

Tämä asiakirja on ainoastaan dokumentoinnin apuväline eikä sillä ole oikeudellista vaikutusta. Unionin toimielimet eivät vastaa sen sisällöstä. Säädösten todistusvoimaiset versiot on johdanto-osineen julkaistu Euroopan unionin virallisessa lehdessä ja ne ovat saatavana EUR-Lexissä. Näihin virallisiin teksteihin pääsee suoraan tästä asiakirjasta siihen upotettujen linkkien kautta.

► **B**

**KOMISSION ASETUS (EU) 2019/1781**

annettu 1 päivänä lokakuuta 2019,

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2009/125/EY mukaisten ekologisen suunnittelun vaatimusten asettamisesta sähkömoottoreille ja taajuusmuuttajille, asetuksen (EY) N:o 641/2009 muuttamisesta erillisten ja tuotteisiin integroitujen akselitiivisteettömien kiertovesipumppujen ekologista suunnittelua koskevien vaatimusten osalta sekä komission asetuksen (EY) N:o 640/2009 kumoamisesta

(ETA:n kannalta merkityksellinen teksti)

(EUVL L 272, 25.10.2019, s. 74)

sellaisena kuin se on muutettuna seuraavilla:

virallinen lehti

|  | N:o  | sivu | päivämäärä |
|--|------|------|------------|
| ► <b><u>M1</u></b> Komission asetukset (EU) 2021/341, annettu 23 päivänä helmikuuta 2021 | L 68 | 108  | 26.2.2021  |



**KOMISSION ASETUS (EU) 2019/1781**

annettu 1 päivänä lokakuuta 2019,

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2009/125/EY mukaisten ekologisen suunnittelun vaatimusten asettamisesta sähkömoottoreille ja taajuusmuuttajille, asetuksen (EY) N:o 641/2009 muuttamisesta erillisten ja tuotteisiin integroitujen akselitiivistettömien kiertovesipumppujen ekologista suunnittelua koskevien vaatimusten osalta sekä komission asetuksen (EY) N:o 640/2009 kumoamisesta

(ETA:n kannalta merkityksellinen teksti)

*1 artikla*

**Kohde**

Tällä asetuksella vahvistetaan ekosuunnitteluvaatimukset sähkömoottoreiden ja taajuusmuuttajien markkinoille saattamiselle tai käyttöönotolle, myös jos ne on integroitu rakenteellisesti muihin tuotteisiin.

*2 artikla*

**Soveltamisala**

(1) Tätä asetusta sovelletaan seuraaviin tuotteisiin:

- a) induktiomootorit, joissa ei ole harjoja, kommutaattoreita, liukurenkaita tai sähköisiä kytkentöjä roottoriin ja jotka on mitoitettu toimimaan 50 Hz:n, 60 Hz:n tai 50/60 Hz:n sinimuotoisella jännitteellä ja
  - i) joiden napaluku on 2, 4, 6 tai 8;
  - ii) joiden nimellisjännite  $U_N$  on yli 50 V ja enintään 1 000 V;
  - iii) joiden nimellisteho  $P_N$  on 0,12–1 000 kW;
  - iv) jotka on suunniteltu jatkuvaan käyttöön, ja
  - v) jotka on suunniteltu käytettäväksi suoraan verkkovirralla;
- b) kolmivaiheiset taajuusmuuttajat,
  - i) jotka on mitoitettu toimimaan yhden sellaisen a alakohdassa tarkoitetun moottorin kanssa, jonka nimellisteho on 0,12 kW–1 000 kW;
  - ii) joiden nimellisjännite on yli 100 V ja enintään 1 000 V (AC);
  - iii) joilla on ainoastaan yksi vaihtovirtajännitteen ulostulo.

(2) Liitteessä I olevan 1 jakson sekä 2 jakson 1, 2, 5–11 ja 13 kohdan vaatimuksia ei sovelleta seuraaviin moottoreihin:

**▼B**

- a) tuotteeseen (kuten vaihteistoon, pumppuun, puhaltimeen tai kompressoriin) kokonaisuudessaan rakenteellisesti integroidut moottorit, joiden energiatehokkuutta ei voida testata erillään kyseisestä tuotteesta, ei edes käytettäessä väliaikaista laakerikilpeä ja käyttöpään laakeria; moottorilla on oltava käytettävän laitteen kanssa yhteisiä komponentteja (liitospaleiden, kuten pulttien, lisäksi) (kuten akseli tai kotelo), eikä moottoria saa suunnitella sellaiseksi, että se voidaan irrottaa kokonaisuudessaan käytettävästä laitteesta ja se voi käydä itsenäisesti. Moottorin on tultava irrottaessa toimintakyvyttömäksi;
- b) moottorit, joihin on rakenteellisesti integroitu taajuusmuuttaja (yhdistetyt voimansiirtojärjestelmät) ja joiden energiatehokkuutta ei voida testata erillään taajuusmuuttajasta;
- c) moottorit, joihin on rakenteellisesti integroitu jarru, joka on erottamaton osa moottorin sisärakennetta ja jota ei voida irrottaa tai jolle ei voida antaa virtaa erillisestä lähteestä moottorin hyötysuhdetta testattaessa;
- d) moottorit, jotka on suunniteltu ja spesifioitu toimimaan yksinomaan
- i) yli 4 000 metrin korkeudessa merenpinnasta;
  - ii) yli 60 °C:n ympäristölämpötilassa;
  - iii) yli 400 °C:n suurimmassa käyttölämpötilassa;
  - iv) alle -30°C:n ympäristölämpötilassa; tai
  - v) olosuhteissa, joissa jäähdytysnesteen lämpötila tuotteen sisäntulossa on alle 0 °C tai yli 32 °C;
- e) moottorit, jotka on suunniteltu ja spesifioitu toimimaan kokonaan nesteeseen upotettuina;
- f) moottorit, jotka on erityisesti kvalifioitu takaamaan neuvoston direktiivin 2006/71/Euratom <sup>(1)</sup> 3 artiklassa määriteltyjen ydinlaitosten turvallisuus;
- g) räjähdysuojatut moottorit, jotka on suunniteltu ja sertifioitu Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2014/34/EU <sup>(2)</sup> liitteessä I olevassa 1 kohdassa määriteltyyn kaivostyöhön;
- h) johdottomien tai akkukäyttöisten laitteiden moottorit;

<sup>(1)</sup> Neuvoston direktiivi 2009/71/Euratom, annettu 25 päivänä kesäkuuta 2009, ydinlaitosten ydinturvallisuutta koskevan yhteisön kehyksen perustamisesta (EUVL L 172, 2.7.2009, s. 18).

<sup>(2)</sup> Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2014/34/EU, annettu 26 päivänä helmikuuta 2014, räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäviksi tarkoitettuja laitteita ja suojajärjestelmiä koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön yhdenmukaistamisesta (EUVL L 96, 29.3.2014, s. 309).

**▼ B**

- i) sellaisten kädessä pidettävien laitteiden moottorit, joiden painoa tuetaan kädellä laitetta käytettäessä;
- j) sellaisten kädellä ohjattavien laitteiden moottorit, joita liikuteetaan laitetta käytettäessä;
- k) moottorit, jotka on varustettu mekaanisella kommutaattorilla;
- l) täysin suljetut, tuulettamattomat moottorit (TENV-moottorit);

**▼ M1**

- m) moottorit, jotka on saatettu markkinoille ennen 1 päivää heinäkuuta 2029 korvaamaan samanlaisia, tuotteisiin rakenteellisesti integroituja moottoreita, jotka on saatettu markkinoille ennen 1 päivää heinäkuuta 2021 liitteessä I olevan 1 kohdan a alakohdassa tarkoitettujen moottoreiden osalta ja ennen 1 päivää heinäkuuta 2023 liitteessä I olevan 1 kohdan b alakohdassa tarkoitettujen moottoreiden osalta, ja joita markkinoidaan nimenomaan korvaavina moottoreina;

**▼ B**

- n) moninopeusmoottorit eli moottorit, joilla on useita käämityksiä tai vaihdettavissa oleva käämitys erilaisia napalukuja ja nopeuksia varten;
  - o) moottorit, jotka on suunniteltu erityisesti sähkökäyttöisiä vetoajoneuvoja varten.
- (3) Liitteessä I olevan 3 jakson sekä 4 jakson 1, 2 ja 5–10 kohdan vaatimuksia ei sovelleta seuraaviin taajuusmuuttajiin:
- a) tuotteeseen integroidut taajuusmuuttajat, joiden energiatehokkuutta ei voida testata erillään kyseisestä tuotteesta, eli testausyritys tekisi taajuusmuuttajan tai tuotteen toimintakyvyttömäksi;
  - b) taajuusmuuttajat, jotka on erityisesti kvalifioitu takaamaan direktiivin 2009/71/Euratom 3 artiklassa määriteltyjen ydinlaitosten turvallisuus;
  - c) regeneratiiviset taajuusmuuttajat;
  - d) taajuusmuuttajat, joilla on sinimuotoinen sisääntulovirta;
- ▼ M1**
- e) taajuusmuuttajat, jotka koostuvat yhdestä kaapista, joka sisältää taajuusmuuttajia, jotka ovat kaikki tämän asetuksen mukaisia.

