



# MAANALAISEEN KÄYTTÖÖN TARKOITETUN HENKILÖN- KULJETUSAJONEUVON SUUNNITTELUN LÄHTÖ- TIETOJEN SELVITYS

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Jyri Miettinen			
Työn nimi Maanalaiseen käyttöön tarkoitettun henkilökuljetusajoneuvon suunnittelun lähtötietojen selvitys			
Päiväys	14.6.2013	Sivumäärä/Liitteet	46
Ohjaaja(t) Anssi Suhonen, Pentti Halonen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Normet Oy			
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäyttetyön tarkoituksena oli tutkia ja selvittää henkilökuljetuksessa käytettävän maanalaiseen käyttöön suunniteltavan ajoneuvon suunnittelussa huomioon otettavia asioita standardien, asiakastarpeiden ja tuotannon näkökulmista. Yrityksellä on nykyisessä tuotetarjoamassaan useampia henkilökuljetukseen tarkoitettuja ajoneuvoja. Näistä ainoastaan yksi on CE-hyväksytty ja tästä syystä yrityksessä on nähty tarpeelliseksi selvittää, mitä asioita suunnittelussa tulisi ottaa huomioon, kun aloitetaan suunnittelemaan uutta CE-hyväksyttyä ajoneuvoa.</p> <p>Koska aihe oli varsin laaja ja siihen olisi voinut käyttää aikaa huomattavasti työn toteuttamiseen varattua aikaa enemmän, niin työn rajaamisessa lähdettiin siitä, että selvitetään kumipyörästandardin, EN 1889-1:2011 Machines for underground mines – Mobile machines working underground – Safety – Part 1: Rubber tyred vehicles ja siihen turvallisuuden kannalta liittyvien standardien vaikutus suunnitteluun.</p> <p>Lisäksi työssä käytiin läpi projekti 4:ssä saatua aineistoa asiakastarpeista sekä tuotannon näkökulmista ja niihin liittyvistä seikoista suunnittelun kannalta.</p>			
Avainsanat Standardi, ajoneuvo, ergonomia			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Jyri Miettinen			
Title of Thesis Initial data analysis of design of personnel transport vehicle for underground use			
Date	14.6.2013	Pages/Appendices	46
Supervisor(s) Anssi Suhonen, Pentti Halonen			
Client Organisation /Partners Normet Oy			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this final year project was to investigate and find out the principles and design factors to be used for designing a personnel transport vehicle. Mostly this thesis considers standards, customer needs and production perspectives.</p> <p>The company has in its current product selection many personnel transport vehicles. Of these, only one is CE-approved and for this reason the company has considered it necessary to find out what issues should be taken into account when starting to design a new CE-approved vehicle.</p> <p>Since the topic was very wide it was decided to divide project. The tarket is to start to collect data from standard EN 1889-1:2011 Machines for underground mines - Mobile machines working underground - Safety - Part 1: Rubber Tyred vehicles and the safety standards relating to impact on the design. Also material of the Project 4 was used. Focus of this Project 4 was the impact of standards, customer needs, as well as the production point of view and facts about on planning.</p> <p>This report will be used to design a new personnel transport vehicle for underground use to meet the latest requirements and standards.</p>			
Keywords Standard, ergonomics, vehicle			

## ESIPUHE

Tämä opinnäytetyö tehtiin nykyiselle työnantajalleni Normet Oy:lle, jossa nähtiin tarve selvittää suunnittelun lähtötietoja ennen uuden henkilönkuljetusajoneuvon suunnittelun aloittamista.

Haluaisin kiittää työni ohjaajia Anssi Suhosta, Pentti Halosta sekä yrityksen taholta ohjaajaani Asko Kettusta asiantuntevasta ohjauksesta.

Lisäksi kiitän kaikkia projektiin osallistuneita heiltä saamastani tuesta työn läpiviemiseksi.

Iisalmessa 14.6.2013

Jyri Miettinen

# SISÄLTÖ

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

1	JOHDANTO .....	7
2	NORMET OY.....	8
2.1	Betoniruisutus ja -kuljetus .....	8
2.2	Panostus .....	9
2.3	Nosto, asennus ja maanalainen kuljetus .....	10
2.4	Rusnaus .....	11
2.5	Semmco ja Essverk tuotteet .....	11
2.6	Rakennuskemikaalit ja kallionlujitus .....	12
2.7	Life time care .....	12
3	KONEDIREKTIIVI JA STANDARDISOINTI .....	13
3.1	Konedirektiivi 2006/42/EY .....	13
3.2	Koneturvallisuusstandardien kolmiportainen hierarkia.....	14
3.3	Turvallisuus .....	14
3.3.1	Operaattorin tilanvaraus, turvatila .....	16
3.3.2	FOPS.....	17
3.3.3	ROPS.....	20
3.4	Ergonomia.....	21
3.4.1	Jousitus .....	27
3.4.2	Istuimet.....	29
3.4.3	Turvavyöt ja niiden kiinnitykset.....	30
3.4.4	Valaistus.....	31
3.4.5	Akustiikka .....	33
3.4.6	Suorituskyky .....	36
4	TUOTTEISTAMINEN.....	37
4.1	Asiakastarpeet .....	37
4.2	Tuotannollisuus .....	39
5	TULEVAISUUS .....	42
6	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	43
7	LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT .....	44

LÄHTEET .....	45
---------------	----

## 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä selvitetään kaivoskäyttöön tarkoitettun henkilönkuljetusajoneuvon suunnittelussa huomioon otettavia seikkoja. Työ keskittyy erilaisten viranomaismääräyksien ja asiakastarpeiden selvittämiseen sekä näiden vaatimuksien yhdistämiseen yrityksen tuotantoon. Opinnäytetyön pohjatietona käytetään aiheeseen liittyviä standardeja, joista kattavin on EN 1889-1:2011 Machines for underground mines - Mobile machines working underground - Safety - Part 1: Rubber tired vehicles sekä verkkokirjallisuutta. Insinööriopintoihin kuuluvaa Projektin 4:sta Asiakastoiveiden kartoitus ja tuotteen valmistettavuus käytetään pohjana asiakastarpeiden ja tuotannon näkökulman osalta.

Työssä laaditaan yhtenäinen raportti, josta selviää henkilönkuljetusajoneuvon suunnittelussa tarvittavat viranomaismääräykset yhdistettyinä asiakastarpeisiin ja tuotantoon.

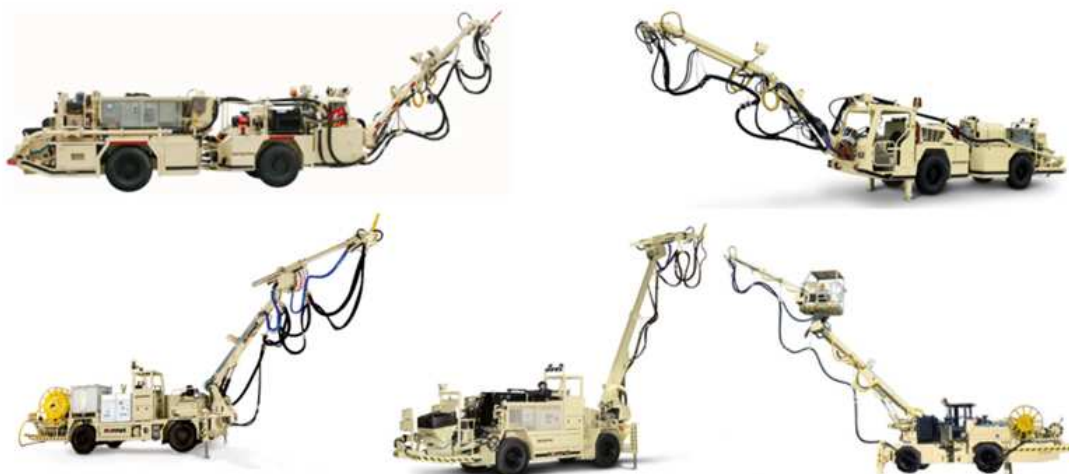
## 2 NORMET OY

Normet Oy on yksi markkinajohtajista omalla tuote segmentillään. Normet on suunnitellut, valmistanut ja markkinoinut maanalaiseen kaivostoimintaan tarkoitettuja ajoneuvoja yli 50 vuoden ajan. Tänä aikana on toimitettu yli 9 000 laitetta ympäri maailman. Nykyisin valmistuksen lisäksi on tarjolla kattava määrä erilaisia jälkimarkkinointipalveluja, kuten huolto-ohjelmia, varaosapalveluja ja koulutusta. Normet:n päämääränä on parantaa maan alla työskentelevien henkilöiden turvallisuutta. Normet toimittaa ratkaisuja erilaisiin tarkoituksiin kuten, betonin ruiskutus ja kuljetus, panostus, nosto ja asennus, rusnaus ja maanalainen logistiikka. (Normet Oy 2013)

Konsernin pääkonttori ja tuotekehitys sijaitsevat Iisalmessa. Valmistusta on kolmella paikkakunnalla, Iisalmessa, Ludvikassa ja Santiago de Chilessä. Markkinointi ja tuotetarjoaman kehitys sijaitsevat Sveitsissä. Normet työllistää noin 900 henkilöä 29 paikkakunnalla maailmanlaajuisesti. Normet-konsernin liikevaihto vuonna 2011 oli noin 170 miljoonaa euroa. Normet laatujärjestelmä on sertifioitu ISO 9001-standardin mukaisesti. Lisäksi Normetilla on ISO 14001 ympäristö-sertifikaatti ja OHSAS 18001 turvallisuustodistus. (Normet Oy 2013)

### 2.1 Betoniruiskutus ja -kuljetus

Tuotevalikoimassa on 5 erilaista, erikokoista ja erilaisiin käyttöolosuhteisiin tarkoitettua betoniruiskutuslaitetta, jotka on esitetty kuvassa 1. Kaikki Spraymec mallit ovat saatavana sähkö- tai dieselhydraulisina. Kaikkiin laitteisiin voidaan lisävarusteena asentaa paineilmakompressori. (Normet Oy 2013)



KUVA 1. Spraymec mallit (Normet Oy 2013)



Tuotevalikoimassa on 5 erilaista, erikokoista ja erilaisiin käyttöolosuhteisiin tarkoitettua betoninkuljetuslaitetta, jotka on esitetty kuvassa 2. Tuotteita on kiinteällä säiliöllä varustettuina sekä vaihtolavalaiteperiaatteella toimivia malleja, joiden kuljetuskapasiteetti vaihtelee 4,4m<sup>3</sup>:sta 6m<sup>3</sup>:iin. Laitteet on tarkoitettu maanalaisten kaivosten ja tunnelirakentamisen tarpeisiin. (Normet Oy 2013)



KUVA 2. Betoninkuljetuslaitteet (Normet Oy 2013)

## 2.2 Panostus

Nykypäivänä kaikessa maanalaisessa louhinnassa käytetään irtoräjähdyksaineita kuten ANFOa, emulsioita tai vesigeeljä. Jotta irtoräjähdyksaineiden käytöstä saataisi kaikki hyöty irti, pitää panostusprosessin olla oikein mekanisoitu. Mekanisoidun panostuslaitteen pitää olla turvallinen ja luotettava, sekä samalla panostuksen tulee täyttää alan korkeimmat tehokkuus- ja laatuvaatimukset. Normet toimittaa viittä eri mallisarjaa panostuslaitteista, jotka on esitetty kuvassa 3. Pienimmät koneet kuljettavat yhtä 260 l:n panostussäiliötä kun isoimman koneen varustukseen kuuluu räjähdysainetehdas kaikkiaan noin 3 000 l:n määrällä erilaisia aineosia räjähteen valmistamiseen.



KUVA 3. Panostuslaitteita (Normet Oy 2013)

## 2.3 Nosto, asennus ja maanalainen kuljetus

Tuotevalikoimassa on 7 erilaista, erikokoista ja erilaisiin käyttöolosuhteisiin tarkoitettua nostolaitetta, jotka on esitetty kuvassa 4. Laitteita on pienissä tunneleissa käytettävistä ajoneuvoista suuriin tunneleihin tarkoitettuihin kaksipuomisiin laitteisiin. Puomikoneiden lisäksi tuotevalikoimassa on saksilalaitteita. (Normet Oy 2013)



KUVA 4. Nosto- ja asennuslaitteita (Normet Oy 2013)

Normetilla on kattava valikoima kumipyöräisiä ajoneuvoja täyttämään kaikki maanalaisen kuljetuksen tarpeet. Utimec-ajoneuvot on suunniteltu kuljetuksiin, jossa ajoneuvoa käytetään samassa käytössä jatkuvasti. Multimec-kasettijärjestelmä on ihanteellinen ratkaisu kaivoksiin, jossa kuljetustarpeet vaihtuvat nopeasti. Normetin modulaarinen Variomec-järjestelmä koostuu Variomec -alustasta ja vaihdettavista työmoduuleista lavakitti kivenkuljetukseen, betonikuljetuskitti pyörintäsäiliöineen sekä koripuumikitti henkilönostoon ja asennustöihin. Mikä tahansa yhdistelmä voidaan vaihtaa toiseksi vain parissa tunnissa. Henkilönkuljetukseen on tarjolla RBO, joka voidaan muuttaa monikäyttöiseksi tukiajoneuvoksi lisäämällä siihen ominaisuuksia lisälaittevalikoimasta, kuten nosturi, hydraulinen hitsauslaite, kompressorin ja henkilönostin. (Normet Oy 2013) Kuvassa 5 on esitetty kuljetuslaitteisto.



KUVA 5. Maanalainen kuljetuskalusto (Normet Oy 2013)

## 2.4 Rusnaus

Normetin Scamec 2000 on mobiili ja mekaanisoitu rusnausjärjestelmä. Scamec 2000 rusnauslaitteperheeseen kuuluu 3 erilaista vaihdettavaa puomia, jotka tarjoavat hyvän ulottuvuuden ja täyden peittoalan erikokoisissa tunneliprofiileissa. Kaikki Scamec mallit varustetaan hydraulisella iskuvasaralla kovan kiven rusnaukseen. Vaihtoehtoisesti Scamec voidaan varustaa kynsirusnausyksiköllä. (Normet Oy 2013) Vaihtoehdot on esitetty kuvassa 6.



KUVA 6. Rusnauslaitteita (Normet Oy 2013)

## 2.5 Semmco ja Essverk tuotteet

Normet Chile valmistaa kolmea erilaista betoniruiskua ja matalan profiilin betonikuljetusajoneuvoa märkäruiskutukseen. Alpha -tuotelinjasta löytyy Alpha 20, Semmcon suunnittelema betoniruisku kairoksiin ja mataliin tunneleihin. Alpha 15 on suunniteltu ruiskubetonointiin suurissa tunneleissa (jopa 12 metriä korkeissa) ja rakennustöissä. Sen etuna on, että se voidaan asentaa erilaisiin kuorma-autoihin, rautatievaunuihin tai muihinkin ajoneuvoihin asiakkaan tarpeiden mukaan. Kuvassa 7 on esitetty Normet Chilen laitteistoa. (Normet Oy 2013)



KUVA 7. Normet Chile tuotteita (Normet Oy 2013)

Normet Scandinavian tuotevalikoimaan kuuluvat työlavat (Esslift) sekä tunneleissa käytettävien betonielementtien asennuslaitteet (Essmount). Vedeneristykseen käytettävän membraanin asennuslaitteet (Essmem) kuten myös tunneleissa betonivaluun käytettävät liikuteltavat hydraulisesti kokoontaitettavat valumuotit (Essform). Essverk tuotevalikoimasta löytyy myös porauslaitteet (Essbolt) tarkkaan PE-eristyslevyjen asennukseen tarvittavien reikien poraukseen. Kuvassa 8 on esitetty Normet Scandinavian laitteistoa. (Normet Oy 2013)



KUVA 8. Normet Scandinavian tuotteita (Normet Oy 2013)

## 2.6 Rakennuskemikaalit ja kallionlujitus

Normet tarjoaa kemikaaleja erilaisiin tunneli- ja kaivosprosesseihin, kuten tunnelin täysprofiiliporaus (TBM), ruiskubetonointi, injektointi ja tunnelien tukeminen. Normet:n tytäryhtiö Dynamic Rock Support AS (DRS) on kehittänyt D-Bolt-kalliopultin, joka on kehitetty tehokkaaseen ja luotettavaan kalliolujitukseen erityisen vaikeissa kalliomekaanisissa olosuhteissa. Kuvassa 9 on esitetty kalliontukemiseen käytettävä pultti. (Normet Oy 2013)



KUVA 9. D-Bolt (Normet Oy 2013)

## 2.7 Life time care

Normet LTC tarjoaa kattavat palvelut koskien koulutuspalveluja, kuntotarkastuksia, kunnossapitoa ja korjausta sekä huolto- ja palvelusopimuksia. Jälkimarkkinointiin kuuluvat myös varaosat ja erilaiset peruskunnostustyöt. (Normet Oy 2013)

### 3 KONEDIREKTIIVI JA STANDARDISOINTI

Standardi SFS-EN 45020 määrittelee sanan standardisointi seuraavasti: "toiminta, jolla laaditaan säännöksiä yleiseen ja toistuvaan käyttöön todellisten tai mahdollisten ongelmien suhteen optimaalisen järjestyksen saavuttamiseksi tietyssä tilanteessa" (SFS-EN 45020). Standardisointi on yhteisten sääntöjen – standardien – laatimista. Standardisoinnilla pyritään helpottamaan viranomaisten, elinkeinoelämän ja kuluttajien elämää. Standardisoinnilla lisätään tuotteiden yhteensopivuutta ja turvallisuutta, suojellaan kuluttajaa ja ympäristöä sekä helpotetaan kotimaista ja kansainvälistä kauppaa (SFS-käsikirja 1).

