *yleistää*, jos rasituskokeen kohteiksi poimittujen sulkimien joukko muodostaa *edustavan pienoiskuvan* kaikista valmistetuista sulkimista.
 - Pienoiskuva on *edustava*, jos sulkimien kesto jakautuu rasituskokeeseen poimittujen sulkimien joukossa *samalla tavalla* kuin kaikkien valmistettujen sulkimien muodostamassa *perusjoukossa*.
 - Rasituskokeen kohteiden *poiminta arpomalla* on ainoa menetelmä, joka mahdollistaa edustavan pienoiskuvan saamisen.
 - Rasituskokeen kohteiden *poimintaa* kaikkien valmistettujen sulkimien muodostamasta *perusjoukosta arpomalla* kutsutaan tilastotieteessä **(satunnais-) otannaksi** ja tutkimuksen kohteeksi poimittua perusjoukon osaa kutsutaan **(satunnais-) otokseksi**.

Esimerkki 3:

Laadunvalvonta – 3/4

- *Arvonnan käyttö* rasisuskokeen kohteiden poiminnassa merkitsee sitä, että *koetulokset ovat satunnaisia* seuraavassa mielessä:
Jos arvontaa toistettaisiin, kokeesta saataisiin (suurella todennäköisyydellä) joka kerran (ainakin jonkin verran) erilaiset tulokset, koska eri arvonnoissa kokeeseen poimittaisiin (suurella todennäköisyydellä) eri sulkimet.
- Kysymyksiä:
 - Miten *yhdestä kokeesta saadut ja satunnaiset koetulokset* voidaan *yleistää* koskemaan kaikkia sulkimia?
 - Miten *luotettava* tällainen yleistys on?

Esimerkki 3:

Laadunvalvonta – 4/4

- Vastauksia:
 - Jos rasisuskokeen kohteiden poiminnassa on käytetty *satunnaisotantaa*, kokeen tuloksiin sisältyvälle epävarmuudelle ja satunnaisuudelle voidaan muodostaa *tilastollinen malli*, joka mahdollistaa sekä *koetulosten yleistämisen* että *yleistyksen luotettavuuden arvioinnin*.
 - Yleistyksen luotettavuutta ei pystytä arvioimaan, *ellei kokeen kohteiden poiminnassa ole käytetty satunnaisotantaa*.
 - Kokeen *suunnittelussa, toteutuksessa ja tulosten analysoinnissa* sovelletaan mm. seuraavia tilastollisia menetelmiä:
 - **koesuunnittelu ja otanta**
 - **estimointi**
 - **testaus**