**▼ B***3 artikla***Määritelmät**

Tässä asetuksessa tarkoitetaan:

- (1) 'sähkömoottorilla' tai 'moottorilla' laitetta, joka muuntaa sähköisen tulotehon pyörimisliikkeen muodossa olevaksi mekaaniseksi lähtötehoksi, jonka pyörimisnopeus ja vääntömomentti riippuvat moottorin syöttöjännitteen taajuuden ja moottorin napaluvun kaltaisista tekijöistä;

**▼ M1**

- 2) "taajuusmuuttajalla" sähköistä tehonmuunninta, joka jatkuvasti muuntaa yhteen moottoriin syötettävää sähkötehoa, jotta moottorin mekaanista lähtötehoa voidaan ohjata kuorman momentti- ja nopeusominaisuuksien mukaan, muokkaamalla syöttöjännitteen moottorille syötettäväksi vaihtuvaksi syöttötaajuudeksi ja -jännitteeksi. Siihen sisältyvät kaikki suojalaitteet ja apulaitteet, jotka on integroitu taajuusmuuttajaan;

**▼B**

- (3) moottorin 'energiatehokkuudella' sen mekaanisen lähtötehon suhdetta sen ottamaan sähköiseen päätötehoon;
- (4) 'navalla' moottorin pyörivän magneettikentän tuottamaa pohjois- tai etelänapaa; napojen kokonaismäärä määrää moottorin perusnopeuden;
- (5) 'jatkuvalle käytölle' kykyä käydä jatkuvasti nimellisteholla siten, että lämpötilan nousu tapahtuu tietyn eristys-lämpötilaluokan sisällä; luokat määritellään nimelliskäyttötapoina S1, S3  $\geq 80$  % tai S6  $\geq 80$  % standardien mukaisesti;
- (6) 'vaiheella' sähköverkon rakenteellista tyyppiä;
- (7) 'verkkosähköllä' sähköverkosta otettavaa virtaa;
- (8) 'mekaanisella kommutaattorilla varustetulla moottorilla' moottoria, jossa mekaaninen laite muuttaa virran suuntaa;
- (9) 'johdottomalla tai akkukäyttöisellä laitteella' laitetta, joka saa energiansa akusta ja voi näin suorittaa aiotun toimintonsa ilman liittämistä virtalähteeseen;
- (10) 'kädessä pidettävällä laitteella' siirrettävää laitetta, joka on tarkoitettu pidettäväksi kädessä tavanomaisessa käytössä;
- (11) 'kädellä ohjattavalla laitteella' muualla kuin tiellä käytettävää liikkuvaan laitetta, jota käyttäjä liikuttaa ja ohjaa tavanomaisessa käytössä;
- (12) 'täysin suljetulla, tuulettamattomalla moottorilla' tai 'TENV-moottorilla' moottoria, joka on suunniteltu ja spesifioitu käymään ilman puhallinta ja joka johtaa lämpöä pois pääasiassa luonnollisen ilmanvaihdon tai moottorin täysin suljetun pinnan säteilyn kautta;
- (13) 'regeneratiivisella taajuusmuuttajalla' taajuusmuuttajaa, joka pystyy tuottamaan energiaa kuormasta sähköverkkoon; se toisin sanoen aiheuttaa tulojännitteeseen tulovirran  $180 \pm 20$  asteen vaihesiirtymän, kun moottori jarruttaa;
- (14) 'taajuusmuuttajalla, jossa tulovirta on sinimuotoista' taajuusmuuttajaa, jonka tulovirran aallot ovat sinimuotoisia ja jolle on luonnetunomaista alle 10 prosentin kokonaisylialtosisältö;
- (15) 'jarrumoottorilla' moottoria, joka on varustettu sähkömekaanisella jarruyksiköllä, joka vaikuttaa suoraan moottorin akseliin ilman kytkentöjä;
- (16) 'Ex eb -tyypin korotetun räjähdysuojan moottorilla' moottoria, joka on tarkoitettu käytettäväksi räjähdysvaarallisissa tiloissa ja on Ex eb -sertifioitu standardien mukaisesti;
- (17) 'muulla räjähdysuojatulla moottorilla' moottoria, joka on tarkoitettu käytettäväksi räjähdysvaarallisissa tiloissa ja on Ex ec-, Ex tb-, Ex tc-, Ex db- tai Ex dc-sertifioitu standardien mukaisesti;

**▼B**

- (18) taajuusmuuttajan 'testikuormalla' testaustarkoituksessa käytettävää sähkölaitetta, jolla määritetään antovirta ja sen perusaallon tehokerroin ( $\cos \varphi$ );
- (19) 'vastaavalla mallilla' mallia, jolla on toimitettavien teknisten tietojen osalta samat tekniset ominaisuudet, mutta jonka sama valmistaja, maahantuoja tai valtuutettu edustaja on saattanut markkinoille tai ottanut käyttöön eri mallina, jolla on eri mallitunniste;
- (20) 'mallitunnisteella' yleensä aakkosnumeerista tunnusta, joka erottaa tietyn tuotemallin muista malleista, joilla on sama tavaramerkki tai sama valmistajan, maahantuojan tai valtuutetun edustajan nimi;
- (21) 'todistetulla testauksella' toisen osapuolen tutkittavalle tuotteelle tekemän fyysisen testauksen aktiivista seuraamista, jotta voidaan tehdä päätelmät testin ja testitulosten luotettavuudesta. Niihin voivat sisältyä päätelmät siitä, ovatko käytetyt testaus- ja laskentamenetelmät sovellettavien standardien ja lainsäädännön mukaisia;
- (22) 'tehdastestillä' (FAT-testi) tilatun tuotteen testausta, jossa asiakas käyttää todistettua testausta varmentaa, että tuote on täysin sopimusvaatimusten mukainen, ennen kuin tuote hyväksytään tai otetaan käyttöön;

**▼M1**

- 23) "ilmoitetuilla arvoilla" arvoja, jotka valmistaja, maahantuoja tai valtuutettu edustaja on antanut ilmoitetuista, lasketuista tai mitatuista teknisistä parametreista 5 artiklan mukaisesti jäsenvaltioiden viranomaisten suorittamaa vaatimustenmukaisuuden varmentamista varten.

**▼B***4 artikla***Ekosuunnitteluvaatimukset**

Liitteessä I esitetyt ekosuunnitteluvaatimuksia sovelletaan siinä mainituista päivämääristä alkaen.

*5 artikla***Vaatimustenmukaisuuden arviointi**

1. Direktiivin 2009/125/EY 8 artiklassa tarkoitettu vaatimustenmukaisuuden arviointimenettely on joko mainitun direktiivin liitteessä IV säädetty sisäinen suunnittelun valvontajärjestelmä tai mainitun direktiivin liitteessä V säädetty hallintajärjestelmä.

**▼M1**

2. Direktiivin 2009/125/EY 8 artiklan mukaista vaatimustenmukaisuuden arviointia varten laadittavaan moottoreiden tekniseen dokumentaatioon on sisällyttävä jäljennös tämän asetuksen liitteessä I olevan 2 kohdan mukaisesti annetuista tuotetiedoista sekä yksityiskohtaiset tiedot ja tulokset tämän asetuksen liitteessä II ja tarvittaessa liitteessä I olevassa 1 kohdassa esitetystä laskelmasta.

**▼ M1**

3. Direktiivin 2009/125/EY 8 artiklan mukaista vaatimustenmukaisuuden arviointia varten laadittavaan taajuusmuuttajien tekniseen dokumentaatioon on sisällyttävä jäljennös tämän asetuksen liitteessä I olevan 4 kohdan mukaisesti annetuista tuotetiedoista sekä yksityiskohtaiset tiedot ja tulokset tämän asetuksen liitteessä II ja tarvittaessa liitteessä I olevassa 3 kohdassa esitetystä laskelmista.

**▼ B**

4. Jos tietyn mallin tekninen dokumentaatio sisältää tietoja, jotka on saatu

- a) mallista, jolla on toimitettavien teknisten tietojen kannalta samat tekniset ominaisuudet mutta eri valmistaja; tai
- b) laskemalla suunnittelun perusteella tai ekstrapoloimalla toisesta saman tai eri valmistajan mallista tai molemmilla näillä tavoilla,

tekniisiin asiakirjoihin on sisällyttävä yksityiskohtaiset tekniset tiedot tällaisesta laskelmasta ja laskelmien tarkkuuden todentamista koskevasta valmistajan suorittamasta arvioinnista sekä tarvittaessa eri valmistajien mallien yksilöinti-ilmoitus.

Tekniseen dokumentaatioon on sisällyttävä luettelo kaikista vastaavista malleista mallitunnisteineen.

*6 artikla***Tarkastusmenettely markkinavalvontaa varten**

Suurittaessaan direktiivin 2009/125/EY 3 artiklan 2 kohdassa tarkoitettuja markkinavalvontatarkastuksia jäsenvaltioiden on noudatettava liitteessä III vahvistettua tarkastusmenettelyä.

*7 artikla***Vaatimusten kiertäminen ja ohjelmistopäivitykset**

Valmistaja, maahantuojaja tai valtuutettu edustaja ei saa saattaa markkinoille tuotteita, jotka on suunniteltu havaitsemaan, milloin niitä testataan (esimerkiksi tunnistamalla testausolosuhteet tai testisykli), ja reagoimaan muuttamalla automaattisesti testin aikaista suorituskykyään, jotta sillä saavutettaisiin suotuisampi taso minkä tahansa sellaisen parametrin osalta, joka täsmennetään tässä asetuksessa tai jonka valmistaja, maahantuojaja tai valtuutettu edustaja on ilmoittanut teknisessä dokumentaatioissa tai joka annetaan missä tahansa tuotteen mukana toimitetussa asiakirjassa.