Koneturvallisuuden standardit pohjautuvat EU:n konedirektiiviin 2006/42/EY. Erona direktiiviin standardilla on sen tarkempi ja yksityiskohtaisempi tulkinta. Ne voivat tarkastella pelkästään tiettyjä näkökulmia, esimerkiksi suojateknisiä vaatimuksia tai pelkästään riskianalyysin tekemistä. Standardi EN 1889-1 2011. Machines for underground mines – Mobile machines working underground – Safety – Part 1: Rubber tyred vehicles määrittelee kaivoskäyttöön tarkoitettujen ajoneuvojen vaatimukset sekä muut ohjeita antavat standardit.

#### 3.1 Konedirektiivi 2006/42/EY

Direktiivin tarkoituksena on yhdenmukaistaa koneisiin sovellettavat terveys- ja turvallisuusvaatimukset, niin että samalla sekä taataan terveyden ja turvallisuuden suojelun korkea taso että varmistetaan koneiden vapaa liikkuvuus EU:n markkinoilla. EU:n konedirektiivi 2006/42/EY on säädös koneiden turvallisuuteen ja terveyteen liittyvistä vaatimuksista Euroopan talousalueella. Nykyinen konedirektiivi valmistui vuonna 2006, mutta se otettiin käyttöön vasta 29.12.2009.

Konedirektiivin tarkoituksena on opastaa koneen valmistajaa suunnittelu- ja rakennusvaiheisiin liittyvissä vaatimuksissa. Se luokittelee vaatimukset niin terveyteen kuin turvallisuuteenkin liittyen. Konedirektiivi on itsessään laaja kokonaisuus, joka käsittelee turvallisuusasioita niin sähköjärjestelmien, mekaanisten ominaisuuksien kuin muidenkin koneeseen liittyvien näkökulmien kannalta. Vastuu vaatimusten noudattamisesta on itse koneen valmistajalla tai tämän valtuuttamalla edustajalla. Konedirektiivi 2006/42/EY ei ole täysin uusi direktiivi, vaan se perustuu aikaisempaan direktiiviin 98/37/EY, jolla kodifioitiin konedirektiivi 89/392/ETY sellaisena kuin se on muutettuna (Konedirektiivin soveltamisopas 2006/42/EY).

### 3.2 Koneturvallisuusstandardien kolmiportainen hierarkia

Koneturvallisuusstandardit jaetaan kolmeen luokkaan, A-, B- ja C-tyyppin standardeihin. A-tyyppin standardit ovat turvallisuuden perusstandardeja. B-tyyppin standardit ovat turvallisuuden ryhmästandardeja. C-tyyppin standardit määrittelevät konekohtaiset turvallisuusstandardit.

- A-tyyppin standardi (turvallisuuden perusstandardi)
  - Perusteet, suunnitteluperiaatteet sekä yleiset näkökohdat kaikkiin koneisiin sovellettaviksi.
  - A-tyyppin standardit ovat: SFS-EN ISO 12100 (terminologia, perusteet ja tekniset periaatteet) sekä SFS-EN ISO 14121-1 (riskin arviointi).
- B-tyyppin standardi (turvallisuuden ryhmästandardi)
  - Käsitellään yhtä turvallisuusnäkökohtaa tai suojausteknistä laitetta.
  - B1-tyyppin standardit koskevat tiettyjä yksittäisiä turvallisuus näkökohtia (esimerkiksi turvaetäisyyksiä, pintalämpötiloja, melua).
  - B2-tyyppin standardit koskevat suojausteknisiä laitteita (esimerkiksi kaksinkäsin hallintalaitteita, toimintaankytkentälaitteita, suojuksia).
- C-tyyppin standardi (konekohtainen turvallisuusstandardi)
  - Koneen tai koneryhmän yksityiskohtaisia turvallisuusvaatimuksia (esimerkiksi maansiirtokoneet, pakkauskoneet, kuljettimet, pumput, nosturit).

### 3.3 Turvallisuus

Kaivostoiminnassa kaiken perustana on turvallisuus. Kaikkissa toiminnoissa, käytettävissä laitteissa ja menetelmissä tärkeimpänä suunnittelun lähtökohtana on turvallisuus. Erilaiset määräykset ja standardit määrittelevät käytettävät materiaalit sekä testi, jotka laitteiden tulee läpäistä. C-tyyppin standardi EN 1889-1:2011 Machines for underground mines – Mobile machines working underground – Safety – Part 1: Rubber tyred vehicles määrittelee turvallisuuteen liittyviä määräyksiä koskien CE-merkittyä laitetta. Standardiin on sisällytetty iso joukko ohjeellisia standardeja, joista tässä työssä käsitellään olleellisimpia.

Laitteen nostamiseen tarkoitetut nostopisteet tulee suunnitella vähintään nelin (4) kertaisella varmuudella, mikäli nostopisteistä voidaan nostaa tai siirtää koko ajoneuvoa, suunnittelupainona pidetään ajoneuvon kuivapainoa. Nostopisteisiin pitää merkitä selvästi ja pysyvästi nostokapasiteetti, esimerkiksi hitsaamalla. Ajoneuvo on varustettava sidontapisteillä kuljetusta varten. Runko-ohjatuissa ajoneuvoissa tulee lisäksi olla lukituslaite runkonivelen liikkumisen estämiseksi standardin ISO 10570 mukaisesti. (EN 1889-1.)

Sähkölaitteet on suunniteltava, rakennettava ja asennettava noudattaen standardia EN 60204-1. Ajoneuvon on noudatettava määräyksiä sähkömagneetiivisuudesta standardin EN 13309 mukaisesti. Ajoneuvossa tulee olla automaattinen ääni- tai valomerkki peruuttamisen ilmaisemiseksi. Ajoneuvo tulee varustaa käyttö-, turva- ja seisontajarruilla. Hydraulii- ja pneumaattikajärjestelmät tulee suunnitella ja asentaa standardin EN ISO 4413 mukaisesti. Pneumaattinen- tai hydraulinen jarrujärjestelmä on toteutettava kaksipiirisenä siten, että vähintään kaksi rengasta eripuolilla ajoneuvoa toimivat mikäli järjestelmässä on vuoto. Ainakin yksi jarrujärjestelmistä on suunniteltava turvallisen vikaantumisen periaatteiden mukaisesti standardissa EN ISO 1200:2010 mainitulla tavalla. Jarrujen toimintaviive ei saa ylittää kahta (2) sekuntia. Seisontajarru on suunniteltava siten, että tahaton vapautuminen ei ole mahdollista, esimerkiksi käyttämällä lukituslaitetta. Vain

mäntäpolttomootoreita, jotka täyttävät standardin EN 1679-1 saa käyttää kaivoksissa. Moottorin on täytettävä direktiivissä 2004/26/EY määritetyt päästövaatimukset ja sen pakokaasut on ohjattava siten, että ne eivät kulkeudu ohjaamoon tai miehistön kuljetustilaan. (EN 1889-1.)

Ohjainlaitteet tulee sijoitella standardin EN ISO 6682 mukaisesti ja mittojen tulee olla standardin EN 547-3 mukaiset. Itse ohjauslaitteiston tulee olla standardin ISO 5010 mukainen. Ohjaimet, joiden tahaton aktivointi voi aiheuttaa vaaraa tulee sijoittaa, kytkeä pois päältä tai suojata siten, että niistä aiheutuva vaara on mahdollisimman pieni. Mikäli ajoneuvossa on enemmän kuin yksi ohjauspaikka, tulee paikkojen hallintalaitteiden olla identtisesti sijoitettuna. (EN 1889-1.)

Ajoneuvossa pitää olla tila turvalaitteille, kuten kypärälampulle ja selviytymispaketeille. Ajoneuvossa hätäuloskäynti pitää olla eri puolella ajoneuvoa kuin normaali kulkuaukko. Ovien on pysyttävä auki ja kiinni asennossa ja tahaton avautuminen tulee estää. Ovien lukkojen käyttäminen pitää olla mahdollista sekä sisä- että ulkopuolelta. Ajoneuvossa käytettävien lasien pitää olla turvalasia tai materiaalia, joka takaa saman turvallisuustason. (EN 1889-1.)

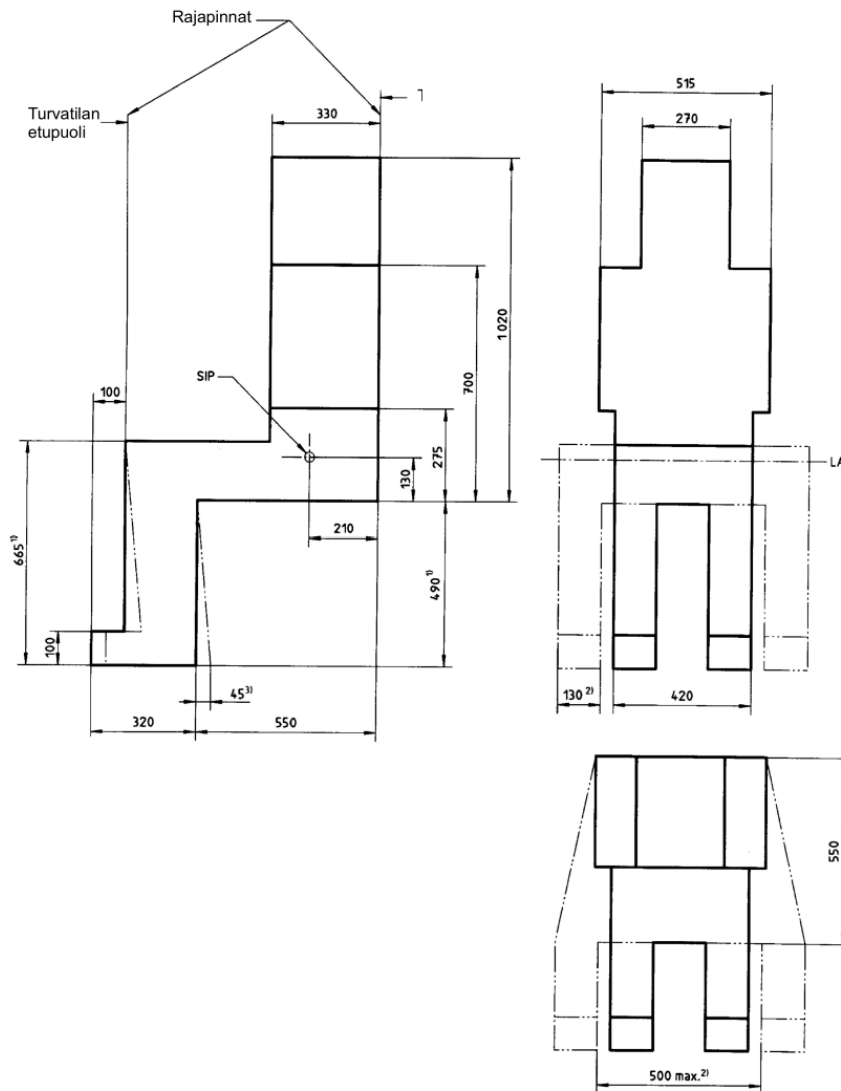
Kuljettajan paikan vaatimukset perustuvat standardiin EN ISO 3411. Sisätiloissa ei saa olla teräviä reunoja ja kulmia, jotka voivat aiheuttaa vahinkoa matkustajille. Istuimet on varustettava sopivalla turvajärjestelmällä standardin EN ISO 6683 mukaisesti riippuen ajoneuvon maksiminopeudesta. Jousitus on suunniteltava siten, ettei sen vaurioituessa rengas ota kiinni ajoneuvon runkoon. Komponentit kuten polttoainesäiliö, polttoainelinja, kaapelit, jotka voivat syttyä ajoneuvon tuottamasta lämmöstä on sijoitettava ja suojattava palovaaran välttämiseksi. Komponenttien pitää lisäksi olla paloedistämättömiä. Pakoputkisto on suunniteltava siten, että sen osat eivät voi sytyttää polttoainejärjestelmää, hydraulijärjestelmää tai ajoneuvon renkaita. Jarrujärjestelmä on suunniteltava ja sijoitettava siten, että sen osat eivät voi sytyttää polttoainejärjestelmää, hydraulijärjestelmää tai ajoneuvon renkaita. (EN 1889-1.)

Ajoneuvossa on olla riittävä määrä sammutuskalustoa palokuorman nähden. Moottoritehon ylittäessä 65 kW pitää ajoneuvossa olla sammutusjärjestelmä, joka on pystyttävä ottamaan käyttöön ohjaamosta käsin. Sammutusjärjestelmän pitää suojata dieselmoottoria ja muita palonarkoja järjestelmiä, kuten voimansiirto- ja hydraulijärjestelmä. Moottorin on sammuttava automaattisesti automaattisen sammutusjärjestelmän kytkeytyessä päälle. (EN 1889-1.)

Koneet on suunniteltava ja rakennettava siten, että rutiinivoitelu ja huoltotoimenpiteet voidaan suorittaa turvallisesti, mahdollisuuksien mukaan moottori pysäytettynä maasta käsin. Huoltoa vaativien komponenttien on oltava helposti luoksepäästävässä ja vaihdettavissa. Huoltotarkoituksiin suunniteltujen aukkojen pitää olla standardin EN ISO 2860 mukaisia. (EN 1889-1.)

### 3.3.1 Operaattorin tilanvaraus, turvatila

Standardi SFS-EN ISO 3164 määrittää maansiirtokoneiden käyttäjää suojaavien suojarakenteiden turvatilan (DLV), jota käytetään suojarakenteiden laboratorioarvioinneissa. Turvatila on sijoitettava standardissa ISO 5353 määriteltyä istuimen mittapistettä (SIP) vertailukohtana käyttäen. Turvatila (DLV) on sijoitettava siten, että kuvassa 10 esitettävä perusakseli (LA) kulkee istuimen mittapisteen (SIP) kautta. Turvatila on keskitettävä poikittaissuunnassa istuimelle siten, että sen pääakselit ovat vaaka- ja pystysuuntaisesti. (SFS-EN ISO 3164.)



KUVA 10. Turvatilamalli (SFS-EN ISO 3164)

Kuvassa 10 esitetyt mitat ovat millimetreinä. Mittojen toleranssi on  $\pm 5$  mm. Mitoitukseen voidaan tehdä seuraavia muutoksia tarpeen vaatiessa (SFS-EN ISO 3164):

- 1) Mittaa 665 mm voidaan pienentää lattian levyrakenteiden sijainnin mukauttamiseksi.
- 2) Koneen osat tai hallintaelimet voivat aiheuttaa jalkojen erottumisen. Vähimmäisvaatimuksena on molemmilla puolilla ylläpidettävä standardin ISO 3411 mukainen puristumisen estävä tila säärille ja jaloille.
- 3) Jalat voivat liikkua 45 mm taaksepäin.

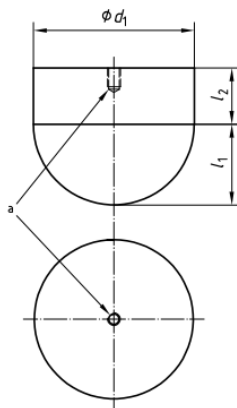


## 3.3.2 FOPS

Standardi EN ISO 3449 Earth-moving machinery — Falling-object protective structures — Laboratory tests and performance requirements määrittelee testit, jotka suojarakenteiden on läpäistävä putoavien objektien osalta. Testit ovat materiaalia rikkovia ja testin jälkeen testattavissa rakenteissa on pysyviä muodonmuutoksia. On olemassa kahden tasoisia testikriteereitä riippuen laitteen loppukäytöstä.

Taso 1: Testaa rakenteen suojausvaikutusta pieniä putoavia objekteja vastaan. Näitä ovat esimerkiksi tiilet, pienet betonin palat ja käsityökalut. Tällaisia objekteja käytetään yleisesti teiden huollossa, maisemoinnissa ja muissa työmailla tapahtuvissa työtehtävissä.