Tuotteen energiankulutuksen ja muiden ilmoitettujen parametrien arvot eivät saa heikentyä ohjelmisto- tai laitteistopäivityksen jälkeen, kun mittauksessa käytetään samaa testausstandardia, jota alun perin käytettiin vaatimustenmukaisuusvakuutusta varten, ellei loppukäyttäjä ole antanut tähän nimenomaisesti suostumustaan ennen päivitystä. Suorituskyky ei saa heikentyä päivityksen hylkäämisen vuoksi.

Ohjelmistopäivitys ei saa koskaan muuttaa tuotteen suorituskykyä siten, että tuote ei enää ole vaatimustenmukaisuusvakuutukseen sovellettavien ekosuunniteluvaatimusten mukainen.

**▼B***8 artikla***Viitearvot**

Viitearvot markkinoilla tämän asetuksen antamisajankohtana oleville suorituskyykyisimmille moottoreille ja taajuusmuuttajille esitetään liitteessä IV.

*9 artikla***Uudelleentarkastelu**

Komissio tarkastelee tätä asetusta uudelleen teknologian kehityksen valossa ja esittää arvioinnin tulokset ja tarvittaessa asetuksen tarkistamista koskevan ehdotusluonnoksen kuulemisfoorumille viimeistään 14. marraskuuta 2023.

Uudelleentarkastelussa arvioidaan erityisesti seuraavien seikkojen tarkoituksenmukaisuus:

- (1) uusien resurssitehokkuusvaatimusten asettaminen tuotteille kiertotalouden tavoitteiden mukaisesti, mukaan lukien kestomagneettimoottoreissa käytettävien harvinaisten maametallien tunnistaminen ja uudelleenkäyttö;
- (2) tarkastuksissa sallittujen poikkeamien taso;
- (3) tiukempien vaatimusten asettaminen moottoreille ja taajuusmuuttajille;
- (4) energiatehokkuutta koskevien vähimmäisvaatimusten asettaminen moottoreille, joiden nimellisjännite on yli 1 000 V;
- (5) vaatimusten asettaminen yhdessä markkinoille saatettujen moottoreiden ja taajuusmuuttajien yhdistelmille sekä rakenteellisesti integroiduille taajuusmuuttajille (yhdistetyt voimansiirtojärjestelmät);
- (6) 2 artiklan 2 ja 3 kohdassa esitetyt vapautukset;
- (7) muiden moottorityyppien lisääminen soveltamisalaan, mukaan lukien kestomagneettimoottorit.

*10 artikla***Kumoaminen**

Kumotaan asetus (EY) N:o 640/2009 1 päivästä heinäkuuta 2021.

*11 artikla***Asetuksen (EY) N:o 641/2009 muuttaminen**

- (1) Korvataan 1 artiklan 2 kohdan b alakohta seuraavasti:

”b) tuotteisiin integroitaviin kiertovesipumppuihin, jotka on saatettu markkinoille viimeistään 1 päivänä tammikuuta 2022 vaihto-osana samanlaisille tuotteisiin integroiduille kiertovesipumppuille, jotka on saatettu markkinoille viimeistään 1 päivänä elokuuta 2015, ja joita markkinoidaan nimenomaan vaihto-osina, lukuun ottamatta liitteessä I olevan 2 kohdan 1 alakohdan e alakohdassa tarkoitettuja tuotetietovaatimuksia.”

- (2) Korvataan liitteessä I olevan 2 kohdan 1 alakohdan e alakohta seuraavasti:



**▼B**

”e) tuotteisiin integroitavista kiertovesipumpuista, jotka on saatettu markkinoille viimeistään 1 päivänä tammikuuta 2022 vaihto-osana samanlaisille tuotteisiin integroiduille kiertovesipumpuille, jotka on saatettu markkinoille viimeistään 1 päivänä elokuuta 2015, vaihto-osana toimitettavassa kiertovesipumpussa tai sen pakkauksessa on ilmoitettava selvästi, mille tuotteelle (tuotteille) se on tarkoitettu.”

*12 artikla***Voimaantulo ja soveltaminen**

Tämä asetus tulee voimaan kahdentenakymmenentenä päivänä sen jälkeen, kun se on julkaistu *Euroopan unionin virallisessa lehdessä*.

Sitä sovelletaan 1 päivästä heinäkuuta 2021. Kuitenkin 7 artiklan ensimmäistä kohtaa ja 11 artiklaa sovelletaan 14. marraskuuta 2019.

Tämä asetus on kaikilta osiltaan velvoittava, ja sitä sovelletaan sellaisenaan kaikissa jäsenvaltioissa.

**▼ B***LIITE I***MOOTTOREIDEN JA TAAJUUSMUUTTAJIEN EKOSUUNNITTELUVAATIMUKSET****1. MOOTTOREIDEN ENERGIATEHOKKUUSVAATIMUKSET**

Moottoreiden energiatehokkuusvaatimuksia sovelletaan seuraavan aikataulun mukaisesti:

a) 1 päivästä heinäkuuta 2021:

**▼ M1**

- i) kolmivaihemoottoreiden, joiden nimellisteho on 0,75–1 000 kW, joilla on kaksi, neljä, kuusi tai kahdeksan napaa ja jotka eivät ole Ex eb -tyypin korotetun räjähdysuojan moottoreita, energiatehokkuuden on vastattava vähintään taulukossa 2 tai tarvittaessa taulukossa 3b ilmoitettua hyötysuhdetasoa IE3;
- ii) kolmivaihemoottoreiden, joiden nimellisteho on vähintään 0,12 kW ja alle 0,75 kW, joilla on kaksi, neljä, kuusi tai kahdeksan napaa ja jotka eivät ole Ex eb -tyypin korotetun räjähdysuojan moottoreita, energiatehokkuuden on vastattava vähintään taulukossa 1 tai tarvittaessa taulukossa 3a ilmoitettua hyötysuhdetasoa IE2;

**▼ B**

b) 1 päivästä heinäkuuta 2023:

**▼ M1**

- i) Ex eb -tyypin korotetun räjähdysuojan moottoreiden, joiden nimellisteho on 0,12–1 000 kW ja joilla on kaksi, neljä, kuusi tai kahdeksan napaa, sekä yksivaihemoottoreiden, joiden nimellisteho on vähintään 0,12 kW, on vastattava vähintään taulukossa 1 tai tarvittaessa taulukossa 3a ilmoitettua hyötysuhdetasoa IE2;
- ii) kolmivaihemoottoreiden, jotka eivät ole jarrumoottoreita, Ex eb -tyypin korotetun räjähdysuojan moottoreita tai muita räjähdysuojattuja moottoreita ja joiden nimellisteho on 75–200 kW ja joilla on kaksi, neljä tai kuusi napaa, energiatehokkuuden on vastattava vähintään taulukossa 3 tai tarvittaessa taulukossa 3c ilmoitettua hyötysuhdetasoa IE4.

Moottoreiden energiatehokkuus kansainvälisinä energiatehokkuusluokkina (IE) ilmaistuna esitetään taulukoissa 1–3c erilaisille moottorin nimellistehon  $P_N$  arvoille taajuuksilla 50 Hz ja 60 Hz. IE-luokat määritellään nimellistehon ( $P_N$ ) ja nimellisjännitteen ( $U_N$ ) mukaan siten, että viitelämpötila on 25 °C.

50/60Hz:n moottoreissa edellä esitettyjen vaatimusten on täyttyvä sekä 50 Hz:n että 60 Hz:n taajuudella 50 Hz:lle määritetyllä nimellisteholla.

50 Hz:n moottoreissa edellä esitettyjen vaatimusten on täyttyvä 50 Hz:n taajuudella 50 Hz:lle määritetyllä nimellisteholla ja 60 Hz:n moottoreissa 60 Hz:n taajuudella 60 Hz:lle määritetyllä nimellisteholla.

**▼ B***Taulukko 1:***Vähimmäishyötysuhteet  $\eta_n$  hyötysuhdetasolle IE2 50 Hz:n taajuudella (%)**

| Nimellisteho $P_N$<br>[kW] | Napaluku |      |      |      |
|----------------------------|----------|------|------|------|
|                            | 2        | 4    | 6    | 8    |
| 0,12                       | 53,6     | 59,1 | 50,6 | 39,8 |
| 0,18                       | 60,4     | 64,7 | 56,6 | 45,9 |