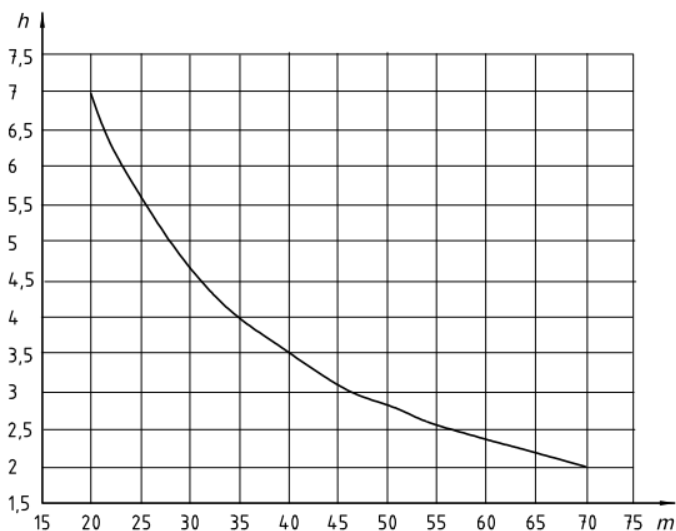
Testissä pudotetaan rakenteen päälle osumakohdastaan pyöreä objekti, joka on esitetty kuvassa 11. Objektin massa on valinnainen, mutta tyypillisesti 45 kg. Objekti pudotetaan sellaiselta korkeudelta, että se saavuttaa ennen osumahetkeä 1365 J:n energian. (ISO 3449:2005.)



KUVA 11. Tason 1 testiobjekti (ISO 3449:2005)

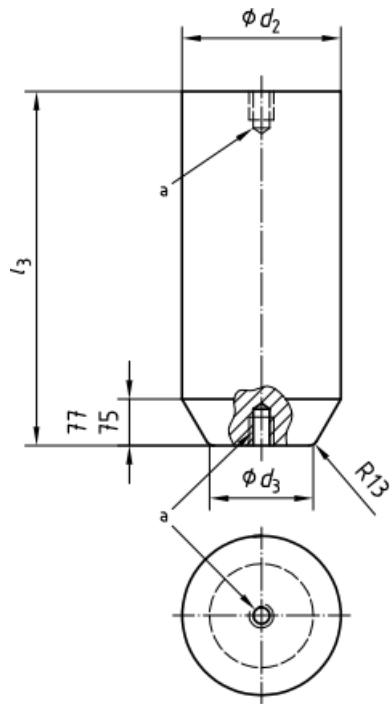
Pudotuskorkeus määräytyy objektin massan mukaan kuvan 12 mukaisesti. Esimerkiksi 45 kg:n kapale pudotettuna 3,1m:n korkeudelta vastaa 1365 J:n energiamäärää:

$$45 \text{ kg} \times 9,807 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 3,1 \text{ m} = 1365 \text{ J}$$



KUVA 12. Pudotuskorkeus massan funktiona (ISO 3449:2005)

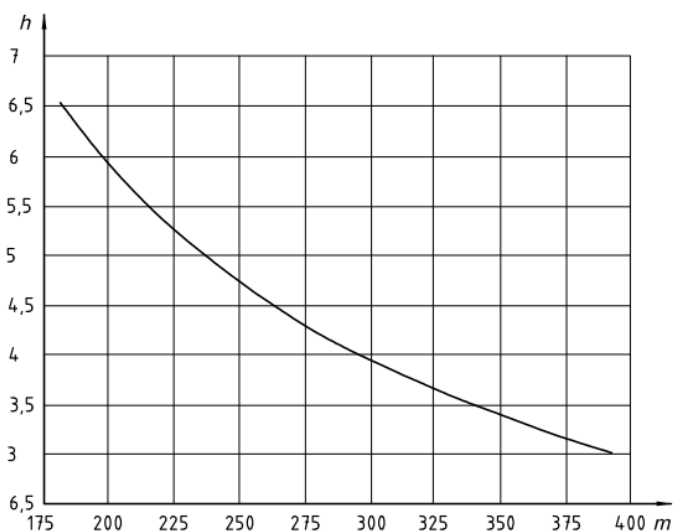
Taso 2: Testaa rakenteen suojausvaikutusta painavia putoavia objekteja vastaan. Näitä ovat esimerkiksi puut ja kivet, joita käytetään yleisesti työmaiden puhdistuksessa, yläpuolisien rakenteiden purkamisessa ja metsätaloudessa. Testissä pudotetaan rakenteen päälle sylinterimäinen objekti, joka on esitetty kuvassa 13. Objektin massa on valinnainen ja objekti pudotetaan sellaiselta korkeudelta, että se saavuttaa ennen osumahetkeä 11600 J:n energian. (ISO 3449:2005.)



KUVA 13. Tason 2 testiobjekti (ISO 3449:2005)

Pudotuskorkeus määräytyy objektin massan mukaan kuvan 14 mukaisesti. Esimerkiksi 227 kg:n kappale pudotettuna 5,22m:n korkeudelta vastaa 11600 J:n energiamäärää:

$$227 \text{ kg} \times 9,807 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 5,22 \text{ m} = 11600 \text{ J}$$



KUVA 14. Pudotuskorkeus massan funktiona (ISO 3449:2005)

Esimerkkinä käytettyjen kappaleiden 45 kg ja 227 kg mitat, jotka on esitetty kuvissa 11 ja 13.

- $d_1$  204 mm
- $d_2$  255 mm:stä 260 mm:iin
- $d_3$  203 mm:stä 204 mm:iin
- $l_1$  102 mm
- $l_2$  109 mm
- $l_2$  584 mm

#### Testin suoritus

- Objekti nostetaan tarvittavaan korkeuteen.
- Objekti vapautetaan niin, että se putoaa esteettömästi testattavan kohteen päälle.
- Tarkastetaan, onko rakenteita siirtynyt testin aikana turvatilan (DLV) määrittämään tilaan.

Suojarakenteen on kokonaisuudessaan peitettävä turvatilan (DLV) pystysuuntainen projektio. Testin aikana turvatilaan ei saa tunkeutua mikään suojarakenteen osa. Mikäli turvatilaan tunkeutuu tai testin aikana käy jokin suojarakenteen osa, katsotaan testi hylätyksi. Mikäli rakenteelle tehdään sekä ROPS- että FOPS-testit, niin FOPS-testi tehdään ensimmäisenä. (ISO 3449:2005.)

## 3.3.3 ROPS

Määräykset perustuvat standardiin EN ISO 3471 Earth moving machinery — Roll-over protective structures — Laboratory tests and performance requirements. Tämä kansainvälinen standardi koskee niitä liikkuvia ajoneuvoja, jotka on määritelty standardissa ISO 6165 ja joissa operaattorille on istuin sekä joiden massa on yhtä suuri tai suurempi kuin 700 kg. Standardi ei koske lisäistuimia, eikä istuimia jotka on tarkoitettu koulutusta varten. (EN ISO 3471.)

Testattava rakenne on kiinnitettävä testipenkkiin kuten se olisi kiinni ajoneuvossa. Testiin ei tarvita koko ajoneuvoa, mutta testattavan rakenteen on vastattava rakenteeltaan testattavaa kokonaisuutta. Testin vaatimukset ovat voimankestävyys sivu-, pysty- ja pituussuunnassa sekä energianvaimennus poikittaissuunnassa. Taulukossa 1 on esitetty kaavat, joilla testissä käytettävät voimat ja energia lasketaan pyörillä kulkeville laitteille. Standardissa on määritelty 8 erityyppistä laitetta, joille jokaiselle on omat kaavansa. (EN ISO 3471.)

TAULUKKO 1. Voima ja energia kaavat (EN ISO 3471)

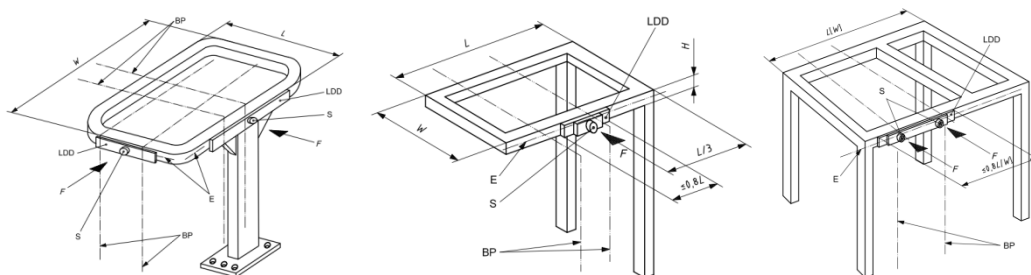
Koneen massa	Sivusuuntainen voima	Sivusuuntainen energia	Pystysuuntainen voima	Pitkittäissuuntainen voima
M	F	U	F	F
Kg	N	N	N	N
$700 < m \leq 10\,000$	6 m	$12\,500(m/10\,000)^{1,25}$	19.61 m	4.8 m
$10\,000 < m \leq 128\,600$	$60\,000(m/10\,000)^{1,2}$	$12\,500(m/10\,000)^{1,25}$	19.61 m	$48\,000(m/10\,000)^{1,2}$

Taulukossa 2 on esitetty testissä käytettävät voimat ja energiat 10000 kg ja 15000 kg massaisille laitteille. Nämä massat valikoituivat esimerkeiksi siksi, että kevyemmän koneen yläraja on 10000 kg ja 15000 kg on kohtuullinen massa nivelohjatulle laitteelle. Henkilönkuljetuslaitteen oman massan tulisi olla mahdollisimman pieni, joten painavampia laitteita ei otettu mukaan tutkimukseen.

TAULUKKO 2. Testissä tarvittavat voimat ja energiat (EN ISO 3471)

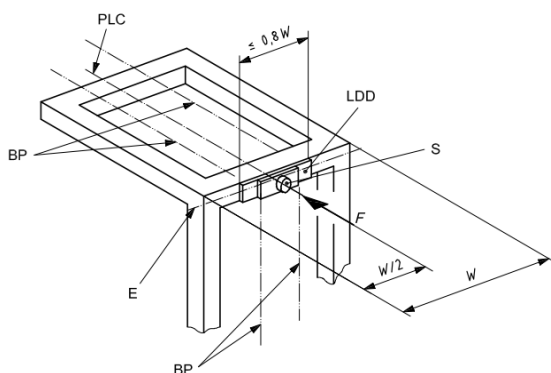
Koneen massa	Sivusuuntainen voima	Sivusuuntainen energia	Pystysuuntainen voima	Pitkittäissuuntainen voima
m	F	U	F	F
kg	N	N	N	N
10 000	60 000	12 500	196 100	48 000
15 000	97 602	20 750	294 150	78 082

Kuvassa 15 on esitetty sivuttaissuuntaisen voiman paikka yksi-, kaksi- ja neljäpilarisessa rakenteessa. Voima ( $F$ ) kohdistetaan testattavaan rakenteeseen kiinnityspisteen ( $S$ ) kautta. Kiinnityspisteen alle on lisätty rakenne ( $LDD$ ), jota käytetään tasoittamaan ROPS-rakenteeseen kohdistuvaa pisteistä kuormitusta ( $F$ ). (EN ISO 3471.)



KUVA 15. Sivuttaissuuntaisen voiman paikka yksi-, kaksi- ja neljäpilarisessa rakenteessa (EN ISO 3471)

Kuvassa 16 on esitetty pitkittäissuuntaisen voiman sijoittuminen testattavaan rakenteeseen.



KUVA 16. Pitkittäissuuntaisen voiman paikka (EN ISO 3471)

Testin suorittamisen aikana rakenteeseen ei saa tehdä korjaavia toimenpiteitä. Testissä käytettävät voimat kohdistetaan ennalta määriteltyihin pisteisiin. Testi on kolmevaiheinen, jossa kuormitukset kohdistetaan järjestyksessä vaakasuuntainen kuormitus, pystysuuntainen kuormitus ja viimeisenä pitkittäissuuntainen kuormitus. (EN ISO 3471.)

### 3.4 Ergonomia

Ergonomia tarkoittaa työpisteen rakenteiden, työvälineiden, kalusteiden ja työmenetelmien kehittämistä ihmisten ominaisuuksien, toimintojen ja kykyjen mukaisiksi. Näitä on tarkasteltava kokonaisuutena ottaen huomioon työntekijöiden yksilölliset ominaisuudet. Tavoitteena on, että työ voidaan tehdä aiheuttamatta työntekijän terveydelle haitallista tai vaarallista kuormitusta tai tapaturman vaaraa. Tuki- ja liikuntaelinten liiallista kuormitusta voivat aiheuttaa toistotyö, yksipuoliset työliikkeet, raskaat nostot, huonot työasennot ja työliikkeet. Seurauksena on usein tuki- ja liikuntaelinten liiallista kuormitusta ja sairauksia. (Työsuojeluhallinto.)

Ajoneuvojen ergonomiaan on alettu viimeisten vuosien aikana kiinnittämään enenevässä määrin huomiota. Kuljettajan työpisteen suunnittelussa on otettu huomioon pidentyneet käyttöajat sekä ny-

kyiset tiukentuneet vaatimukset kuljettajan hyvinvoinnin säilymiseksi. Ajoneuvon siirtämisen lisäksi on keskitytty laitteen yleisen käytettävyyden parantamiseen koskien ajoneuvon suorittamaa prosessia. Ergonomia käsitteenä kattaa laitteen käyttäjän toiminnot istuimesta ajoneuvon jousitukseen, hallintalaitteisiin ja huoltoon. (Työsuojeluhallinto.)

Ergonomiastandardeja on useilta eri alueilta. Osa standardeista määrittelee lopputuotteen vaatimuksia, osa puuttuu myös suunnitteluprosessiin, jolla lopputuotteen ergonominen laatu parhaiten varmistetaan. Ergonomiastandardit täydentävät koneturvallisuuden C-tyyppin standardeja, joissa ergonomisia näkökohtia ei välttämättä ole riittävästi huomioitu. Suunnitteluprosessia on esitelty kuvassa 17. (Ergonomian ja käytettävyyden standardit 2011.)

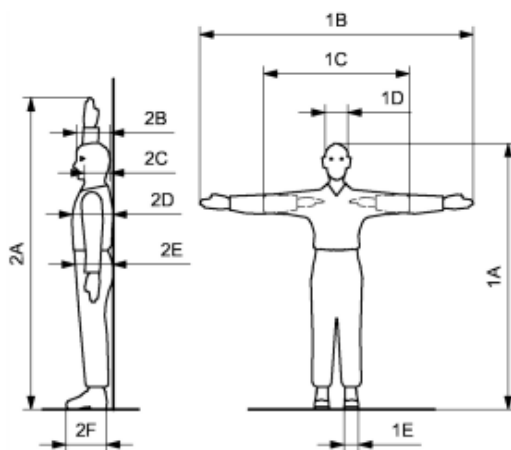


KUVA 17. Ergonomia suunnitteluprosessissa (Ergonomian ja käytettävyyden standardit 2011)

Standardi Earth-moving machinery — Physical dimensions of operators and minimum operator space envelope (EN ISO 3411:2007) määrittelee standardin ISO 6165 määrittelemien maansiirtokoneiden käyttäjien mitat sekä määrittää käyttäjän normaalin vähimmäistilan käyttäjää ympäröiville kotelarakenteille. Tässä kansainvälisessä standardissa esitettävät käyttäjien mitat on johdettu USA:n (CEASAR Data), Euroopan (ISO 15534-3:2000) ja Aasian (Kiina, Japani, Korea, Thaimaa) miehiä ja naisia koskevasta tiedosta. Aasian miehiä koskevien tietojen on huomattu olevan 5. ja 95. prosenttipisteen välillä yhdistetyistä USA:n ja Euroopan tiedoista. Täten USA:ta ja Eurooppaa edustaville käyttäjäryhmille käyttäjien mittatiedot perustuvat näitä kahta aluetta koskevaan tietoon. Jotta aasialaisten naispuolisten käyttäjien mahdollinen lisääntyminen voidaan ottaa huomioon, säilytettiin standardin ISO 3411:1995 pienikokoista käyttäjää koskevat mitat ja niitä käytetään USA:n ja Euroopan tiedoista peräisin olevien suurempien mittojen sijasta. (EN ISO 3411:2007.)