## ▼B

| Nimellisteho P <sub>N</sub><br>[kW] | Napaluku |      |      |      |
|-------------------------------------|----------|------|------|------|
|                                     | 2        | 4    | 6    | 8    |
| 0,20                                | 61,9     | 65,9 | 58,2 | 47,4 |
| 0,25                                | 64,8     | 68,5 | 61,6 | 50,6 |
| 0,37                                | 69,5     | 72,7 | 67,6 | 56,1 |
| 0,40                                | 70,4     | 73,5 | 68,8 | 57,2 |
| 0,55                                | 74,1     | 77,1 | 73,1 | 61,7 |
| 0,75                                | 77,4     | 79,6 | 75,9 | 66,2 |
| 1,1                                 | 79,6     | 81,4 | 78,1 | 70,8 |
| 1,5                                 | 81,3     | 82,8 | 79,8 | 74,1 |
| 2,2                                 | 83,2     | 84,3 | 81,8 | 77,6 |
| 3                                   | 84,6     | 85,5 | 83,3 | 80,0 |
| 4                                   | 85,8     | 86,6 | 84,6 | 81,9 |
| 5,5                                 | 87,0     | 87,7 | 86,0 | 83,8 |
| 7,5                                 | 88,1     | 88,7 | 87,2 | 85,3 |
| 11                                  | 89,4     | 89,8 | 88,7 | 86,9 |
| 15                                  | 90,3     | 90,6 | 89,7 | 88,0 |
| 18,5                                | 90,9     | 91,2 | 90,4 | 88,6 |
| 22                                  | 91,3     | 91,6 | 90,9 | 89,1 |
| 30                                  | 92,0     | 92,3 | 91,7 | 89,8 |
| 37                                  | 92,5     | 92,7 | 92,2 | 90,3 |
| 45                                  | 92,9     | 93,1 | 92,7 | 90,7 |
| 55                                  | 93,2     | 93,5 | 93,1 | 91,0 |
| 75                                  | 93,8     | 94,0 | 93,7 | 91,6 |
| 90                                  | 94,1     | 94,2 | 94,0 | 91,9 |
| 110                                 | 94,3     | 94,5 | 94,3 | 92,3 |
| 132                                 | 94,6     | 94,7 | 94,6 | 92,6 |
| 160                                 | 94,8     | 94,9 | 94,8 | 93,0 |
| 200–1 000                           | 95,0     | 95,1 | 95,0 | 93,5 |

Taulukko 2:

Vähimmäishyötysuhteet  $\eta_n$  hyötysuhdetasolle IE3 50 Hz:n taajuudella (%)

| Nimellisteho P <sub>N</sub><br>[kW] | Napaluku |      |      |      |
|-------------------------------------|----------|------|------|------|
|                                     | 2        | 4    | 6    | 8    |
| 0,12                                | 60,8     | 64,8 | 57,7 | 50,7 |
| 0,18                                | 65,9     | 69,9 | 63,9 | 58,7 |
| 0,20                                | 67,2     | 71,1 | 65,4 | 60,6 |

## ▼B

| Nimellisteho P <sub>N</sub><br>[kW] | Napaluku |      |      |      |
|-------------------------------------|----------|------|------|------|
|                                     | 2        | 4    | 6    | 8    |
| 0,25                                | 69,7     | 73,5 | 68,6 | 64,1 |
| 0,37                                | 73,8     | 77,3 | 73,5 | 69,3 |
| 0,40                                | 74,6     | 78,0 | 74,4 | 70,1 |
| 0,55                                | 77,8     | 80,8 | 77,2 | 73,0 |
| 0,75                                | 80,7     | 82,5 | 78,9 | 75,0 |
| 1,1                                 | 82,7     | 84,1 | 81,0 | 77,7 |
| 1,5                                 | 84,2     | 85,3 | 82,5 | 79,7 |
| 2,2                                 | 85,9     | 86,7 | 84,3 | 81,9 |
| 3                                   | 87,1     | 87,7 | 85,6 | 83,5 |
| 4                                   | 88,1     | 88,6 | 86,8 | 84,8 |
| 5,5                                 | 89,2     | 89,6 | 88,0 | 86,2 |
| 7,5                                 | 90,1     | 90,4 | 89,1 | 87,3 |
| 11                                  | 91,2     | 91,4 | 90,3 | 88,6 |
| 15                                  | 91,9     | 92,1 | 91,2 | 89,6 |
| 18,5                                | 92,4     | 92,6 | 91,7 | 90,1 |
| 22                                  | 92,7     | 93,0 | 92,2 | 90,6 |
| 30                                  | 93,3     | 93,6 | 92,9 | 91,3 |
| 37                                  | 93,7     | 93,9 | 93,3 | 91,8 |
| 45                                  | 94,0     | 94,2 | 93,7 | 92,2 |
| 55                                  | 94,3     | 94,6 | 94,1 | 92,5 |
| 75                                  | 94,7     | 95,0 | 94,6 | 93,1 |
| 90                                  | 95,0     | 95,2 | 94,9 | 93,4 |
| 110                                 | 95,2     | 95,4 | 95,1 | 93,7 |
| 132                                 | 95,4     | 95,6 | 95,4 | 94,0 |
| 160                                 | 95,6     | 95,8 | 95,6 | 94,3 |
| 200–1 000                           | 95,8     | 96,0 | 95,8 | 94,6 |

Taulukko 3:

Vähimmäishyötysuhteet  $\eta_n$  hyötysuhdetasolle IE4 50 Hz:n taajuudella (%)

| Nimellisteho P <sub>N</sub><br>[kW] | Napaluku |      |      |      |
|-------------------------------------|----------|------|------|------|
|                                     | 2        | 4    | 6    | 8    |
| 0,12                                | 66,5     | 69,8 | 64,9 | 62,3 |
| 0,18                                | 70,8     | 74,7 | 70,1 | 67,2 |

▼ **B**

| Nimellisteho P <sub>N</sub><br>[kW] | Napaluku |      |      |      |
|-------------------------------------|----------|------|------|------|
|                                     | 2        | 4    | 6    | 8    |
| 0,20                                | 71,9     | 75,8 | 71,4 | 68,4 |
| 0,25                                | 74,3     | 77,9 | 74,1 | 70,8 |
| 0,37                                | 78,1     | 81,1 | 78,0 | 74,3 |
| 0,40                                | 78,9     | 81,7 | 78,7 | 74,9 |
| 0,55                                | 81,5     | 83,9 | 80,9 | 77,0 |
| 0,75                                | 83,5     | 85,7 | 82,7 | 78,4 |
| 1,1                                 | 85,2     | 87,2 | 84,5 | 80,8 |
| 1,5                                 | 86,5     | 88,2 | 85,9 | 82,6 |
| 2,2                                 | 88,0     | 89,5 | 87,4 | 84,5 |
| 3                                   | 89,1     | 90,4 | 88,6 | 85,9 |
| 4                                   | 90,0     | 91,1 | 89,5 | 87,1 |
| 5,5                                 | 90,9     | 91,9 | 90,5 | 88,3 |
| 7,5                                 | 91,7     | 92,6 | 91,3 | 89,3 |
| 11                                  | 92,6     | 93,3 | 92,3 | 90,4 |
| 15                                  | 93,3     | 93,9 | 92,9 | 91,2 |
| 18,5                                | 93,7     | 94,2 | 93,4 | 91,7 |
| 22                                  | 94,0     | 94,5 | 93,7 | 92,1 |
| 30                                  | 94,5     | 94,9 | 94,2 | 92,7 |
| 37                                  | 94,8     | 95,2 | 94,5 | 93,1 |
| 45                                  | 95,0     | 95,4 | 94,8 | 93,4 |
| 55                                  | 95,3     | 95,7 | 95,1 | 93,7 |
| 75                                  | 95,6     | 96,0 | 95,4 | 94,2 |
| 90                                  | 95,8     | 96,1 | 95,6 | 94,4 |
| 110                                 | 96,0     | 96,3 | 95,8 | 94,7 |
| 132                                 | 96,2     | 96,4 | 96,0 | 94,9 |
| 160                                 | 96,3     | 96,6 | 96,2 | 95,1 |
| 200–249                             | 96,5     | 96,7 | 96,3 | 95,4 |
| 250–314                             | 96,5     | 96,7 | 96,5 | 95,4 |
| 315–1 000                           | 96,5     | 96,7 | 96,6 | 95,4 |

**▼B**

Sellaisen vähimmäishyötysuhteen määrittämiseksi 50 Hz:n moottoreille 0,12–200 kW:n nimellistehoilla  $P_N$ , jota ei anneta taulukoissa 1, 2 ja 3, käytetään seuraavaa kaavaa:

$$\eta_n = A \times [\log_{10}(P_N/1kW)]^3 + B \times [\log_{10}(P_N/1kW)]^2 + C \times \log_{10}(P_N/1kW) + D$$

A, B, C ja D ovat interpolointikertoimia, jotka määritetään taulukkojen 4 ja 5 mukaisesti.

**▼M1**

Taulukko 3a

Vähimmäishyötysuhteen  $\eta_n$  hyötysuhdetasolle IE2 60 Hz:n taajuudella (%)

| Nimellisteho $P_N$<br>[kW] | Napaluku |      |      |      |
|----------------------------|----------|------|------|------|
|                            | 2        | 4    | 6    | 8    |
| 0,12                       | 59,5     | 64,0 | 50,5 | 40,0 |
| 0,18                       | 64,0     | 68,0 | 55,0 | 46,0 |
| 0,25                       | 68,0     | 70,0 | 59,5 | 52,0 |
| 0,37                       | 72,0     | 72,0 | 64,0 | 58,0 |
| 0,55                       | 74,0     | 75,5 | 68,0 | 62,0 |
| 0,75                       | 75,5     | 78,0 | 73,0 | 66,0 |
| 1,1                        | 82,5     | 84,0 | 85,5 | 75,5 |
| 1,5                        | 84,0     | 84,0 | 86,5 | 82,5 |
| 2,2                        | 85,5     | 87,5 | 87,5 | 84,0 |
| 3,7                        | 87,5     | 87,5 | 87,5 | 85,5 |
| 5,5                        | 88,5     | 89,5 | 89,5 | 85,5 |
| 7,5                        | 89,5     | 89,5 | 89,5 | 88,5 |
| 11                         | 90,2     | 91,0 | 90,2 | 88,5 |
| 15                         | 90,2     | 91,0 | 90,2 | 89,5 |
| 18,5                       | 91,0     | 92,4 | 91,7 | 89,5 |
| 22                         | 91,0     | 92,4 | 91,7 | 91,0 |
| 30                         | 91,7     | 93,0 | 93,0 | 91,0 |
| 37                         | 92,4     | 93,0 | 93,0 | 91,7 |
| 45                         | 93,0     | 93,6 | 93,6 | 91,7 |
| 55                         | 93,0     | 94,1 | 93,6 | 93,0 |
| 75                         | 93,6     | 94,5 | 94,1 | 93,0 |
| 90                         | 94,5     | 94,5 | 94,1 | 93,6 |
| 110                        | 94,5     | 95,0 | 95,0 | 93,6 |
| 150                        | 95,0     | 95,0 | 95,0 | 93,6 |
| 185                        | 95,4     | 95,0 | 95,0 | 93,6 |