Kuvissa 18 ja 19 esitetään seisovien ja istuvien käyttäjien fyysisten mittojen vaihteluvälit. Kuvassa 20 esitetään ihmismallin mittojen johdetut vaihteluvälit. Mittoihin sisältyy kengistä tai saappaista johdettu korkeussuuntainen 25 mm lisämitta. Muun vaatetuksen vaikutus on merkityksetöntä näihin mittoihin. Kaikki mitat ovat pystyyn ojentautuneessa asennossa olevan käyttäjän mittoja. Työskentely-

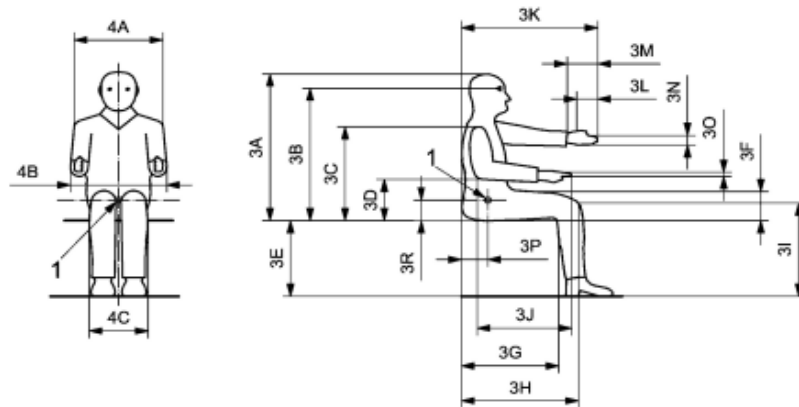
asento on tyypillisesti rento ja mitat ovat tämän vuoksi hiukan pienempiä: kehon pituus (1A) ja käsivarren ulottuvuus ylös (2A) pienenevät tällöin noin 15 mm, kun taas istumakorkeus (3A) ja silmän korkeus istuen (3B) pienenevät tällöin noin 25 mm. Joillakin alueilla maailmassa yli 5 % käyttäjistä on säären pituus vähemmän kuin mikä on pienikokoisia käyttäjiä koskeva arvo. Näille alueille sopeutumiseksi saatetaan tarvita erityistoimenpiteitä. (EN ISO 3411:2007.)



Tunnus	Nimitys	Mitat		
		mm		
		Pienikokoinen käyttäjä	Keskikokoinen käyttäjä	Suurikokoinen käyttäjä
1A	Seisomapituus (kengät jalassa) <sup>a</sup>	1 550	1 730	1 905
1B	Käsivarsien välinen ulottuvuus <sup>c</sup>	1 585	1 765	1 942
1C	Käsivarsien välinen ulottuvuus <sup>c</sup> (kynärpäät taivutettuna)	850	958	1 060
1D	Pään leveys <sup>b</sup>	140	151	163
1E	Jalan leveys (kenkä jalassa)	95	125	139
2A	Käsivarren ulottuvuus ylös (sormenpäihin) <sup>c</sup>	1 900	2 118	2 325
2B	Pään pituus	170	194	210
2C	Silmä-selkä -etäisyys <sup>c</sup>	170	194	210
2D	Rintakehän syvyys <sup>c</sup>	210	247	280
2E	Vatsan syvyys <sup>c</sup>	210	257	300
2F	Jalan pituus (kenkä jalassa)	250	276	311
HUOM. Näiden sarakkeiden mitta-arvot edustavat maailman väestön koon mitattua vaihtelualuetta. Pienikokoinen on noin 5. prosenttipisteen mitta, keskikokoinen on noin 50. prosenttipisteen mitta, ja suurikokoinen on noin 95. prosenttipisteen mitta. Pienikokoisen käyttäjän massa = 51,9 kg, keskikokoisen käyttäjän massa = 74,4 kg, suurikokoisen käyttäjän massa = 114,1 kg.				
<sup>a</sup> Lisää tarvittaessa noin 50 mm suojakypärää varten.				
<sup>b</sup> Pään leveyden mitat eivät sisällä korvia.				
<sup>c</sup> Mitta-arvot on johdettu suhteellista skaalausta käyttäen.				

KUVA 18. Seisovalle käyttäjälle johdetut mitat (EN ISO 3411:2007)

Käyttäjän vähimmäistila on käyttäjää ympäröivän kotelorakenteen sisämitoitus. Käyttäjää ympäröivän kotelorakenteen (esimerkiksi hytti, ROPS, FOPS) vähimmäistila esitetään istuvalle käyttäjälle kuvassa 19 ja seisovalle käyttäjälle kuvassa 18. Mitat ilmaistaan standardissa ISO 5353 esitettävän istuimen mittapisteen (SIP) suhteen. Tilavaipan ääriiviivat eivät tarkoita ympäröivän kotelon muotoa. Tämä muoto voi olla esitettävän suhteen erilainen, mikäli vähimmäismitat täyttyvät. Kuljettajan vähimmäistila perustuu kuvissa 18, 19 ja 20 esitettävän suurikokoisen käyttäjän mittoihin ja se mitataan suhteessa sisätilan pintoihin niin, että käyttäjää ympäröivään kotelorakenteeseen ei synny näkyviä muodonmuutoksia. (EN ISO 3411:2007.)



Tunnus	Nimitys	Mitat		
		mm		
		Pienikokoinen käyttäjä	Keskikokoinen käyttäjä	Suurikokoinen käyttäjä
3A	Istumapituus <sup>a</sup>	800	894	976
3B	Silmän korkeus istuen	690	780	858
3C	Olkapään korkeus istuen	530	585	651
3D	Kyynärpään korkeus istuen	200	239	285
3E	Vaakaasuuntaisen istuinpinnan korkeus <sup>c</sup>	400	449	495
3F	Reisitila <sup>c</sup>	120	146	170
3G	Pakara-polvitaive -etäisyys <sup>c</sup>	420	474	525
3H	Pakara-polvi -etäisyys	530	601	670
3I	Polven korkeus istuen (kengät jalassa)	500	558	627
3J	Kyynärvarsi-sormenpää -etäisyys <sup>c</sup>	410	464	515
3K	Käsivarren ulottuvuus eteenpäin <sup>c</sup>	750	832	909
3L	Ohjausotteen aiheuttama vähennys <sup>c</sup>	-65	-73	-80
3M	Käden pituus	170	190	207
3N	Käden leveys <sup>b, c</sup>	80	87	96
3O	Käden paksuus <sup>c, d</sup>	25	30	35
3P	Istuimen mittapisteen (SIP) pituussuuntainen etäisyys	113	125	137
3R	Istuimen mittapisteen (SIP) korkeus	80	88	97
4A	Hartian (hartialihasten välinen) leveys	380	450	514
4B	Kyynärpäiden välinen leveys <sup>c</sup>	385	454	521
4C	Lantion leveys istuen	320	378	456

<sup>1</sup> istuimen mittapiste (SIP)

HUOM. Näiden sarakkeiden mita-arvot edustavat maailman väestön koon mitattua vaihtelualuetta. Pienikokoinen on noin 5. prosenttipisteen mita, keskikokoinen on noin 50. prosenttipisteen mita, ja suurikokoinen on noin 95. prosenttipisteen mita. Pienikokoisen käyttäjän massa = 51,9 kg, keskikokoisen käyttäjän massa = 74,4 kg, suurikokoisen käyttäjän massa = 114,1 kg.

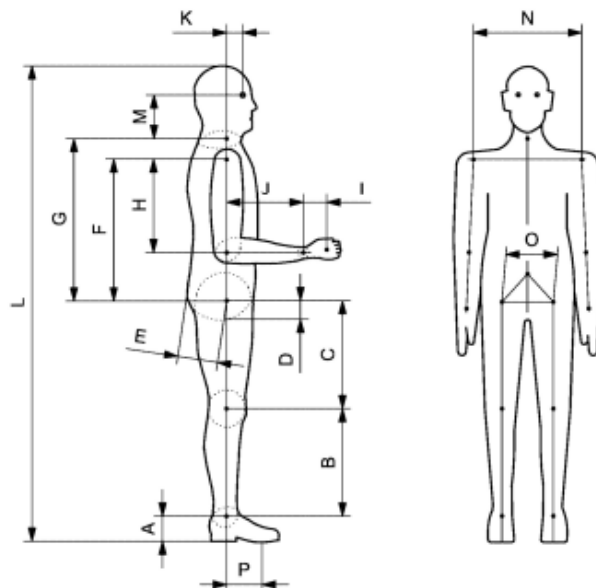
<sup>a</sup> Lisää tarvittaessa noin 50 mm suojakypärää varten.  
<sup>b</sup> Käden leveys -mitta ei sisällä peukaloa.  
<sup>c</sup> Mitta-arvo on johdettu suhteellista skaalausta käyttäen.  
<sup>d</sup> Käden paksuus -mitta on paksuus sormien tyven kohdalla eikä kämmenen paksuus.

KUVA 19. Istuvalle käyttäjälle johdetut mitat (EN ISO 3411:2007)

Käyttäjä voi olla sivussa tilavaipan pituussuuntaisesta keskilinjasta, jotta koneen sivuille voidaan nähdä suoraan, edellyttäen, että istuimen mittapistestä (SIP) mitattu vähimmäissisäetäisyys kotelorakenteen yläosan sivulle on vähintään 325 mm. Joissain tietyissä konetyypeissä (esim. tiivistyskoneissa) saattaa olla välttämätöntä käyttää pienempää kuin standardissa EN ISO 3411:2007 suositeltua käyttäjän vähimmäistilaa. Näissä koneissa käyttäjän vähimmäistilan sisäleveys voidaan pienen-



tää korkeintaan arvoon 650 mm. Tällaisessa tapauksessa on hallintaelimet sijoitettava erityisen harkiten, jotta käyttäjän toimet ja mukavuus voidaan varmistaa. Kun käyttäjä ohjaamiseen tarkoitettuja hallintaelimiä käyttäessään nojautuu normaalisti eteenpäin (esim. pienkaivukoneilla) tai kun välittömästi koneen taakse tarvitaan näkyvyyttä (esim. pienet puskutraktorit), voidaan vähimmäisetäisyyttä (R3) käyttäjää ympäröivän rakenteen takaosaan vähentää arvoon 250 mm + puolet istuimen pitkittäissuuntaisesta säätövarasta. (EN ISO 3411:2007.)



Tunnus	Nimitys	Mitat		
		mm		
		Pienikokoinen käyttäjä	Keskikokoinen käyttäjä	Suurikokoinen käyttäjä
A	Niikan korkeus (kenkä jalassa)	98	107	120
B	Säären pituus	367	405	450
C	Reiden pituus	372	425	475
D	Lantiopisteen etäisyys pakarasta (pystysuunnassa) <sup>a, b</sup>	80	88	97
E	Lantiopisteen etäisyys pakarasta (etu-takasuuntaisesti) <sup>b</sup>	113	125	137
F	Vartalon pituus	396	442	486
G	Lantiopisteen etäisyys niskaniveleen <sup>a, b</sup>	481	538	591
H	Olkavarren pituus <sup>b</sup>	247	276	303
I	Ranteesta ohjausotteeseen <sup>b</sup>	105	119	137
J	Kyynärvarren pituus	220	246	270
K	Silmästä kehon keskiakseliin <sup>b</sup>	71	79	87
L	Seisomapituus (kengät jalassa)	1 550	1 730	1 905
M	Silmien tasolta niskaniveleen <sup>b</sup>	133	149	164
N	Hartianivelten etäisyys <sup>b</sup>	310	349	382
O	Lantionivelten etäisyys <sup>b</sup>	152	170	187
P	Niikasta polkimen vaikutuskohtaan <sup>b</sup>	124	138	152

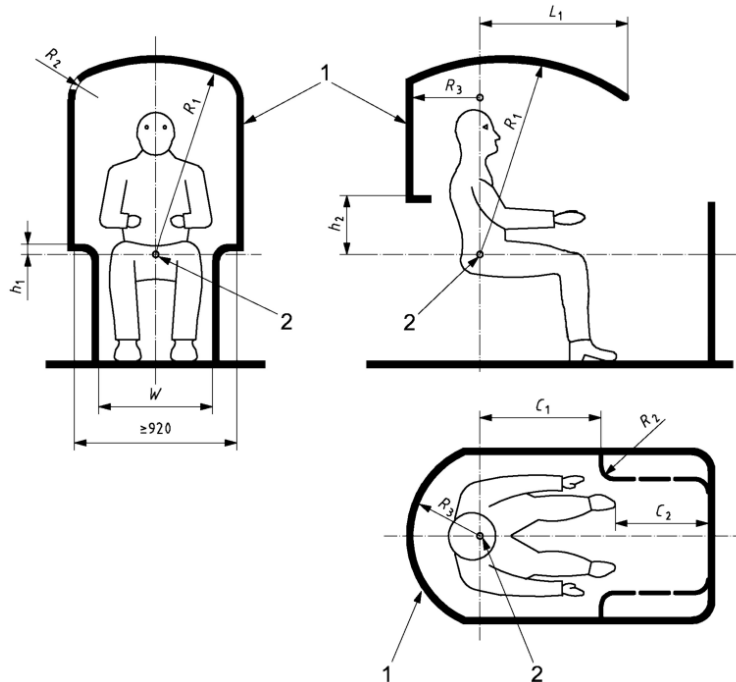
<sup>a</sup> Istuvassa asennossa olevalle käyttäjälle.  
<sup>b</sup> Mitta-arvo on johdettu suhteellista skaalausta käyttäen.

KUVA 20. Ihmismallin mitat (EN ISO 3411:2007)

Käyttäjää ympäröivän kotelorakenteen vähimmäiskorkeudeksi istuimen mittapisteestä (SIP) edellytetään 1 050 mm, jotta kone voidaan varustaa yleisesti käytetyillä istuimilla ja jotta kuljettajan käyttämälle suojakypärälle saadaan tilaa. Kuljettajaa ympäröivän rakenteen korkeutta voidaan pienentää arvoon 1 000 mm koneilla, joita käytetään sovelluksiin, joissa suojakypärää ei tarvita kotelorakenteen sisällä. (EN ISO 3411:2007.)

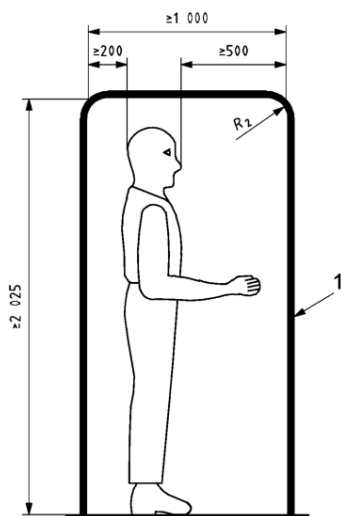
Kotelorakenteen korkeutta voidaan mukauttaa myös seuraavissa standardin ISO 11112 määrittelemissä istuinkokoonpanoissa (EN ISO 3411:2007):

- A. 40 mm vähennys ilman istuimen pystysuuntaista jousitusta
- B. 40 mm vähennys ilman istuimen korkeussuuntaista säätöä
- C. suhteellinen vähennys istuimen selkänöjan kulman ollessa suurempi kuin  $15^\circ$



KUVA 21. Käyttäjää ympäröivän kotelorakenteen vähimmäistilan normaalit sisämitat — Istuva käyttäjä (EN ISO 3411:2007)

Kuvassa 21 esitetyt leveysuuntaiset mitat ovat symmetrisiä. Kuvassa 23 on esitetty muut kuvassa esitettyjen mittojen arvot. Kuvassa 21 ja 21 numerolla 1 on merkitty sisäpuolinen tilavaippa (ISE). Numerolla 2 on merkitty istuimen mittapiste (SIP).



KUVA 22. Käyttäjää ympäröivän kotelorakenteen vähimmäistilan normaalit sisämitat — Seisova käyttäjä (EN ISO 3411:2007)

Seisovan käyttäjän tarvitsemat rakenteen leveysuuntaiset mitat ja hallintalaitteita varten tarvittava vapaa tila ovat samoja kuin istuvalle käyttäjälle määritetyt mitat.

Tunnus	Nimitys	Arvo
		mm
$R_1$	Istuimen mittapisteen (SIP) ja kotelorakenteen katon välinen etäisyys sivusuuntaisessa tasossa: — kun käyttäjällä on suojakypärä ja istuin on jousitettu ja säädettävä — kun käyttäjällä ei ole suojakypärää ja istuin on jousitettu ja säädettävä	a
		$\geq 1\ 050$
		$\geq 1\ 000$
$R_2$	Kotelorakenteen kunkin sisäseinän leikkauskohdan sekä katon ja sisäseinän leikkauskohdan pyöristyssäde	$\leq 250$
$R_3$	Etäisyys taaksepäin	b
$L_1$	Istuimen mittapisteen (SIP) ja kotelorakenteen välinen vaakasuora etäisyys, jolla mitan $R_1$ arvo pidetään	$\geq 500$
$h_1$	Istuimen mittapisteen (SIP) ja kotelorakenteen ylemmän sivuseinän alapään välinen pystysuora etäisyys	$\leq 150$
$h_2$	Istuimen mittapisteen (SIP) ja kotelorakenteen ylemmän takaseinän alapään välinen pystysuora etäisyys	c
$W$	Leveys jalkatilassa	$\geq 560$
$C_1$	Kyynärvarsien/käsien vapaa tila kotelorakenteen yläpuolisissa osissa	$\geq 500$
$C_2$	Kotelorakenteen ja poljinta tai jalkakäyttöistä hallintaelintä käyttävän jalkineen välinen vapaa tila missä tahansa asennossa	$\geq 30$

<sup>a</sup> Etäisyyden istuimen mittapisteestä (SIP) käyttäjän pään yläpuolella olevaan sisään avattuun ikkunaan on oltava vähintään 920 mm.  
<sup>b</sup> Vähintään  $b + 400$  mm, jossa  $b$  on puolet istuimen pitkäsuuntaisesta säätövarasta; ks. kohta 5.2.5.  
<sup>c</sup> Tämä mitta saa olla enintään pystysuora etäisyys istuimen mittapisteestä (SIP) istuimen selkänojan yläreunaan istuimen ollessa säädettynä alimpaan asentoon.

KUVA 23. Kuvissa 21 ja 22 käytetyt mitat (EN ISO 3411:2007)

### 3.4.1 Jousitus

Tärinä on kiinteässä kappaleessa etenevää värähtelyä, joka välittyy ihmisen koko kehoon tai pelkätään käsiin. Tärinän voimakkuutena ilmoitetaan kiihtyvyyttä tai desibeliä. Tärinätaajuuden yksikkönä on hertsi. Koko kehon tärinä välittyy ihmiseen työkoneesta joko seisonta-alustan tai istuimen välityksellä. Koneista aiheutuvaa tärinää merkityksellisempää on alustan epätasaisuudesta ja kaltevuudesta johtuva erittäin pientaajuinen tärinä ja heilahtelu. Koko kehoon kohdistuvalla tärinällä on suoria mekaanisia ja epäsuoria hermostovälitteisiä vaikutuksia elimistöön. Kun ihminen seisoo tärisevällä pinnalla, tasapainon ylläpito häiriintyy, koska tärinä haittaa raajojen lihasten yhteistoimintaa. Työkoneen heilunta yhdessä tärinän kanssa on haitallista selälle, koska alustasta tulevat iskut kohdistuvat epäsymmetrisesti kuormittuneeseen välilevyyn. (Työturvallisuuskeskus.)

Ajoneuvon ohjaamon tärinä vaikuttaa kuljettajan koko kehoon sekä lisäksi näöntarkkuuteen, koordinaatiokykyyn ja yleiseen suorituskykyyn. Ajoneuvon rakenteen lisäksi tärinään vaikuttavat ajoradan laatu ja ajoneuvon kuormausaste. Tärinän haitallisuuteen vaikuttavat muun muassa tärinän taajuus ja voimakkuus, tärinätyön päivittäinen kesto, työn tauotus, työmenetelmät, työssä tarvittava voima ja sen suunta, käsivarren ja ruumiin asento sekä työkoneen tyyppi. Ajoneuvon tärinän vaimentaminen kuuluu ensisijaisesti suunnittelijalle ja valmistajalle. Tärinää voidaan vaimentaa esimerkiksi istuinten valinnalla sekä jousituksen ja vaimennuksen yhteen sovittamisella. (Työturvallisuuskeskus.)

Ajoneuvojen jousituksissa käytetään erilaisia mekaanisia ratkaisuja kuten lehti-, kierre-, ilma- tai hydraulisia jousia yhdistettyinä erilaisiin iskunvaimennin ratkaisuihin. Lehtijousi on perinteisin jousitusratkaisuja ja nykyisinkin vielä käytetyin raskaissa ajoneuvoissa. Kierrejousi syrjäytti lehtijousen henkilöautoissa ja muissa kevyemmissä ajoneuvoissa etuvetoisuuden ja siitä johtuvan monimutkaisemman jousitusrakenteen myötä. Lehtijousen tilalla raskaissa ajoneuvoissa on alettu yhä enenevässä määrin käyttää ilma- tai hydraulisia jousitusratkaisuja.

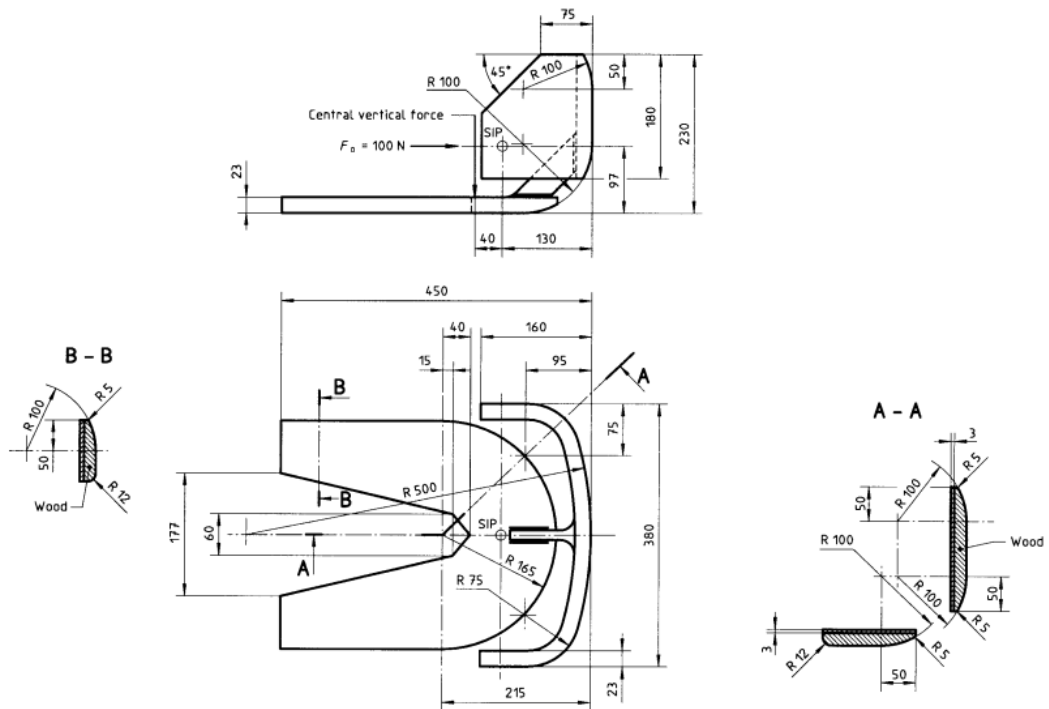
Lehtijousitus oli yleisin jousitusratkaisu vielä 1970-luvulle tultaessa. Raskaissa ajoneuvoissa lehtijousien etu on niiden kyky levittää kuorma suuremmalle alueelle runkoon, kun taas kierrejouset siirtävät kuorman yhteen pisteeseen. Lehtijousi on muuttunut ajan mittaan ja modernimmat ratkaisut perustuvat paraboliseen lehtijouseen. Tässä ratkaisussa lehtijousi sisältää vähemmän lehtiä ja näiden paksuus vaihtelee keskeltä päihin muodostaen parabolisen kaaren. Tällä pyritään vähentämään lehtien väliin muodostuvaa kitkaa. Akseli on kiinnitetty lehtijousen keskelle ja päistä jousi kiinnitetään runkoon. Lehtijousen lehtien välissä on välilevyjä, jotka estävät erillisiä levyjä koskettamasta toisiinsa. Painon säästön lisäksi parabolisten lehtijousien suurin etu on suurempi joustavuus, joka parantaa kulkuneuvon matkustusmukavuutta.

Kierrejousitus on yleisin jousitustyyppi henkilöautoissa ja muissa kevyissä kulkuneuvoissa. Kierrejousi on helppo valmistaa ja se vie huomattavasti vähemmän tilaa kuin lehtijousi. Kierrejousi ei kuitenkaan sovellu niin hyvin raskaisiin ajoneuvoihin kuin lehtijousi. Kierrejousia on kahta eri tyyppiä, lineaariset- ja progressiiviset kierrejouset. Lineaarinen kierrejousi perustuu jousivakioon, jonka ansiosta jousi puristuu kasaan kuormituksen kaksinkertaistuessa kaksi kertaa enemmän. Mikäli kuljetettava massa on 200 kg ja jousi puristuisi 2 cm, niin massan ollessa 400 kg jousi puristuisi 4 cm. Progressiivisen kierrejousen jäykkyys kasvaa jyrkästi niitä kuormitettaessa. Tällä ominaisuudella ajomukavuus saadaan hyväksi kaikissa olosuhteissa. Hitaissa nopeuksissa ja tasaisella tiellä jousi myötäilee pehmeästi epätasaisuuksia. Nopeuden ja epätasaisuuden kasvaessa jousi kuormittuu enemmän ja jousen jäykkyys kasvaa ja alustasta tulee jäykempi. Jousen progressiivisuus saadaan aikaan tekemällä siitä tynnyrimäinen tai kartiomainen.

Ilmajousien ja erilaisiin hydraulisiin jousitusratkaisuihin perustuvia jousituksia käytetään raskaiden ajoneuvojen jousituksissa. Kummassakin järjestelmässä painetta varastoidaan säiliöön, josta sitä käytetään joustoelementin täyttämiseen ja tyhjentämiseen. Ilmajousituksessa joustoelementti on ilmapalje. Palkeita on joko iskunvaimentimella varustettuja tai ilman. Palkeita on kahdenlaisia, makkarapalje ja rullapalje. Makkarapalje toimii myös kulma-asennuksessa aina 30 asteen asennuskulmaan asti. Rullapaljeelle suositeltu maksimi asennuskulma on 10 astetta. Hydraulisen järjestelmän joustoelementtinä toimii hydraulisylinteri. Sylinteri voidaan asentaa kaikenlaisiin asentoihin, joten sen asennuskulma ei ole määräävä tekijä. Standardin EN 1889-1:2011 mukaan ajoneuvon jousitus tulee olla suunniteltu siten, ettei sen vaurioituessa rengas ota kiinni ajoneuvon runkoon.

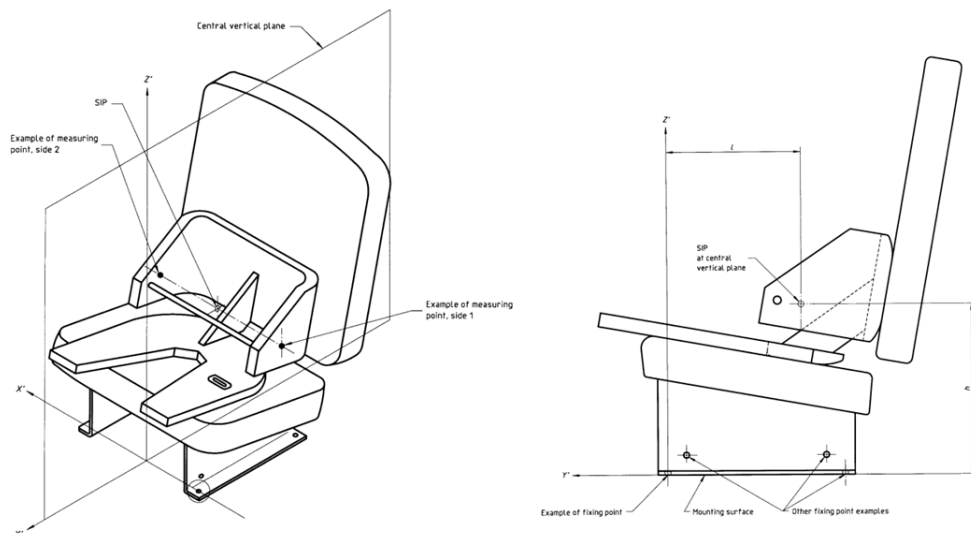
## 3.4.2 Istuimet

Standardi ISO 5353:1998 Earth-moving machinery, and tractors and machinery for agriculture and forestry — Seat index point määrittelee istuimen mittapisteen (SIP). Mittapiste määritellään jokaiselle istuimelle ja määrittämiseen käytetään kuvan 24 mukaista laitteistoa. Mittapistettä käytetään operaattorin turvatilan sijoittamiseksi. (ISO 5353:1998.)



KUVA 24. Istuimen mittapisteen määrittämiseen käytettävä laitteisto (ISO 5353:1998)

Mittapisteen määrittäminen tehdään huoneenlämmössä  $20^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$  ja aloitetaan säätämällä istuimen vaakasuuntainen säätö sekä kallistuksen säätö keskiasentoon. Mikäli istuinta ei ole mahdollista asettaa keskiasentoon, tulee käyttää lähintä asentoa siten, että istuin siirtyy ylös ja taaksepäin. Mikäli istuimessa on jousitus, tulee se lukita keskiasentoon. Kuvassa 25 on esitetty istuin varustettuna istuimen mittapisteen määrittämiseen käytettävällä laitteistolla.



KUVA 25. SIP sijoitettuna istuimelle (ISO 5353:1998)

### 3.4.3 Turvavyöt ja niiden kiinnitykset

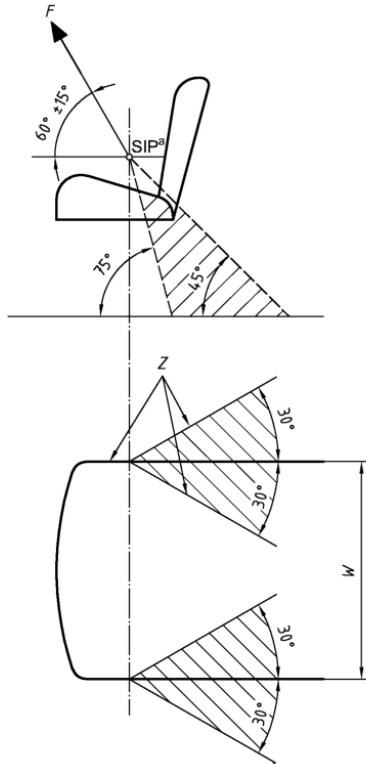
Standardissa EN ISO 6683 2008 Earth-moving machinery — Seat belts and seat belt anchorages — Performance requirements and tests asetetaan maansiirtokoneiden istuimien pidätinjärjestelmien, turvavöiden ja niiden kiinnityselimien (kiinnityspisteiden) suorituskyvyn vähimmäisvaatimukset. Standardi määrittää myös testit, jotta koneen käyttäjä tai ajaja saadaan pidettyä koneen kaatuessa ympäri turvaohjaamon (ROPS) sisällä tai koneen kaatuessa sivulle kaatumasuojarakenteen (TOPS) suojaamana. (EN ISO 6683:2008.)

Turvavyökokoonpanon komponenttien on oltava jommankumman SAE J386 tai UNECE R16:2000 mukaisia. Istuimen pidätinjärjestelmässä voi olla joko säädettävä turvavyökokoonpano tai säädettävä turvavyökokoonpano varustettuna automaattisella kiristimellä. Turvavyön vyökudoksen leveyden on oltava vähintään 46 mm. Vyön pituuden on oltava säädettävissä sopivaksi kaikille talvivaatteisiin pukeutuneille 5. ja 95. prosenttipisteen välissä oleville käyttäjille, jotka määritellään standardissa ISO 3411. Vyön kudoksen on oltava vähintään yhtä kestävää kuin mitä käsittelemätön polyesterikuitu on hankaavan kulutuksen, lämpötilan, heikkojen happojen ja emästen, homeen, vanhenemisen, kosteuden ja auringonvalon suhteen. Turvavyön kiinnityssolki on oltava avattavissa yhdellä rukkasen peittämällä kädellä ja yhdellä liikkeellä. Kiinnityssoljen on pysyttävä suljettuna, kunnes se avataan tarkoituksellisesti. Vyösilmukkaan kohdistuessa  $670 \pm 45$  N voima kiinnityssoljen avaamiseen tarvittavan voiman on oltava vähintään 10 N ja se ei saa ylittää arvoa 130 N. Kiinnityspisteiden on sallittava turvavyökokoonpanon helppo asennus tai uusiminen samalla, kun niiden on täytettävä myöhemmin esitettävät lujuusvaatimukset. Jos istuin ei ole kääntyvä tai sitä ei ole varustettu jousitusjärjestelmällä, turvavyökokoonpano on kiinnitettävä istuimeen tai itse koneen mihin tahansa rakenteisiin, jotka sijaitsevat kuvan 26 viivoitetulla alueella. (EN ISO 6683:2008.)

Asennetun pidätinjärjestelmän on täytettävä seuraavat vaatimukset, kun sitä kuormitetaan eteen- ja ylöspäin kohdistuvalla voimalla  $60^\circ \pm 15^\circ$  kulmassa vaakatasoon nähden ja kun voiman aikutussuora kulkee likimain istuimen mittapisteen (SIP) kautta (EN ISO 6683:2008).