▼ **M1**

| Nimellisteho P <sub>N</sub><br>[kW] | Napaluku |      |      |      |
|-------------------------------------|----------|------|------|------|
|                                     | 2        | 4    | 6    | 8    |
| 220                                 | 95,4     | 95,4 | 95,0 | 93,6 |
| 250                                 | 95,4     | 95,4 | 95,0 | 93,6 |
| 300                                 | 95,4     | 95,4 | 95,0 | 93,6 |
| 335                                 | 95,4     | 95,4 | 95,0 | 93,6 |
| 375–1000                            | 95,4     | 95,8 | 95,0 | 94,1 |

Taulukko 3b

**Vähimmäishyötysuhteet  $\eta_n$  hyötysuhdetasolle IE3 60 Hz:n taajuudella (%)**

| Nimellisteho P <sub>N</sub><br>[kW] | Napaluku |      |      |      |
|-------------------------------------|----------|------|------|------|
|                                     | 2        | 4    | 6    | 8    |
| 0,12                                | 62,0     | 66,0 | 64,0 | 59,5 |
| 0,18                                | 65,6     | 69,5 | 67,5 | 64,0 |
| 0,25                                | 69,5     | 73,4 | 71,4 | 68,0 |
| 0,37                                | 73,4     | 78,2 | 75,3 | 72,0 |
| 0,55                                | 76,8     | 81,1 | 81,7 | 74,0 |
| 0,75                                | 77,0     | 83,5 | 82,5 | 75,5 |
| 1,1                                 | 84,0     | 86,5 | 87,5 | 78,5 |
| 1,5                                 | 85,5     | 86,5 | 88,5 | 84,0 |
| 2,2                                 | 86,5     | 89,5 | 89,5 | 85,5 |
| 3,7                                 | 88,5     | 89,5 | 89,5 | 86,5 |
| 5,5                                 | 89,5     | 91,7 | 91,0 | 86,5 |
| 7,5                                 | 90,2     | 91,7 | 91,0 | 89,5 |
| 11                                  | 91,0     | 92,4 | 91,7 | 89,5 |
| 15                                  | 91,0     | 93,0 | 91,7 | 90,2 |
| 18,5                                | 91,7     | 93,6 | 93,0 | 90,2 |
| 22                                  | 91,7     | 93,6 | 93,0 | 91,7 |
| 30                                  | 92,4     | 94,1 | 94,1 | 91,7 |
| 37                                  | 93,0     | 94,5 | 94,1 | 92,4 |
| 45                                  | 93,6     | 95,0 | 94,5 | 92,4 |
| 55                                  | 93,6     | 95,4 | 94,5 | 93,6 |
| 75                                  | 94,1     | 95,4 | 95,0 | 93,6 |
| 90                                  | 95,0     | 95,4 | 95,0 | 94,1 |
| 110                                 | 95,0     | 95,8 | 95,8 | 94,1 |

▼ **M1**

| Nimellisteho P <sub>N</sub><br>[kW] | Napaluku |      |      |      |
|-------------------------------------|----------|------|------|------|
|                                     | 2        | 4    | 6    | 8    |
| 150                                 | 95,4     | 96,2 | 95,8 | 94,5 |
| 185                                 | 95,8     | 96,2 | 95,8 | 95,0 |
| 220                                 | 95,8     | 96,2 | 95,8 | 95,0 |
| 250                                 | 95,8     | 96,2 | 95,8 | 95,0 |
| 300                                 | 95,8     | 96,2 | 95,8 | 95,0 |
| 335                                 | 95,8     | 96,2 | 95,8 | 95,0 |
| 375–1 000                           | 95,8     | 96,2 | 95,8 | 95,0 |

Taulukko 3c

**Vähimmäishyötysuhteet η<sub>n</sub> hyötysuhdetasolle IE4 60 Hz:n taajuudella (%)**

| Nimellisteho P <sub>N</sub><br>[kW] | Napaluku |      |      |      |
|-------------------------------------|----------|------|------|------|
|                                     | 2        | 4    | 6    | 8    |
| 0,12                                | 66,0     | 70,0 | 68,0 | 64,0 |
| 0,18                                | 70,0     | 74,0 | 72,0 | 68,0 |
| 0,25                                | 74,0     | 77,0 | 75,5 | 72,0 |
| 0,37                                | 77,0     | 81,5 | 78,5 | 75,5 |
| 0,55                                | 80,0     | 84,0 | 82,5 | 77,0 |
| 0,75                                | 82,5     | 85,5 | 84,0 | 78,5 |
| 1,1                                 | 85,5     | 87,5 | 88,5 | 81,5 |
| 1,5                                 | 86,5     | 88,5 | 89,5 | 85,5 |
| 2,2                                 | 88,5     | 91,0 | 90,2 | 87,5 |
| 3,7                                 | 89,5     | 91,0 | 90,2 | 88,5 |
| 5,5                                 | 90,2     | 92,4 | 91,7 | 88,5 |
| 7,5                                 | 91,7     | 92,4 | 92,4 | 91,0 |
| 11                                  | 92,4     | 93,6 | 93,0 | 91,0 |
| 15                                  | 92,4     | 94,1 | 93,0 | 91,7 |
| 18,5                                | 93,0     | 94,5 | 94,1 | 91,7 |
| 22                                  | 93,0     | 94,5 | 94,1 | 93,0 |
| 30                                  | 93,6     | 95,0 | 95,0 | 93,0 |
| 37                                  | 94,1     | 95,4 | 95,0 | 93,6 |
| 45                                  | 94,5     | 95,4 | 95,4 | 93,6 |
| 55                                  | 94,5     | 95,8 | 95,4 | 94,5 |
| 75                                  | 95,0     | 96,2 | 95,8 | 94,5 |
| 90                                  | 95,4     | 96,2 | 95,8 | 95,0 |
| 110                                 | 95,4     | 96,2 | 96,2 | 95,0 |



▼ **M1**

| Nimellisteho P <sub>N</sub><br>[kW] | Napaluku |      |      |      |
|-------------------------------------|----------|------|------|------|
|                                     | 2        | 4    | 6    | 8    |
| 150                                 | 95,8     | 96,5 | 96,2 | 95,4 |
| 185                                 | 96,2     | 96,5 | 96,2 | 95,4 |
| 220                                 | 96,2     | 96,8 | 96,5 | 95,4 |
| 250                                 | 96,2     | 96,8 | 96,5 | 95,8 |
| 300                                 | 96,2     | 96,8 | 96,5 | 95,8 |
| 335                                 | 96,2     | 96,8 | 96,5 | 95,8 |
| 375–1 000                           | 96,2     | 96,8 | 96,5 | 95,8 |

▼ **B**

Taulukko 4:

Interpolointikertoimet moottoreille, joiden nimellisteho P on 0,12–0,55 kW

| IE-koodi   | Kertoimet | 2 napaa  | 4 napaa | 6 napaa  | 8 napaa |
|------------|-----------|----------|---------|----------|---------|
| <b>IE2</b> | A         | 22,4864  | 17,2751 | -15,9218 | 6,4855  |
|            | B         | 27,7603  | 23,978  | -30,258  | 9,4748  |
|            | C         | 37,8091  | 35,5822 | 16,6861  | 36,852  |
|            | D         | 82,458   | 84,9935 | 79,1838  | 70,762  |
| <b>IE3</b> | A         | 6,8532   | 7,6356  | -17,361  | -0,5896 |
|            | B         | 6,2006   | 4,8236  | -44,538  | -25,526 |
|            | C         | 25,1317  | 21,0903 | -3,0554  | 4,2884  |
|            | D         | 84,0392  | 86,0998 | 79,1318  | 75,831  |
| <b>IE4</b> | A         | -8,8538  | 8,432   | -13,0355 | -4,9735 |
|            | B         | -20,3352 | 2,6888  | -36,9497 | -21,453 |
|            | C         | 8,9002   | 14,6236 | -4,3621  | 2,6653  |
|            | D         | 85,0641  | 87,6153 | 82,0009  | 79,055  |

Vaihteluvälillä 0,55–0,75 kW vähimmäishyötysuhde määritetään käyttäen arvoille 0,55 kW ja 0,75 kW saatuihin vähimmäishyötysuhteisiin perustuvaa lineaarista interpolointia.