- A. Kiinni olevan pidätinjärjestelmän on kestävä vähitellen kasvava voima F, joka on vähintään 15 000 N ja joka vaikuttaa vähintään 10 s ajan. Voima on saavutettava vähintään 30 s kuluessa.
- B. Turvavyökokoonpanon pituus ei saa kasvaa enempää kuin 20 %, kun vyötä kuormitetaan voimalla F.
- C. Turvavyöjärjestelmän osien tai ankkurointialueiden pysyvät muodonmuutokset ovat sallittuja voiman F vaikutuksesta. Tällöin ei kuitenkaan saa tapahtua vauriota, joka aiheuttaa pidätinjärjestelmän, istuinkokoonpanon tai istuimen säätömekanismin lukituksen irtoamisen.
- D. Turvavyön kiinnityssoljen kiinnityssoljen avaamiseen tarvittavan voiman on oltava vähintään 10 N ja se ei saa ylittää arvoa 130 N sen jälkeen, kun siihen on kohdistettu voima F.

Jos istuin on kääntyvä tai se on varustettu jousitusjärjestelmällä, turvavyökokoonpano on kiinnitettävä kiinnityspisteisiin, jotka sijaitsevat lähellä istuintyydyn takakulmia kuvaan 26 merkityillä viivoituilla alueilla(W) siten, että turvavyökokoonpano liikkuu istuintyydyn mukana kaiken aikaa. Turvavyökokoonpanoon kohdistuvat voimat(F) voidaan siirtää vyö-, vaijeri- tai muuntyyppisillä taipuisilla rakenteilla istuimen kiinnityspisteistä edelleen koneen runkoon. (EN ISO 6683:2008.)



KUVA 26. Turvavyön kiinnityspisteiden vyöhykkeet (EN ISO 6683:2008)

#### 3.4.4 Valaistus

Työkoneissa käytettävät valaisimet ovat muuttuneet vuosien varrella paljon. Aikaisemmin käytettiin hehkulankaan perustuvia valaisimia, jotka olivat isoja ja kokonsa nähden varsin tehottomia. Nykyisin LED-valaisimet ovat yleistyneet ja niitä käytetäänkin enenevässä määrin myös työkoneissa. LED-valaisimet ovat hehkulamppuun verrattuna erittäin pienikokoisia ja mekaanisesti kestäviä. LED-tekniikka kehittyi koko ajan ja sillä ei vielä nykyisin päästä Xenon-valaisimien tuottamaan valotehoon, joten suurempaa valotehoa tarvitsevilla kohteilla käytetään Xenon-valaisimia. Standardi EN 1837 Safety of machinery — Integral lighting of machines määrittelee parametrit kiinteissä- ja liikkuvissa ajoneuvoissa käytettäville kiinteille valaisimille. Standardin mukaan koneiden valaistuksen järjestämisessä on otettava huomioon ergonomiset ja valaistustekniset periaatteet. Standardin vaatimukset perustuvat keskivaikeisiin näkötyötehtäviin. (EN 1837:1999.)

Yleisesti pidetään työpisteellä riittävänä valaistusvoimakkuutena 500 luksia ja työpisteen välittömässä läheisyydessä 300 luksia. Kiinteillä valaisinjärjestelmillä on vältettävä suoraa häikäisyä sekä koneen kuljettajan että muiden lähialueilla työskentelevien työntekijöiden osalta. Valaistus on suunniteltava ja mukautettava siten, että siitä ei synny häiritseviä varjoja työpisteeseen. Valaistuksessa on myös vältettävä stroboskooppisten vaikutusten syntymistä, koska ne voivat johtaa vaaratilanteisiin muuttamalla koetun pyörivän- tai edestakaisen liikkeen suuntaa. Säädettävien valaisimien tulee olla

helposti säädettävissä varsinkin mikäli käyttäjä joutuu niitä säätämään työskentelyasennon muuttuessa. Valaisimet tulee valita siten, että niiden käytöstä ei aiheudu vaaraa koneen käyttäjälle. Standardissa on annettu valaisimille kuusi (6) kriteeriä suunnittelun ja asennuksen osalta (EN 1837:1999):

1. Valaisimen on annettava tarvittava valaistus työpisteelle
2. Minimoida kerääntyvän lian määrä valaisimessa ja sen optisilla pinoilla
3. Minimoida ennen aikainen optisten elementtien vanheneminen
4. Valaisimien on oltava helppoja huoltaa ja ennen kaikkea puhdistaa
5. Valaisimien on noudatettava standardia EN60598
6. Valaisimen on oltava yhteensopiva laitteen tärinöiden, säteilyn yms. mukaan

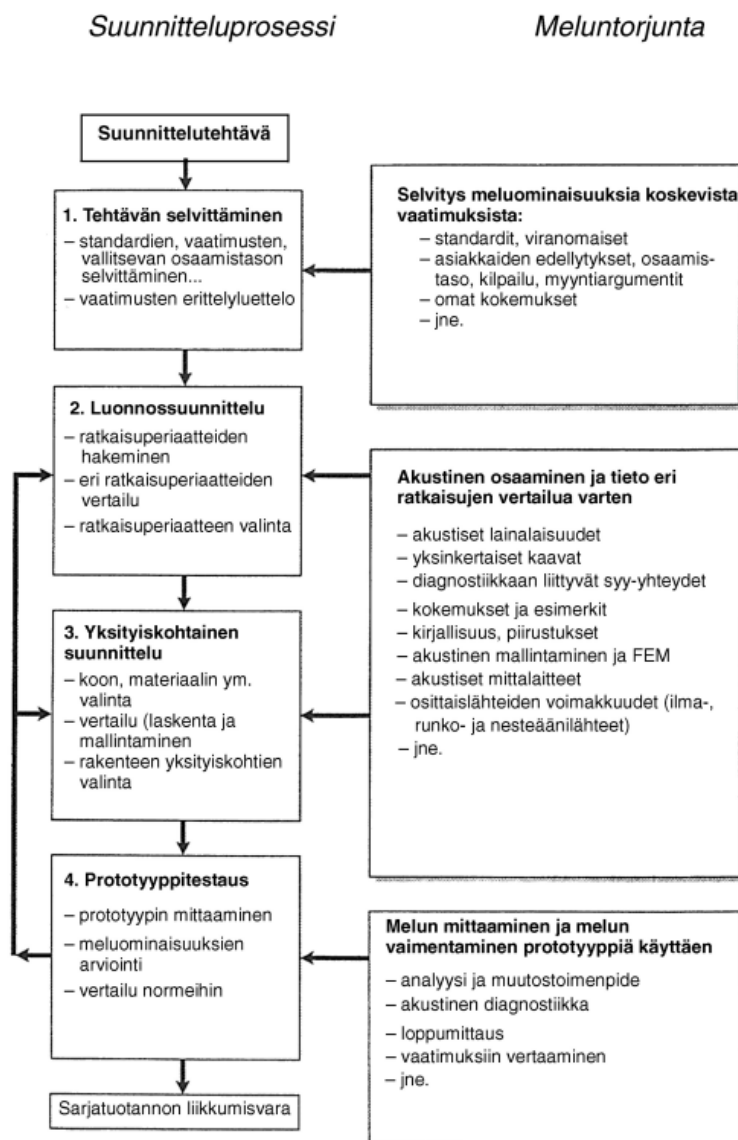
Standardit EN 12464-1 Lighting of work places – Part 1: Indoor work places ja EN 12464-2 Lighting of work places – Part 2: Outdoor work places määrittelevät tarkemmin erityyppisissä työtehdävissä vaadittavat valaistusolosuhteet.



## 3.4.5 Akustiikka

Standardi ISO 11688 koostuu kahdesta eri osasta, joiden yleinen otsikko on akustiikka, suositeltava käytäntö vähämeluisten koneiden ja laitteiden suunnittelemiseksi. Osa 1 koostuu suunnitteluun liittyvistä asioista ja osa 2 on johdanto vähämeluisen suunnittelun fysiikkaan. Standardin osa 1 EN ISO 11688-1 Acoustics — Recommended practice for the design of low-noise machinery and equipment — Part 1: Planning määrittelee meluntorjunnassa käytettäviä toimenpiteitä yleisesti. Standardi ei suoranaisesti käsittele itse työkappaleesta aiheutuvan melupäästön vähentämistä. Kuitenkin nykyistä teoriaa herätteestä etenemisen kautta säteilyyn voidaan soveltaa yleisesti arvioitaessa työkappaleiden aiheuttamaa melua ja siten myös sen vähentämistä. (ISO/TR 11688-1:1995.)

Standardissa on keskitytty systemaattiseen suunnitteluun, joka on toiminnallinen lähestymistapa, jossa käytetään erilaisista tieteenaloista, esimerkiksi koneakustiikasta, saatavaa tietoa. Tällä tavoin asetetaan pohja päämäärien saavuttamiseksi ja päätöksen tekemiseksi suunnittelussa ja kehitystyössä. Suunnittelumenettely voidaan jakaa neljään vaiheeseen tarkentuvassa järjestyksessä, jotka on esitetty kuvassa 27.



KUVA 27. Suunnittelun vaiheet; menetelmien tuki suunnitteluprosessille (ISO/TR 11688-1:1995)

Tiedon lisääntyminen siirryttäessä vaiheesta toiseen mahdollistaa vaihtoehtoisten ratkaisujen luokittelun erityisten suunnittelukriteerien, kuten alhaisen melutason, suhteen. Systemaattisen suunnittelun vaiheet ovat (ISO/TR 11688-1:1995):

1. Tehtävän selvittäminen: Tee vaatimuksista luettelo, jota käytetään ohjaavana asiakirjana koko suunnittelutehtävälle. Sisällytä luetteloon meluvaatimusten erittely koskien lainsäädäntöä, osaamistasoa, kilpailijoitten tuotteita, asiakkaan vaatimuksia tai koneen melun painoarvoa yhtiön myyntiargumenttina.
2. Luonnossuunnittelu: Suunnitteluprosessin tämä vaihe keskittyy pääasiassa haluttujen tavoitteiden aikaansaamiseen. Tässä vaiheessa lopullisesta tuotteesta on vain vähän tietoa saatavilla ja meluominaisuuksia arvioidaan usein vertaamalla tunnettuihin tuotteisiin.
3. Yksityiskohtainen suunnittelu: Suunnittelun ja yksittäisten komponenttien valinnan edessä meluominaisuuksien määrällisiä arvioita voidaan tehdä valitsemalla eri rakennevaihtoehtoja.
4. Prototyypitestausta: Prototyypin mittaukset mahdollistavat päämelulähteiden ja äänen siirto-ten määrittämisen. Tämä saattaa tuoda ilmi tuotteen erityisiä ominaisuuksia, jotka edellyttävät rakennemuutoksia. Kelpoisuus vaatimuksiin nähden voidaan todentaa mittauksin.

Seuraavaa menettelytapaa voidaan soveltaa kussakin edellä kuvatusta neljästä vaiheesta. On hyvin tärkeää käyttää metodiikkaa, jossa hallitsevimmat meluongelmat poistetaan aikaisimmassa mahdollisessa suunnitteluvaiheessa (ISO/TR 11688-1:1995):

- A. Menettelyn ensimmäinen vaihe on koneen päämelulähteiden määrittäminen ja prioriteettilistan tai -luonnoksen vahvistaminen
- B. Kun päämelulähteet tunnistetaan, melumekanismit on analysoitava yksityiskohtaisemmin
- C. Seuraava vaihe on analysoida ja kuvata melun suora säteily lähteistä vastaanottopisteeseen (-pisteisiin) ja melun eteneminen rakenteen kautta säteilypinnoille
- D. Lopullinen vaihe on analysoida näiden pintojen äänisäteily ja määrittää eri osasäteilijöiden vaikutukset äänenpainetasoon vastaanottoaikassa (-paikoissa)
- E. Arvioi, mikä meluntorjuntatoimenpiteiden yhdistelmä on optimaalinen

Standardin osa 2 EN ISO 11688-2 Acoustics – Recommended practice for the design of low-noise machinery and equipment – Part 2: Introduction to the physics of low-noise design keskittyy vähämeluisen suunnittelun fysiikkaan. Koneiden, laitteiden ja ajoneuvojen monimutkaisten äänen synty- ja etenemismekanismien ymmärtämisen helpottamiseksi on välttämätöntä luoda yksinkertaisia akustisia malleja, jotka muodostavat perustan suunnitteluvaiheen meluntorjuntatoimenpiteille. Yleispätevä lähestymistapa on erotella seuraavat asiat ennen suunnittelun aloittamista (ISO/TR 11688-2:1998):

1. Sisäiset lähteet
2. Koneen sisäiset siirtotiet
3. Säteily koneen rajapinnoilla

Sisäiset lähteet ja siirtotiet voidaan kummatkin jakaa kolmeen kategoriaan väliaineen mukaan (ISO/TR 11688-2:1998):

1. Ilmaääni
2. Nesteääni
3. Runkoääni

Äänensynnyn mekanismit voidaan liittää ominaisuuksiltaan tunnettuihin alkiolähteisiin, joita ovat monopolit, dipolit ja kvadrupolit. (ISO/TR 11688-1:1995.)

Monopolilähde on samanvaiheinen tilavuusmuutos, esimerkiksi minkä tahansa muotoinen sykkivä tilavuus tai suurella jäykällä pinnalla oleva mäntä. Kaukokentässä monopolilla on pallomainen säteilykuvio. Monopolilähteen säteilemää ääntä voidaan vähentää pienentämällä tilavuusnopeuden ajallista vaihtelua. Monolähteitä ovat polttomoottorien, kiertomäntäpuhaltimien, monikammioisten kompressorien, mäntäkompressorien ja poltinten poistoaukot. (ISO/TR 11688-1:1995.)

Dipolilähde syntyy ulkopuolisten ajallisesti vaihtelevien voimien seurauksena tilavuudeltaan muuttumattomassa kohteessa, esimerkiksi minkä tahansa muotoinen värähtelevä jäykkä kappale. Dipolilähde voidaan korvata kahdella lähekkäisellä, yhtä voimakkaalla ja vastakkaisvaiheisella monopolilähteellä. Kaukokentän säteilykuvio dipolille esitetään kuvassa 28. Dipolin säteilyä voidaan vähentää heikentämällä fluidiin kohdistuvien ajallisesti vaihtelevien voimien ajallista vaihtelua. Dipolilähteitä ovat värähtelevät koneenosat, epätasapainossa olevat koneiden osat, kanavat, potkurit ja puhaltimet. (ISO/TR 11688-1:1995.)

Kvadrupolilähde voidaan esittää ajallisesti vaihtelevana kappaleen muodonmuutoksena ilman muusta tilavuudesta tai paikasta. Se voidaan korvata kahdella lähekkäisellä, yhtä voimakkaalla, vastakkaisvaiheisella dipolilähteellä. Kaukokentän säteilykuvio on esitetty kuvassa 28. Kvadrupolisäteilyä voidaan vähentää heikentämällä muodonmuutoksen ajallista vaihtelua. Kvadrupolilähteitä ovat vapaa turbulenti virtaus varoventtiilissä, paineilmasuuttimissa ja putkiliitoksissa. (ISO/TR 11688-1:1995.)

Lähteen tyyppi	Havainnollinen esitys	Esimerkkejä	Kaukokentän suuntaavuus
<b>Monopoli</b> "Hengittävä" pallo		Sireeni, mäntäkompressori tai -pumppu, polttomoottorin pakoputki, kavitaatioilmiö, paineilmakone, kaasupoltin	
<b>Dipoli</b> Värähtelevä pallo		Hitaat koneet (aksaali- ja radiaalipuhallin), virtauksen esteet (virtauksen jakaminen), ilmanvaihto- tai ilmastointijärjestelmät, virtaukselliset kanavat	
<b>Kvadrupoli</b> Kaksi vastakkaisessa vaiheessa olevaa värähtelevää palloa (kaksi dipolilähdettä)		Turbulenti virtaus (vapaaan suihkun sekoitusvyöhyke), paineilmasuuttimet, höyrösuihkulaitteet, varoventtiilit	

KUVA 28. Alkiolähdemallien ominaisuuksia (ISO/TR 11688-2:1998)

### 3.4.6 Suorituskyky

Kaivoskoneiden suorituskyvylle ei standardeissa varsinaisesti määritellä rajoituksia eikä vaatimuksia. Vaatimukset tulevat lähinnä käytäviltä organisaatiolta. Nykyisin käytössä olevat dieselmoottorilla varustetut koneet ovat varsin painavia ja moottoreiden pitää olla tehokkaita, jotta suuri massa saadaan liikkumaan ylämäkeen riittävällä nopeudella. Yleisimmin käytössä ovat 4- tai 6-sylinteriset Tier III moottorit. Koneteho vaihtelee eri varmistajien ja tuotteiden välillä 70–500 kW:iin.