Taulukko 5:

Interpolointikertoimet moottoreille, joiden nimellisteho P on 0,75–200 kW

| IE-koodi   | Kertoimet | 2 napaa | 4 napaa | 6 napaa | 8 napaa |
|------------|-----------|---------|---------|---------|---------|
| <b>IE2</b> | A         | 0,2972  | 0,0278  | 0,0148  | 2,1311  |
|            | B         | -3,3454 | -1,9247 | -2,4978 | -12,029 |
|            | C         | 13,0651 | 10,4395 | 13,247  | 26,719  |
|            | D         | 79,077  | 80,9761 | 77,5603 | 69,735  |

**▼ B**

| IE-koodi | Kertoimet | 2 napaa | 4 napaa | 6 napaa | 8 napaa |
|----------|-----------|---------|---------|---------|---------|
| IE3      | A         | 0,3569  | 0,0773  | 0,1252  | 0,7189  |
|          | B         | -3,3076 | -1,8951 | -2,613  | -5,1678 |
|          | C         | 11,6108 | 9,2984  | 11,9963 | 15,705  |
|          | D         | 82,2503 | 83,7025 | 80,4769 | 77,074  |
| IE4      | A         | 0,34    | 0,2412  | 0,3598  | 0,6556  |
|          | B         | -3,0479 | -2,3608 | -3,2107 | -4,7229 |
|          | C         | 10,293  | 8,446   | 10,7933 | 13,977  |
|          | D         | 84,8208 | 86,8321 | 84,107  | 80,247  |

**▼ M1**

60 Hz:n moottoreiden vähimmäishyötysuhteen määrittämiseksi sellaisella nimellisteholla, jota ei anneta taulukoissa 3a, 3b ja 3c, käytetään seuraavaa sääntöä:

Hyötysuhde nimellisteholla, joka on kahden taulukoissa annetun peräkkäisen arvon puolivälissä tai sen yläpuolella, on suurempi näistä kahdesta hyötysuhteesta.

Hyötysuhde nimellisteholla, joka on kahden taulukoissa annetun peräkkäisen arvon puolivälin alapuolella, on pienempi näistä kahdesta hyötysuhteesta.

**▼ B**

Häviöt määritetään liitteen II mukaisesti.

## 2. MOOTTOREIDEN TUOTETIETOVAATIMUKSET

Jäljempänä 1–13 kohdassa mainitut tuotetiedot on esitettävä näkyvästi

**▼ M1**

a) moottorin mukana toimitettavassa teknisessä tietolomakkeessa tai käyttöoppaassa, jollei tuotteen mukana ole linkkiä nämä tiedot sisältävälle verkkosivulle. Lisäksi voidaan antaa QR-koodi, jossa on linkki tietoihin;

**▼ B**

- b) 5 artiklan mukaista vaatimustenmukaisuuden arviointia varten laadittavassa teknisessä dokumentaatiossa;
- c) moottorin valmistajan, sen valtuutetun edustajan tai maahantuojan vapaasti käytettävissä olevilla internetsivustoilla, ja
- d) tuotteiden, joihin moottori on liitetty rakenteellisesti, mukana toimitettavassa teknisessä tietolomakkeessa.

Teknisessä dokumentaatiossa tiedot on annettava 1–13 kohdassa esitettyssä järjestyksessä. Luettelossa käytettyä sanamuotoa ei tarvitse noudattaa tarkasti. Tekstin sijaan tiedot voidaan esittää selkeästi ymmärrettävinä kaavioina, kuvina tai symboleina:

**▼ M1**

1 päivästä heinäkuuta 2021 liitteessä I olevan 1 kohdan a alakohdassa tarkoitettujen moottoreiden osalta ja 1 päivästä heinäkuuta 2023 liitteessä I olevan 1 kohdan b alakohdan ii alakohdassa tarkoitettujen moottoreiden osalta:

- 1) nimellishyötysuhde ( $\eta_N$ ) täydellä, 75 prosentin ja 50 prosentin nimelliskuurmituksella ja -jännitteellä ( $U_N$ ), kun viitelämpötila on 25 °C, pyöristettynä yhteen desimaaliin;

**▼ B**

- (2) hyötysuhdetaso: 'IE2', 'IE3' tai 'IE4' tämän liitteen ensimmäisen jakson mukaisesti;

**▼B**

- (3) valmistajan nimi tai tavaramerkki, kaupparekisterinumero ja osoite;
- (4) tuotteen mallitunniste;
- (5) moottorin napaluku;
- (6) nimellisteho(t)  $P_N$  tai nimellistehoalue (kW);
- (7) moottorin nimellistulotaajuus(-taajuudet) (Hz);
- (8) nimellisjännite(-jännitteet) tai nimellisjännitealue (V);
- (9) nimellinopeus(-nopeudet) tai nimellinopeusalue (rpm);
- (10) yksivaiheinen vai kolmivaiheinen;
- (11) tiedot toimintaolosuhteista, joihin moottori on suunniteltu:
  - a) korkeus merenpinnasta;
  - b) ympäristön alin ja ylin lämpötila, myös ilmajäähdytteisten moottoreiden osalta;
  - c) jäähdytysnesteen lämpötila tuotteen sisääntulossa, jos sovelletaan;
  - d) suurin käyttölämpötila;
  - e) räjähdysvaaralliset tilat;
- (12) jos katsotaan, että moottori voidaan vapauttaa hyötysuhdevaatimuksista tämän asetuksen 2 artiklan 2 kohdan mukaisesti, syy vapautukseen.

1 päivästä heinäkuuta 2022:

- (13) tehohäviöt prosentteina (%) nimellistehosta seuraavissa eri toimintapisteissä (nopeus; vääntömomentti): (25;25), (25;100), (50;25), (50;50), (50;100), (90;50), (90;100), kun viitelämpötila 25 °C, pyörästettynä yhteen desimaaliin; jos moottori ei sovellu toimimaan yhdessäkään edellä mainitussa toimintapisteessä (nopeus; vääntömomentti), merkitään kohtaan ”N.A.” tai ”Ei sovelleta” (Not applicable).

Edellä 1 ja 2 kohdassa tarkoitettut tiedot sekä valmistusvuosi on merkittävä kestäväällä tavalla moottorin arvokilpeen tai sen lähelle. Jos arvokilven koko ei mahdollista kaikkien 1 kohdassa tarkoitettujen tietojen merkitsemistä, arvokilpeen on merkittävä ainoastaan nimellishyötysuhde täydellä nimelliskuormituksella ja -jännitteellä.

Edellä 1–13 kohdassa lueteltuja tietoja ei tarvitse julkaista vapaasti käytettävissä olevalla internetsivustolla moottoreista, jotka on valmistettu tilaustyönä ja joilla on asiakkaan vaatimusten mukaiset erityiset mekaaniset ja sähköiset ominaisuudet, jos kyseiset tiedot ilmoitetaan asiakkaille esitetyissä kaupallisissa tarjouksissa.

Valmistajien on annettava moottorin mukana toimitettavassa teknisessä tietolomakkeessa tai käyttöoppaassa tiedot mahdollisista varoimista, joita on noudatettava, kun moottoreita kootaan, asennetaan, huolletaan tai käytetään taajuusmuuttajien kanssa.

**▼M1**

Moottoreissa, jotka on tämän asetuksen 2 artiklan 2 kohdan m alakohdan mukaisesti vapautettu hyötysuhdevaatimuksista, tai niiden pakkauksessa ja dokumentaatioissa on ilmoitettava selvästi ”Moottori on tarkoitettu käytettäväksi yksinomaan [...] varaosana” sekä sen tuotteen tai tuotteiden mallitunniste, joihin se on tarkoitettu.

50 Hz:n ja 60 Hz:n moottoreista edellä tarkoitettut tiedot esitetään sovellettavalta taajuudelta, kun taas 50/60 Hz:n moottoreista riittää, että tiedot esitetään 50 Hz:n taajuudelta, lukuun ottamatta nimellishyötysuhdetta täydellä kuormalla, joka on esitettävä sekä 50 Hz:n että 60 Hz:n taajuudelta.

## ▼B

Häviöt määritetään liitteen II mukaisesti.

### 3. TAAJUUSMUUTTAJIEN HYÖTYSUHDEVAATIMUKSET

Taajuusmuuttajien hyötysuhdevaatimuksia sovelletaan seuraavasti:

1 päivästä heinäkuuta 2021 taajuusmuuttajien, jotka on luokiteltu käytettäväksi nimellislähtötehoaltaan 0,12–1 000 kW:n moottoreiden kanssa, tehohäviöt eivät saa ylittää hyötysuhdetason IE2 mukaista suurinta mahdollista tehohäviötä.

Taajuusmuuttajien energiatehokkuus kansainvälisinä energiatehokkuusluokkina (IE) ilmaistauna määritetään tehohäviöiden perusteella seuraavasti:

IE2-luokassa suurin mahdollinen tehohäviö on 25 prosenttia pienempi kuin taulukossa 6 annettu viitearvo.

Taulukko 6.