Kaivoskoneisen suunnittelussa ollaan menossa yhä enenevässä määrin sähkön käyttöön voimanlähteenä. Prosesseja on jo vuosia käytetty sähköllä vaikka itse kone liikkuukin vielä nykyään yleensä dieselmoottorin voimalla. Kansainväliset päästömääräykset ja yleinen ympäristönsuojelu ovat ajamassa osaltaan siihen, että työkoneitakin ollaan kehittämässä sähkökäyttöisiksi. Nykytekniikka ei vielä anna mahdollisuuksia käyttää pelkästään akkujen tuottamalla sähköllä toimivaa laitetta. Työkoneet ovat varsin painavia ja nykyinen akkutekniikka vielä sen verran tilaa vaativaa, että täysin akkujen varassa kulkevaa laitetta ei pystytä rakentamaan.

Joissakin sovelluksissa on otettu käyttöön sähköllä toimivia laitteita joko kaapelilla verkkoon tai generaattoriin kytkettäviä tai sitten ajoneuvon yläpuolisella kaapeloinnilla toteutettuina. Atlas Copco:lla on kumpaankin kategoriaan kuuluvat laitteet tuotevalikoimassaan; lastaus- ja malminkuljetusajoneuvo. Lastausajoneuvo on täysin sähköllä toimiva laite, eikä siinä ole koneen siirtämistä varten erillistä dieselmoottoria. Malminkuljetusajoneuvo käyttää dieselmoottoria voimanlähteenä siellä, missä sähköverkkoa ei ole saatavilla (Atlas Copco). Erilaisia hybridilaitteita suunnitellaan jo ja on vain ajan kysymys, milloin päästään käyttämään ympäristöystävällistä voimanlähdettä myös työkoneissa.

## 4 TUOTTEISTAMINEN

Tuotteiden kuten palvelujenkin tuotteistus on laajasti nähtynä asiakaslähtöistä kehittämistä, jossa asiakkaille tarjottavien tuotteiden ja palvelujen tarkoitus, sisältö, laajuus, laatu, kustannukset, hinta tai muut ominaisuudet määritellään suunnitelmallisesti ja tavoitteellisesti. Hyvin tuotteistettu palvelu on helpompi ostaa ja se on ominaisuuksiltaan vahvempi kuin kilpailijansa. Tällainen palvelu on tehokkaammin myytävissä ja markkinoitavissa sekä helpommin monistettavissa.

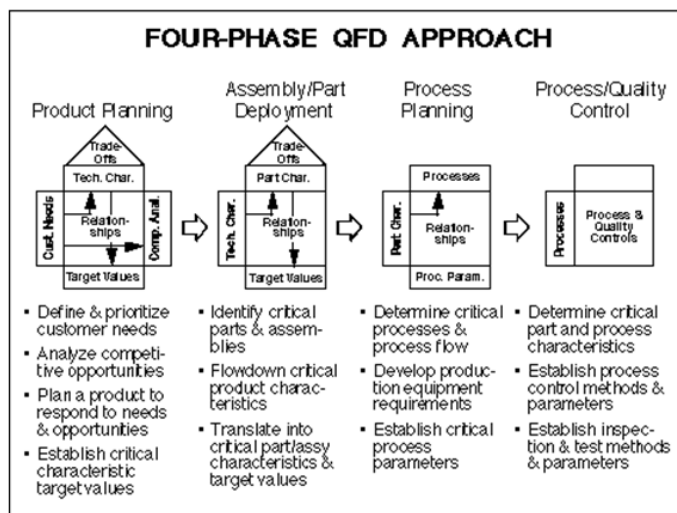
Tuotteiden tuotteistamisessa ovat avainasemassa esineen tai valmisteen tuotanto-ominaisuuksien parhaiden ratkaisuvaihtoehtojen hakeminen: valmistustavat, raaka-aineet, käyttöominaisuudet, muotoilu ja pakkaus. Kaikkeen tuotteistamiseen lähtökohdat saadaan asiakkaalta ja häneltä saadusta asiakas tarpeista. Asiakstarpeiden selvittäminen onkin tärkein lähtökohta uuden tuotteen suunnittelussa.

### 4.1 Asiakstarpeet

Asiakkaiden tarpeista saadaan tietoa varsin helposti. Tietoa tulee paljon ja saadut tiedot poikkeavat toisistaan huomattavasti. Tiedon jalostamiseen käyttökelpoiseen muotoon voidaan käyttää QFD (Quality function deployment)-menetelmää. Menetelmää käytetään varsin laajalti tuotekehityksessä ja markkinoinnissa. Menetelmällä pystytään havaitsemaan uudessa tuotteessa tai palvelussa olevia kriittisiä ominaisuuksia jo hyvissä ajoin ennen tuotteen valmistamista. QFD:n avulla kerätyt asiakkaan tarpeet voidaan muuttaa ominaisuuksiksi ja asettaa saadut ominaisuudet tärkeysjärjestykseen. Näin saadaan selville, mitä asiakstarpeiden täyttäminen vaatii. (Kenneth Crow.)

QFD:n kuuluu 4 perusvaihetta, jotka on esitetty kuvassa 29. Jokaisessa vaiheessa tehdään yksi tai useampia matriiseja. QFD:n vaiheet ovat (Kenneth Crow):

1. Tuotannon suunnittelu.
2. Kriittisten osien ja kokoonpanojen identifiointi.
3. Prosessin suunnittelu.
4. Prosessin ja laadun valvonta.



KUVA 29. QFD:n 4 vaihetta (Kenneth Crow)

Vaiheessa 1 asiakkaan tarpeista saaduista tiedoista rakennetaan laadun talo, joka on esitetty kuvassa 30. Laatutalo on QFD:n tärkein ja tunnetuin työkalu. Talon rakentamisessa on 10 vaihetta.

1. Luetellaan asiakkaat ja asiakasryhmät.
2. Luetellaan heidän tarpeensa.
3. Määritellään tarpeiden tärkeys ja pisteytetään ne.
4. Luetellaan kilpailevat tuotteet.
5. Arvioidaan kilpailevien tuotteiden kyky toteuttaa asiakkaiden tarpeet.
6. Luetellaan tuotteen ominaisuudet.
7. Luetellaan mitkä ominaisuudet vaikuttavat mihinkin asiakkaan tarpeeseen.
8. Määritellään ominaisuuksien merkitys.
9. Arvioidaan kilpailevien tuotteiden kykyä toteuttaa nämä ominaisuudet.
10. Merkitään omalle tuotteelle asetetut tavoitteet.

Customer Reqs.		Priority	Product Design Reqs.								Competitive Evaluation		
			Bleed air ducting to interface pt.	Low APU weight	Low turbine inlet temp	High equivalent shaft horsepower	Controlled turbine inlet temperature	Turbineassy. pt. hub containment	Strong internal containment mg	Lightweight containment mg	1	5	
Cust. envelope/interface	3	3	⊗									⊗	⊗
Max. Weight 160 lbs.	4	4	○	⊗	○			○		⊗		○	⊗
Bleed air 75 lbs/min	4	4	○		⊗							○	⊗
Turbine containment	5	5			○		○	⊗	⊗			⊗	⊗
Elect pwr. 40 KVA	3	3				⊗						⊗	○
Reliable	5	5			○		⊗	○				⊗	⊗
Support oil-cooled gen.	5	5		○								○	⊗
...													
Technical Evaluation	5	1	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗		⊗	⊗
Target Value		Targ. Loc.	158lb	<6 lb	350hp	1850*	2.5 lb @ Pwr	3 lb @ Pwr				<6 lb	
Technical Difficulty			1	4	3	5	3	4	2	4			
Importance Rating			39	35	42	35	60	52	40	20			

KUVA 30. Laatutalo (Kenneth Crow)

Henkilönkuljetuksen asiakastarpeita selvitettiin projekti 4:ssä. Projektissa saatua materiaalia tullaan käyttämään yrityksen sisäisesti sekä olemassa olevan että uusien laitteiden suunnittelussa. Tässä työssä käydään asioita läpi yleisesti eikä paneuduta tutkimustuloksiin tarkemmin.

Markkinoilla tarpeet vaihtelevat maanosasta riippuen jonkin verran. Mitään suuria eroja laitteen toimintojen suhteen ei kuitenkaan ole. Laitteen ulkoihin mittoihin vaikuttaa eniten tunnelin koko, jossa laitetta käytetään. Isoimmat tunnelit ovat Afrikassa ja pienimmät puolestaan Euroopassa ja Venäjällä. Tunnelin koko ei sinällään ole ongelma, mutta pieneen tunneliin tarvitaan varsin pieni laite ja pieneen laitteeseen on haasteellista saada mahtumaan kaikki asiakkaiden toiveissa olevat lisävarusteet. Henkilönkuljetuksen osalta ongelma ei ole läheskään niin suuri kuin ruiskutus- ja panostuslaitteissa, joissa käytettävään prosessiin tarvitaan suuri määrä laitteistoa.

Voisi kuvitella, että syvällä maan sisällä ilmasto-olosuhteet olisivat jotakuinkin samanlaiset maanosasta riippumatta. Näin ei kuitenkaan ole. Afrikassa, Australiassa ja Etelä-Amerikassa tunnelin maksimi lämpötila on yli 20 °C korkeampi kuin esimerkiksi Euroopassa. Sama tilanne on myös kylmyyden suhteen. Euroopassa tunnelin lämpötila on talvella pakkasen puolella, kun taas lämpimissä maissa viilein lämpötila vastaa lähes eurooppalaista maksimilämpötilaa. Ilmankosteuden vaihtelu on suurta eri maanosien välillä vaihdellen alle 40 %:n kosteudesta lähes 90 %:n kosteuteen.

Operaattorin ergonomian parantaminen sekä lämpimät ja kosteat olosuhteet ovat lisänneet asiakkaiden kiinnostusta umpinaiisiin ja ilmastoituihin laitteisiin. Aikaisemmin suurin osa laitteista oli avohytillä varustettuja, mutta nykyisin jo suurin osa on vähintään umpinaisella hytillä varustettuja. Ilmastointilaitetta ja lämmitystä halutaan koko ajan enemmän.

Kaivokset ovat nykyisin yhä haasteellisemmissä paikoissa ja jo olemassa olevilla kaivoksilla ajomatkat kasvavat koko ajan. Pidentyneiden kuljetusmatkojen takia ajo- ja matkustusmukavuuden parantaminen on ollut viime aikoina puheenaiheena kaivosalalla. Lisäksi asiakkaiden vaatimukset mukavuuden osalta kasvavat vuosi vuodelta. Eri valmistajat ovat esitelleet erilaisia variaatiota jousituksen ja energiantalteenoton osalta. Kyselyjä isommille jousitetuille laitteille on ollut jo aikaisemminkin, mutta vasta viimeisen vuoden aikana markkinoille on tullut jousitettuja ajoneuvoja.

Jousituksen lisääminen ajoneuvoon lisää osaltaan moottorista saatavan tehon tarvetta. Jousitetulla ajoneuvolla voisi ajaa huomattavasti kovempaa samalla tiellä, jolla aikaisemmin jousittamattomalla liikuttiin varsin hitaasti. Moottoritehon lisääminen vaatii isommat moottorit joka puolestaan lisää moottorille varattavan tilan tarvetta ajoneuvossa. Päästönormit vaikuttavat käytettäviin moottoreihin. Aikaisemmin käytössä olivat Tier I/II moottorit. Nykyisin yleisimmin käytetään Tier III-moottoreita. Nämä moottorityypit jäävät vaiheittain eri maissa pois käytöstä. Siirtyminen Tier IV-moottoreihin tapahtuu vuoden 2014 aikana.

## 4.2 Tuotannollisuus

Uuden tuotteen suunnittelussa tulee miettiä tuotteen tuotestrategia, joka toimii tuotekehityksen lähtökohdana. Se toimii myös linkkinä yrityksen liiketoimintastrategian ja tuotekehityspäätösten välillä. Strategioissa määritellään, mihin yrityksen toimintaa suunnataan ja luodaan edellytykset kehittää menestyviä tuotteita lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä. Tuotekehitys on yrityksen kokonaistoimintaa, johon vaikuttavat osaltaan tuotekehitys, markkinointi ja tuotanto.

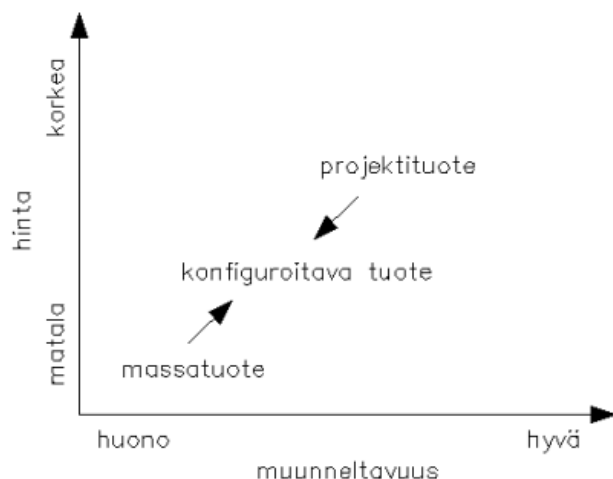
Tuotteen elinkaaren alussa on syytä miettiä tuleeko tuotteesta massatuote vai vain jollekin asiakkaalle suunnattu dedikoitu tuote. Yleensä tuotteet pyritään suunnittelemaan siten, että niitä varioimalla pystytään samasta peruslaitteesta tekemään lähes kaikille markkina-alueille käyviä tuotteita muuntelemalla tuotteessa olevia moduuleita. Tämän varioinnin tai moduloinnin ansioista tuotteita on helpompi toteuttaa asiakastarpeiden vaihtuessa tarkasti oikea aikaisesti ilman suuria varastosaldoja. Juuri oikeaan tarpeeseen olevia tuotteita alettiin ensimmäisen kerran toteuttaa Toyotan tehtailla. Tästä on kehitetty JOT-menetelmä tuotannon prosessinkehittämiseen ja laatujohtamiseen.

JOT:n perusideana on toimittaa vain ja ainoastaan tarvittavia tuotteita tai raaka-aineita niitä tarvitseville asiakkaille vasta sitten kuin asiakas niitä tarvitsee. Menetelmällä pyritään vähentämään kaikkea turhaa, kuten materiaaleja, resursseja, aikaa ja varastointia. Menetelmä nopeuttaa varastonkiertoa ja täten vähentää varastointikustannuksia. Valmistuksessa JOT tarkoittaa pienentyneitä valmistussarjoja, mikä lisää tuotteiden välillä olevaa asetusaikaa. Asetusaikojen ja tuotteiden valmistuserien mitoituksella löydetään tasapaino varaston ja tuotannon välille. Käytännössä menetelmä tarkoittaa

sitä että oikea määrä oikeita resursseja, kuten henkilöitä, laitteita ja materiaaleja on saatavilla juuri oikeaan aikaan.

Massaräätälöinti, konfigurointi ja modulointi ovat keinoja hallita asiakaskohtaisesti muunneltavien tuotteita kannattavasti. Konfigurointi on tehokas massaräätelöinnin toteutustapa ja modulaarinen tuotearkkitehtuuri mahdollistaa tuotteen jakamisen konfiguroitaviin osiin. Konfiguroinnilla tarkoitetaan systemaattista tuotemuuntelua. Konfiguroinnilla tavoitellaan liiketaloudellisesti kannattavaa toimintaa tavoitteena eriyttää suunnittelu sekä toimitus toisistaan siten, että asiakkaan vaatimukset pystytään toteuttamaan. Konfiguroinnin avulla voidaan hallita eri asiakkaiden asiakasvaatimuksia siten, että asiakaskohtaista suunnittelua ei tarvita. Tähän tavoitteeseen pääsemiseksi kaikkien toimistusten tulisi olla systemaattisen muuntelun avulla toteutettuja. Konfiguroinnin edellytyksenä ei kuitenkaan ole täysin modulaarinen tuoterakenne. Eri variaatioiden muodostamisessa tulisi olla jonkinlainen konfigurointisäännöstö. Säännöstöä noudattamalla voidaan tuotevariaatiot määrittää joko systemaattisen konfigurointiprosessin kautta tai käyttämällä automaattista konfiguraattori ohjelmistoa (Harju s.a).

Konfiguroitavan tuotteen ominaisuuksiin kuuluu se, että jokainen tuote tuotetaan tilauskohtaisesti asiakkaan vaatimusten mukaisesti. Tuote tulisi olla suunniteltu etukäteen ja sen olisi tarkoitus täyttää joukko samankaltaisia asiakastarpeita. Näiden lisäksi tuoteyksilö pitäisi pystyä muodostamaan etukäteen suunniteltuja komponentteja yhdistelemällä ja näiden tulisi perustua etukäteen suunniteltuun rakenteeseen. Mikäli aikaisemmin toteutetut tuotteet eivät ole konfiguroitavia, niin konfiguroitaviin tuotteisiin voidaan siirtyä kahdesta suunnasta kuten kuvassa 31 on esitetty. Aikaisemmin yritys on voinut toteuttaa tuotteensa projektikohtaisesti tai sitten tuotteet ovat olleet massatuotteita. (Harju s.a.)