#### Taajuusmuuttajien häviöiden sekä testikuormituksen perusaallon tehokertoimen viitearvot taajuusmuuttajien IE-luokan määrittämistä varten

| Taajuusmuuttajan näennäisteho (kVA) | Moottorin nimellisteho (kW) (ohjeellinen) | Tehohäviöiden viitearvo (kW) 90 %:lla moottorin staattorin nimellistaajuudella ja 100 %:lla nimellisellä vääntömomentilla | Testikuormituksen perusaallon tehokerroin (cos φ) (+/- 0,08) |
|-------------------------------------|---|---|--|
| 0,278                               | 0,12                                      | 0,100   | 0,73   |
| 0,381                               | 0,18                                      | 0,104   | 0,73   |
| 0,500                               | 0,25                                      | 0,109   | 0,73   |
| 0,697                               | 0,37                                      | 0,117   | 0,73   |
| 0,977                               | 0,55                                      | 0,129   | 0,73   |
| 1,29                                | 0,75                                      | 0,142   | 0,79   |
| 1,71                                | 1,1                                       | 0,163   | 0,79   |
| 2,29                                | 1,5                                       | 0,188   | 0,79   |
| 3,3                                 | 2,2                                       | 0,237   | 0,79   |
| 4,44                                | 3   | 0,299   | 0,79   |
| 5,85                                | 4   | 0,374   | 0,79   |
| 7,94                                | 5,5                                       | 0,477   | 0,85   |
| 9,95                                | 7,5                                       | 0,581   | 0,85   |
| 14,4                                | 11  | 0,781   | 0,85   |
| 19,5                                | 15  | 1,01  | 0,85   |
| 23,9                                | 18,5                                      | 1,21  | 0,85   |

**▼ B**

| Taajuusmuuttajan näennäisteho (kVA) | Moottorin nimellisteho (kW) (ohjeellinen) | Tehohäviöiden viitearvo (kW) 90 %:lla moottorin staattorin nimellistaajuudella ja 100 %:lla nimellisellä vääntömomentilla | Testikuormituksen perusaallon tehokerroin (cos φ) (+/- 0,08) |
|-------------------------------------|---|---|--|
| 28,3                                | 22  | 1,41  | 0,85   |
| 38,2                                | 30  | 1,86  | 0,85   |
| 47                                  | 37  | 2,25  | 0,85   |
| 56,9                                | 45  | 2,70  | 0,86   |
| 68,4                                | 55  | 3,24  | 0,86   |
| 92,8                                | 75  | 4,35  | 0,86   |
| 111                                 | 90  | 5,17  | 0,86   |
| 135                                 | 110                                       | 5,55  | 0,86   |
| 162                                 | 132                                       | 6,65  | 0,86   |
| 196                                 | 160                                       | 8,02  | 0,86   |
| 245                                 | 200                                       | 10,0  | 0,87   |
| 302                                 | 250                                       | 12,4  | 0,87   |
| 381                                 | 315                                       | 15,6  | 0,87   |
| 429                                 | 355                                       | 17,5  | 0,87   |
| 483                                 | 400                                       | 19,8  | 0,87   |
| 604                                 | 500                                       | 24,7  | 0,87   |
| 677                                 | 560                                       | 27,6  | 0,87   |
| 761                                 | 630                                       | 31,1  | 0,87   |
| 858                                 | 710                                       | 35,0  | 0,87   |
| 967                                 | 800                                       | 39,4  | 0,87   |
| 1 088                               | 900                                       | 44,3  | 0,87   |
| 1 209                               | 1 000                                     | 49,3  | 0,87   |

Jos taajuusmuuttajan näennäisteho on kahden taulukossa 6 ilmoitetun arvon välissä, IE-luokan määrittämiseksi käytetään ylempää tehohäviöiden arvoa ja alemmaa testikuormituksen perusaallon tehokertoimen arvoa.

Häviöt määritetään liitteen II mukaisesti.

#### 4. TAAJUUSMUUTTAJIEN TUOTETIETOVAATIMUKSET

1 päivästä heinäkuuta 2021 jäljempänä 1–11 kohdassa mainitut taajuusmuuttajien tuotetiedot on esitettävä näkyvästi

**▼ M1**

- a) taajuusmuuttajan mukana toimitettavassa teknisessä tietolomakkeessa tai käyttöoppaassa, jollei tuotteen mukana ole linkkiä nämä tiedot sisältävälle verkkosivulle. Lisäksi voidaan antaa QR-koodi, jossa on linkki tietoihin;

**▼ B**

- b) 5 artiklan mukaista vaatimustenmukaisuuden arviointia varten laadittavassa teknisessä dokumentaatiossa;
- c) valmistajan, sen valtuutetun edustajan tai maahantuojan vapaasti käytettävissä olevilla internetsivustoilla, ja
- d) tuotteiden, joihin on rakenteellisesti integroitu taajuusmuuttaja, mukana toimitettavassa teknisessä tietolomakkeessa.

Teknisessä dokumentaatiossa tiedot on annettava 1–11 kohdassa esitetyssä järjestyksessä. Luettelossa käytettyä sanamuotoa ei tarvitse noudattaa tarkasti. Tekstin sijaan tiedot voidaan esittää selkeästi ymmärrettävinä kaavioina, kuvina tai symboleina:

- (1) tehohäviöt prosentteina nimellisestä näennäistehosta seuraavissa toimintapisteissä (suhteellinen moottorin staattorin taajuus; suhteellinen vääntömomenttia tuottava virta): (0;25) (0;50) (0;100) (50;25) (50;50) (50;100) (90;50) (90;100) – sekä valmiustilan häviöt, joita syntyy, kun taajuusmuuttajaan on kytketty virta mutta se ei anna virtaa kuormalle, pyöristettynä yhteen desimaaliin;
- (2) hyötysuhdetaso: 'IE2' tämän liitteen kolmannen jakson mukaisesti;
- (3) valmistajan nimi tai tavaramerkki, kaupparekisterinumero ja osoite;
- (4) tuotteen mallitunniste;
- (5) näennäisteho tai näennäistehoalue (kVA);
- (6) ohjeellinen moottorin nimellisteho(t)  $P_N$  tai nimellistehoalue (kW);
- (7) nimellisantovirta (A);
- (8) suurin käyttölämpötila (°C);
- (9) nimellissyöttötaajuus(-taajuudet) (Hz);
- (10) nimellissyöttöjännite (-jännitteet) tai nimellissyöttöjännitealue (V);
- (11) jos katsotaan, että taajuusmuuttaja voidaan vapauttaa hyötysuhdevaatimuksesta tämän asetuksen 2 artiklan 3 kohdan mukaisesti, syy vapautukseen.

Edellä 1–11 kohdassa lueteltuja tietoja ei tarvitse julkaista vapaasti käytettävissä olevalla internetsivustolla taajuusmuuttajista, jotka on valmistettu tilaustyönä ja joilla on asiakkaan vaatimusten mukaiset erityiset sähköiset ominaisuudet, jos kyseiset tiedot ilmoitetaan asiakkaille esitetyissä kaupallisissa tarjouksissa.

**▼ M1**

Edellä 1 ja 2 kohdassa tarkoitetut tiedot sekä valmistusvuosi on merkittävä kestäväällä tavalla taajuusmuuttajan arvokilpeen tai sen lähelle. Jos arvokilven koko ei mahdollista kaikkien 1 kohdassa tarkoitettujen tietojen merkitsemistä, arvokilpeen on merkittävä ainoastaan tehohäviöt prosentteina nimellisestä näennäistehosta (90;100) pyöristettynä yhteen desimaaliin.

**▼ B**

Häviöt määritetään liitteen II mukaisesti.

**▼B***LIITE II***MITTAUSMENETELMÄT JA LASKELMAT**

Tässä asetuksessa säädettyjen vaatimusten noudattamiseksi ja noudattamisen todentamiseksi on mittauksissa ja laskelmissa käytettävä yhdenmukaistettuja standardeja, joiden viitenumerot on julkaistu tätä tarkoitusta varten *Euroopan unionin virallisessa lehdessä*, tai muita luotettavia, tarkkoja ja toistettavissa olevia menetelmiä, joissa otetaan huomioon yleisesti parhaana pidetyt menetelmät.

**1. Moottorit**

Mekaanisen lähtötehon ja sähköisen tulotehon ero johtuu moottorissa tapahtuvista häviöistä. Kokonaishäviöt määritetään seuraavilla menetelmillä, kun viitelämpötila on 25 °C:

— Yksivaihemoottorit: suora mittaus: tuloteho–lähtöteho;

— Kolmivaihemoottorit: häviöiden summa: jäännöshäviöt.

**▼M1**

Liitteessä I olevan 2 kohdan 13 alakohdan mukaisten seitsemän toimintapisteen häviöt on kuitenkin määritettävä joko suoralla tulotehon ja lähtötehon mittauksella tai laskemalla.

**▼B****2. Taajuusmuuttajat**

IE-luokan määrittämiseksi taajuusmuuttajien tehohäviöt määritetään 100-prosenttisen virtaa tuottavan nimellisvääntömomentin sekä moottorin staattorin 90-prosenttisen nimellistaajuuden perusteella.

Häviöt määritetään jommallakummalla seuraavista menetelmistä:

— tuloteho–lähtötehomenetelmä, tai

— kalorimetrimenetelmä.

Testissä käytettävä kytkentätaajuus on 111 kVA:iin (90 kW) asti 4 kHz ja sitä suuremmalla teholla 2 kHz tai valmistajan määrittelemiä tehdasasetuksia vastaava.

Taajuusmuuttajan häviöt voidaan mitata 0–12 Hz:n taajuudella 0 Hz:n sijasta.

Valmistajat tai niiden valtuutetut edustajat voivat myös käyttää yhtä yksittäistä häviöiden määrittämenetelmää. Komponenttivalmistajan tietojen osalta laskelmat on tehtävä käyttäen tyypillisiä tehopuolijohteiden arvoja taajuusmuuttajan todellisessa käyttölämpötilassa tai tietolomakkeessa ilmoitetussa suurimmassa käyttölämpötilassa. Jos komponenttivalmistajan tietoja ei ole käytettävissä, häviöt määritetään mittaamalla. Laskettujen häviöiden ja mitattujen häviöiden yhdistelmän käyttö on sallittu. Erilaiset yksittäiset häviöt lasketaan tai mitataan erikseen, ja kokonaishäviöt määritetään kaikkien yksittäisten häviöiden summana.

**▼B***LIITE III***TARKASTUSMENETTELY MARKKINAVALVONTAA VARTEN****▼M1**

Tässä liitteessä määritellyt tarkastuksissa sallitut poikkeamat koskevat ainoastaan jäsenvaltioiden viranomaisten suorittamia ilmoitettujen arvojen tarkastuksia, eikä valmistaja, maahantuoja tai valtuutettu edustaja saa käyttää niitä sallittuna poikkeamana teknisessä dokumentaatiossa annettuja arvoja määrittäessään tai tulkitsaansa näitä arvoja, jotta vaatimukset saataisiin täytettyä, tai ilmoittaakseen paremman suorituskyvyn jollain muulla tavoin.

**▼B**

Jos malli on suunniteltu havaitsemaan, milloin sitä testataan (esimerkiksi tunnistamalla testausolosuhteet tai testisykli), ja reagoimaan muuttamalla automaattisesti testin aikaista suorituskykyään, jotta sillä saavutettaisiin suotuisampi taso minkä tahansa sellaisen parametrin osalta, joka täsmennetään tässä asetuksessa tai ilmoitetaan teknisessä dokumentaatiossa tai joka annetaan missä tahansa tuotteen mukana toimitetussa asiakirjassa, mallin ja kaikkien vastaavien mallien katsotaan olevan vaatimusten vastaisia.

**▼M1**

Osana direktiivin 2009/125/EY 3 artiklan 2 kohdan mukaisesti tehtävää tarkastusta siitä, onko tuotemalli tässä asetuksessa säädettyjen vaatimusten mukainen, jäsenvaltioiden viranomaisten on noudatettava jäljempänä kuvattua menettelyä liitteessä I tarkoitettujen vaatimusten osalta.

**▼B**

- (1) Jäsenvaltion viranomaisten on tarkastettava yksittäinen mallia edustava laite.
- (2) Mallin katsotaan olevan sovellettavien vaatimusten mukainen, jos
  - a) direktiivin 2009/125/EY liitteessä IV olevan 2 kohdan mukaisessa teknisessä dokumentaatiossa annetut arvot (ilmoitetut arvot) ja tapauksen mukaan näiden arvojen laskemiseen käytetyt arvot eivät ole valmistajan, maahantuojan tai valtuutetun edustajan kannalta suotuisampia kuin mainitun kohdan g alakohdan mukaisesti tehtyjen vastaavien mittausten tulokset; sekä
  - b) ilmoitetut arvot täyttävät kaikki tässä asetuksessa säädetty vaatimukset eikä vaadituissa valmistajan, maahantuojan tai valtuutetun edustajan julkaisemissa tuotetiedoissa ilmoiteta arvoja, jotka ovat valmistajan, maahantuojan tai valtuutetun edustajan kannalta suotuisampia kuin ilmoitetut arvot; sekä
  - c) kun jäsenvaltion viranomaiset testaavat mallia edustavaa laitetta, määritetyt arvot (testauksessa mitatut asiaankuuluvien parametrien arvot ja näiden mittausten perusteella lasketut arvot) ovat taulukossa 7 annettujen vastaavien tarkastuksissa sallittujen poikkeamien rajoissa.
- (3) Jos 2 kohdan a tai b alakohdassa tarkoitettuja tuloksia ei saavuteta, on katsottava, ettei kyseinen malli eikä mikään vastaava malli ole tämän asetuksen mukainen.
- (4) Jos 2 kohdan c alakohdassa tarkoitettua tulosta ei saavuteta
  - a) sellaisten mallien osalta, joita valmistetaan alle viisi kappaletta vuodessa vastaavat mallit mukaan lukien, on katsottava, ettei malli eikä mikään vastaava malli ole tämän asetuksen mukainen;
  - b) sellaisten mallien osalta, joita valmistetaan vähintään viisi kappaletta vuodessa vastaavat mallit mukaan lukien, jäsenvaltion viranomaisten on valittava testattavaksi vielä kolme saman mallin laitetta. Vaihtoehtoisesti kyseiset kolme muuta valittua laitetta voivat olla yhtä tai useampaa vastaavaa mallia.



**▼B**

- (5) Mallin katsotaan olevan sovellettavien vaatimusten mukainen, jos näille kolmelle laitteelle määritettyjen arvojen aritmeettinen keskiarvo on taulukossa 7 annettujen vastaavien tarkastuksissa sallittujen poikkeamien rajoissa.
- (6) Jos 5 kohdan tarkoitettua tulosta ei saavuteta, on katsottava, ettei kyseinen malli eikä mikään vastaavista malleista ole tämän asetuksen mukainen.

**▼M1**

- 7) Jäsenvaltion viranomaisten on toimitettava kaikki asiaa koskevat tiedot muiden jäsenvaltioiden viranomaisille ja komissiolle viipymättä sen jälkeen, kun mallin vaatimustenvastaisuutta koskeva päätös on tehty tämän liitteen 3 tai 6 kohdan tai toisen kohdan mukaisesti.

**▼B**

Jäsenvaltioiden viranomaisten on käytettävä liitteessä II vahvistettuja mittaus- ja laskentamenetelmiä.

Moottoreiden, joiden nimellislähtöteho on 375–1 000 kW, kuljetukseen liittyvät paino- ja kokorajoitukset huomioon ottaen jäsenvaltioiden viranomaiset voivat toteuttaa tarkastusmenettelyn valmistajien, valtuutettujen edustajien tai maahantuojien tiloissa ennen kuin tuotteet otetaan käyttöön. Jäsenvaltion viranomainen voi tehdä kyseisen tarkastuksen omia testauslaitteitaan käyttäen.

Jos kyseisille moottoreille on tarkoitus tehdä tehdastestit (FAT-testit), joissa testataan tämän asetuksen liitteessä I vahvistettuja parametrejä, jäsenvaltion viranomaiset voivat käyttää todistettua testausta tehdastestien aikana kootakseen yhteen testituloksia, joita voidaan käyttää varmennettaessa tutkittavana olevan moottorin vaatimustenmukaisuutta. Viranomaiset voivat pyytää valmistajaa, valtuutettua edustajaa tai maahantuojaa ilmoittamaan tiedot kaikista sellaisista suunnitelluista tehdastesteistä, joilla on merkitystä todistetun testauksen kannalta.

Kahdessa edellä olevassa kohdassa mainituissa tapauksissa jäsenvaltioiden viranomaisten tarvitsee tarkastaa ainoastaan yksi mallia edustava laite. Jos 2 kohdan c alakohdassa tarkoitettua tulosta ei saavuteta, on katsottava, ettei kyseinen malli eikä mikään vastaavista malleista ole tämän asetuksen mukainen.

Tässä liitteessä tarkoitettujen vaatimusten osalta jäsenvaltion viranomaiset saavat soveltaa ainoastaan taulukossa 7 esitettyjä sallittuja poikkeamia ja käyttää 1–7 kohdassa kuvattua menettelyä. Taulukossa 7 esitettyjen parametrien osalta ei saa soveltaa muita poikkeamia, kuten yhdenmukaistetuissa standardeissa tai muissa mittausmenetelmissä sallittuja poikkeamia.

*Taulukko 7.*

**Tarkastuksissa sallitut poikkeamat**

| <i>Parametrit</i>   | <i>Tarkastuksissa sallitut poikkeamat</i>   |
|---|---|
| Kokonaishäviöt (1- $\eta$ ) – moottorit, joiden nimellislähtöteho on 0,12–150 kW.                     | Määritetty arvo (*) saa olla enintään 15 prosenttia suurempi kuin ilmoitetun arvon $\eta$ perusteella laskettu arvo (1- $\eta$ ). |
| Kokonaishäviöt (1- $\eta$ ) – moottorit, joiden nimellislähtöteho on yli 150 kW ja enintään 1 000 kW. | Määritetty arvo (*) saa olla enintään 10 prosenttia suurempi kuin ilmoitetun arvon $\eta$ perusteella laskettu arvo (1- $\eta$ ). |
| Taajuusmuuttajien kokonaishäviöt.   | Määritetty arvo (*) saa olla enintään 10 prosenttia suurempi kuin ilmoitettu arvo.  |

(\*) Jos testataan kolme satunnaisesti valittua laitetta 4 kohdan b alakohdan mukaisesti, määritetty arvo tarkoittaa näille kolmelle muulle yksikölle määritettyjen arvojen aritmeettista keskiarvoa.

*LIITE IV***VIITEARVOT**

Tämän asetuksen antamisajankohtana paras markkinoilla saatavilla oleva teknologia niiden ympäristönäkökohtien osalta, joiden katsottiin olevan merkittäviä ja mitattavissa, on seuraava:

Moottoreiden parhaaksi saatavilla olevaksi teknologiaksi määriteltiin IE4-taso. On olemassa moottoreita, joiden häviöt ovat 20 prosenttia pienemmät, mutta niiden saatavuus on rajoitettu eikä niitä ole saatavilla kaikilla tämän asetuksen soveltamisalaan kuuluvilla tehoalueilla eikä induktiomootoreina.

Taajuusmuuttajien markkinoilla olevan parhaan saatavilla olevan teknologian tehohäviöt ovat 20 prosenttia taulukossa 6 ilmoitetuista häviöiden viitearvoista. Piikarbiditeknologiaa (SiC MOFSET) käyttämällä voidaan vielä vähentää puoli-johteiden tehohäviöitä noin 50 prosentilla perinteiseen ratkaisuun verrattuna.