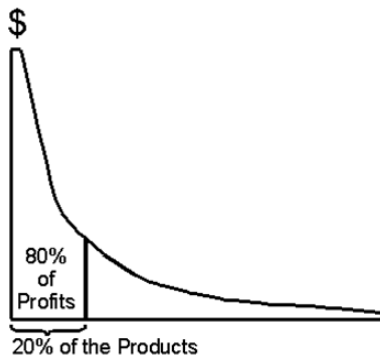
KUVA 31. Konfiguroitava tuote (Harju)

Tuotelinjan rationalisointi on tehokas tapa parantaa voittoja ja yksinkertaistaa toimintoja ja toimitusketjua. Tämä toteutetaan järjeistämällä nykyisiä tuotelinjoja poistamalla ja ulkoistamalla tuotteita ja erilaisia variaatioita, jotka aiheuttavat ongelmia ja jotka eivät sovi joustavaan ympäristöön. Nämä tuotteet eivät myöskään yleensä ole suuren asiakasryhmän arvostamia eikä niillä ole suurta potentiaalia tulevaisuudessa.



Yritysten tuloksesta sekä myynnistä tyypillisesti 80 % tulee 20 %:sta tuotteista. Näin tapahtuu, koska lähes kaikissa yrityksissä tuotetarjoamaan lisätään tuotteita poistamalla siellä jo olevia. Myynnin ja markkinaosuuden kasvun tavoittelu kannustaa toteuttamaan ajatusmaailmaa ”toteuta kaikki tilaukset”. Tällä ylikuormitetaan tuotantoa ja toimitusketjua liian monilla pienivolyymisilla tuotteilla. Tämä aiheuttaa yleiskustannusten nousua, pienentää tuotannon kapasiteettia ja valmistuksen voimavaroja sekä vaikeuttaa toimitusketjun hallintaa. Harvoissa yrityksissä ymmärretään tästä johtuvia ongelmia, koska niissä kustannukset kohdistuvat keskimääräiseen yleiskustannukseen. Tästä syystä kaikkien tuotteiden yleiskustannukset näyttävät olevan samat. (Anderson 2012.)

Tuotetarjoaman järjeistäminen kannustaa yrityksiä keskittymään parhaisiin tuotteisiin poistamalla ja ulkoistamalla marginaalisia tuotteita. Resursseja, jotka tuhlaant pienivolyymisiin tuotteisiin voidaan keskittää paremmin ”lypsylehmiksi” kutsuttuihin tuotteisiin. Poistamalla 80 % heikoimmin tuottavista tuotteista poistaisi 80 % tai enemmän yleis- ja jakelukustannuksista. Tämä on esitetty kuvassa 31. Tämä johtuu siitä, että näissä tuotteissa on vähemmän yhteisiä komponentteja, dokumentaatio ja työohjeet ovat puutteellisemmat sekä henkilökunnalla on vähemmän tietotaitoa kyseisten laitteiden valmistamisesta. Mikäli yleis- ja jakelukustannuksien oletetaan olevan puolet kokonaiskustannuksista, kuten melko yleisesti on, niin poistamalla 80 % näistä kustannuksista pudottaisi nämä kustannukset puoleen. Mikäli alkuperäinen voitto olisi ollut 10 %, niin pudottamalla liikevaihtoa 20 % ja puolittamalla kulut voitto kolminkertaistuisi. (Anderson 2012.)



KUVA 32. Pareto-diagrammi (Anderson 2012)

Tuotetarjoaman järjeistämisellä saatavia hyötyjä (Anderson 2012):

- Kasvattaa voittoa vähentämällä yleiskustannuksia valmistuksessa ja hankinnassa.
- Parantaa toiminnan joustavuutta.
- Yksinkertaistaa toimitusketjun hallintaa poistamalla epätavalliset osat ja materiaalit.
- Vapauttaa resursseja toiminnan ja laadun kehittämiseen.

## 5 TULEVAISUUS

Tulevaisuuden ajoneuvot ovat huomattavasti teknisempiä, monimutkaisempia ja viihtyisämpiä kuin edeltäjänsä. Tekniikka kehittyi kovaa vauhtia ja antaa lisää mahdollisuuksia uusien ajatusten käyttöönottoon. Tekniikka alkaa olla jo niin kehittyntä, että rajoittavana tekijänä voisi pitää enemmänkin ihmisen kekseliäisyyttä. Kaikenlaisia konsepteja kokeillaan päivittäin eri puolilla maailmaa. Ihminen yrittää löytää parhaan mahdollisen konseptin ajoneuville, joka on keksitty jo yli sata vuotta sitten. Kehitys ei ole vielä pysähtynyt ja uusia ajatuksia ilmaantuu jatkuvasti.

Yritysten tuotekehitys pyrkii olemaan asiakkaiden edellä selvittämällä markkinoita, vieraillemalla erilaisissa kohteissa sekä tutustumalla toisten toimijoiden tuotteisiin. Näistä jokainen organisaatio pyrkii luomaan oman näköisen uuden konseptin. Muutokset ovat varsin pieniä vuosimallien välillä. Mitään suuria ja mullistavia keksintöjä ajoneuvojen osalta ei ole viime aikoina kehitetty.

Seuraavan sukupolven laitteet ovat todennäköisimmin sähkökäyttöisiä. Tarvittava sähkö saadaan joko koneen mukana kuljettamista akuista tai kaivokseen asennetusta sähköjakeluverkostosta. Sähköverkkoon pohjautuvia laitteita on jo markkinoilla, mutta omilla akuilla kulkevia ei vielä ole. Tätä rajoittaa akkuteknologia sekä osaltaan kaivoskoneiden suhteellisen suuri massa. Suuren massan kuljettaminen vaatii paljon sähköenergiaa ja nykyisellä akkuteknologialla laitetta ei saada pois kaivoksesta. Pieniä matkoja tällaisella ajoneuvolla voisi jo ajaa, mutta nouseminen kaivoskuilusta pelkän akun varassa ei vielä ole mahdollista.

Kaivoksissa toimivista ajoneuvoista lastauslaitteet kulkevat kauko-ohjatusti. Turvallisuus on ajamassa myös muita ajoneuvotyyppisiä jonkin asteisen kauko-ohjauksen piiriin. Joitakin vuosia eteenpäin mentäessä suurin osa laitteista kulkee kauko-ohjatusti ja operaattori suorittaa työtään turvallisista olosuhteista jopa maanpäältä. Tästä ei enää ole pitkä matka siihen, kun laitteet pystytään rakentamaan itse ohjautuviksi. Tämän jälkeen kaivoksissa kulkee pelkästään miehittämättömiä ajoneuvoja. Miehittämätön ajoneuvo ei tarvitse operaattorille paikkaa, joten ajoneuvon kuljettama hyötykuorma kasvaa ja samalla ajoneuvon omamassa pienenee. Pienentyneen massan ansiosta sähköenergian tarve on pienempi.

## 6 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän työn tarkoituksena oli selvittää suunnittelussa tarvittavia lähtötietoja henkilönkuljetuksen osalta maanalaiseen käyttöön suunniteltavassa ajoneuvossa. Tavoitteena oli käydä läpi standardien vaikutusta, ottaa huomioon asiakastarpeita ja sivuta tuotannon näkökohtia. Kumipyörästandardi EN 1889-1:2011, Machines for underground mines – Mobile machines working underground – Safety – Part 1: Rubber tyred vehicles toimi lähtökohtana työlle. Standardissa on runsaasti viittauksia toisiin standardeihin, joten työssä aihepiirin rajaaminen ja siinä pysyminen suuren lähdetietomäärän takia oli varsin haastavaa.

Erilaiset standardit ja direktiivit määrittävät ajoneuvoissa käytettävät materiaalit, operaatorille ja matkustajille varattavat tilat, hallintalaitteiden paikat, istuimien ja turvavöiden asennuksen, moottorien päästörajat. Lähes kaikkeen on jo olemassa jonkinlainen ohjeistus. Nämä viranomaismääräykset ohjaavat sekä osaltaan rajoittavat kehitystä.

Kaivosajoneuvon suunnittelussa on otettava suuri määrä erilaisia asioita huomioon. Standardit ja direktiivit eroavat toisistaan eri maanosissa. Osalla kaivoksista on lisäksi omia standardejaan, jotka on otettava suunnittelussa huomioon muiden alueella vaikuttavien standardien ohella. Operaattorin turvallisuus on kuitenkin esisijainen suunnittelun lähtökohta. Koska työtä ei vielä nykyisin pystytä suorittamaan ilman operaattorin läsnäoloa, niin hänen turvallisuutensa on pyrittävä takaamaan kaikissa olosuhteissa. Tähän tavoitteeseen pyritään esisijaisesti ajoneuvon FOPS- ja ROPS-testeillä.

Osa kaivoksessa suoritettavista töistä pystytään suorittamaan ajoneuvon hytistä, mutta joidenkin tehtävien suorittamista varten operaattorin on tultava pois hytistä. Koripuumilaitteissa koriin on asennettu katos, joka suojaa operaattoria tiettyyn rajaan asti. Suojaus on lähinnä pienempiä putoavia kallionkappaleita vastaan. Standardit eivät vaadi täyttä suojausta, koska sellaista ei pystytä järkevästi toteuttamaan. On myös tehtäviä, kuten betoninruiskutus, jossa operaattori seisoo tunnelissa ilman minkäänlaista suojausta. Jonain päivänä, kun tekniikka on riittävästi kehittynyt, tämäkin pystytään suorittamaan ensivaiheessa hytistä ja myöhemmin etäkäytöllä turvallisista olosuhteista käsin.

## 7 LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

SFS = standardi on vahvistettu Suomessa

EN = standardi on vahvistettu CENissä (eurooppalainen standardi)

ISO = standardi on vahvistettu ISOssa (kansainvälinen standardi)

FOPS = Falling-object protective structure, järjestelmä metallista valmistettuja rakenneosia, jotka on järjestetty siten, että ne antavat operaattorille kohtuullisen suojan putoavien esineiden (esim. puut, kivet, pienet betonitiilet, työkalut)

ROPS = Roll-over protective structure, järjestelmä metallista valmistettuja rakenneosia, joiden ensisijainen tehtävä on estää turvavöihin kytkettyä operaattoria jäämästä puristuksiin koneen pyöriessä ympäri

DLV = Deflection-limiting volume, turvatila, standardin ISO 3411 määrittelemää suurikokoista, istuvaa, miespuolista, tavallista vaatetusta ja suojakypärää käyttävää käyttäjää jäljittelevä särmiömäinen malli

SIP = Seat index point, istuimen mittapiste

LA = Perus akseli joka on vaakasuora akseli, joka määrittää turvatilan (DLV) aseman suhteessa istuimen mittapisteeseen (SIP)

BP = Boundary plane, taso määritellään DLV:n pystysuuntaisena projektiotasona joko taka-, sivu- tai polvenalueesta

LAP = Load application point, piste tai pisteeksi määritelty alua ROPS-rakenteessa, johon testivoima (F) kohdistetaan

LDD = load distribution device, rakenne, jota käytetään tasoittamaan ROPS-rakenteeseen kohdistuvaa pistemäistä kuormitusta(F)

Turvavyökokoonpano = turvavyö lisäosineen, joihin kuuluvat mm. kiinnityssoljet, vyöpituuden säätölaite, vyön automaattinen kiristin ja kiinnityspisteen kiinnitysosat, joilla vyö kiristetään käyttäjän lantioalueen ympäri aikaansaamaan lantion paikallaan pysyminen koneen käytön ja kaatumisen aikana

ANFO = Anfo(ammonium nitrate-fuel oil explosive) on räjähdysaine, joka valmistetaan rakeistetun ammoniumnitraatin ja polttoöljyn seoksesta

Suurikokoinen käyttäjä = käyttäjä, joka kuuluu maailmanlaajuiseen maansiirtokoneiden käyttäjäryhmään, jonka käyttäjistä arviolta 5 % on suurempia kuin esitettävät mitat

## LÄHTEET

- Anderson, D. 2011, Designing low cost products. [viitattu 2013-4-6]. Saatavissa: [http://www.design4manufacturability.com/designing\\_low\\_cost\\_products.htm](http://www.design4manufacturability.com/designing_low_cost_products.htm)
- Anderson, D. 2012, Half the time to stable production. [viitattu 2013-4-6]. Saatavissa: <http://www.design4manufacturability.com/half-the-time.htm>
- Anderson, D. 2012, Product line rationalization. [viitattu 2013-4-6]. Saatavissa: [http://www.design4manufacturability.com/product\\_line\\_rationalization.htm](http://www.design4manufacturability.com/product_line_rationalization.htm)
- Atlas Copco. Electric minetruck EMT50. [viitattu 2013-5-2]. Saatavissa: [http://www.atlascopco.fi/Images/Technical\\_specification\\_Electric\\_Minetruck\\_EMT50\\_9851\\_3226\\_01\\_tcm822-3525768.pdf](http://www.atlascopco.fi/Images/Technical_specification_Electric_Minetruck_EMT50_9851_3226_01_tcm822-3525768.pdf)
- Atlas Copco. Electric scooptram. [viitattu 2013-5-2]. Saatavissa: [http://www.atlascopco.fi/Images/Technical\\_specification\\_Scooptram\\_EST14\\_9851\\_3265\\_01\\_tcm822-3525772.pdf](http://www.atlascopco.fi/Images/Technical_specification_Scooptram_EST14_9851_3265_01_tcm822-3525772.pdf)
- EN ISO 3164:2008, Earth-moving machinery. Laboratory evaluations of protective structures. Specifications for deflection-limiting volume (ISO 3164:1995)
- EN 12464-1:2007, Lighting of work places – Part 1: Indoor work places (EN 12464-1)
- EN 12464-2:2007, Lighting of work places – Part 2: Outdoor work places (EN 12464-2)
- EN 1837:1999, Safety of machinery — Integral lighting of machines (EN 1837:1999)
- EN 1889-1:2011, Machines for underground mines – Mobile machines working underground – Safety – Part 1: Rubber tyred vehicles (EN 1889-1:2011)
- EN ISO 11688-1:2009, Acoustics — Recommended practice for the design of low-noise machinery and equipment — Part 1: Planning (ISO/TR 11688-1:1995)
- EN ISO 11688-2:2000, "Acoustics — Recommended practice for the design of low-noise machinery and equipment — Part 2: Introduction to the physics of low-noise design (ISO/TR 11688-2:1998)
- EN ISO 2867:2006, Earth-moving machinery — Access systems (ISO 2867:2006, including Cor 1:2008)
- EN ISO 3411:2007, Earth-moving machinery — Physical dimensions of operators and minimum operator space envelope (ISO 3411:2007)
- EN ISO 3449:2005, Earth-moving machinery — Falling-object protective structures — Laboratory tests and performance requirements (ISO 3449:2005)
- EN ISO 3471:2008, Earth moving machinery — Roll-over protective structures — Laboratory tests and performance requirements (ISO 3471:2008)
- EN ISO 5353:1998, Earth-moving machinery, and tractors and machinery for agriculture and forestry - Seat index point (ISO 5353:1995)
- EN ISO 6165:2012, Earth-moving machinery. Basic types. Identification and terms and definitions (ISO 6165:2012)
- EN ISO 6683:2008, Earth-moving machinery — Seat belts and seat belt anchorages — Performance requirements and tests (EN ISO 6683:2008)
- Ergonomian ja käytettävyyden standardit 2011. [viitattu 2013-5-17]. Saatavissa: <http://www.sfs.fi/files/61/ergonomiasfs.pdf>

Harju Pekka K. J, s.a, Kvalitatiivinen kyvykkyys, Massaräätlöinnin periaatteet ja menetelmät. Helsinki: Mr-Keskus (Harju)

ISO 11112:1995, Earth-moving machinery — Operator's seat — Dimensions and requirements (ISO 11112:1995)

Kenneth Crow, Customer focused development with QFD.[viitattu 2013-5-20]. Saatavissa: <http://www.npd-solutions.com/qfd.html>

Konedirektiivin soveltamisopas 2006/42/EY

Normet Oy (Normet Oy 2013)

SFS-EN 45020:1998, Standardisointi ja siihen liittyvä toiminta. Yleissanasto (SFS-EN 45020:1998)

SFS-käsikirja 1, Standardit ja standardisointi 2013 (SFS käsikirja)

Työsuojeluhallinto. [viitattu 2013-5-17]. Saatavissa: <http://www.tyosuojelu.fi/fi/ergonomia>

Työturvallisuuskeskus. [viitattu 2013-5-17]. Saatavissa: <http://www.tyoturva.fi/?s=29>