

Ohje 9

IV-kuntotutkimus

PUHALTIMET

Tämä IV-kuntotutkimusohje koskee erityyppisiä puhaltimia, joita käytetään ilmastointijärjestelmissä ja ilmastointikoneissa. Näitä ovat pääasiassa tavanomaiset keskipakoispuhaltimet, aksiaalipuhaltimet ja huippuimurit. Erityisiin toimintaolosuhteisiin ja käyttösovelluksiin tarkoitettujen puhaltimien käsittely on vähäistä. Puhaltimiin liittyviä komponentteja käsitellään siltä osin kuin niillä on vaikutusta puhaltimien käyttöön ja suoritusarvoihin. Näitä ovat puhaltimiin välittömästi liittyvät liitäntä-, kytkentä-, säätö- ja mittausosat.

Sisällysluettelo

- 1 Asiakirjatarkastus
- 2 Esitarkastus paikan päällä
- 3 Tarkemmat tutkimukset
- 4 Raportointi ja toimenpide-ehdotukset
- 5 Esimerkkikuvia

Liite IVKT 2016 Ohje 9.2 Puhaltimet, liite

1 Asiakirjatarkastus

Tarvittavat asiakirjat

- Ilmanvaihtosuunnitelmat
 - tilojen, konehuoneiden ja puhaltimien asennusten ilmanvaihtopiirustukset ja puhaltimien konekortit, ominaissähkötehot
 - ilmanvaihtotyöselitys/-selostus
 - automaatio-suunnitelmat, ilmanvaihtokoneiden ja puhaltimien toimintaselostus
 - tiedot tiloja palvelevista ilmanvaihtokoneista ja niiden käyttöajoista, paloteknisestä osastoinnista
 - muut mahdolliset ilmanvaihtoon liittyvät suunnitelmat (esim. lämmitys, jäähdytys, vesi- ja viemäri)
- Käyttöönottoasiakirjat
 - ilmavirtojen/kanavistopaineiden mittauspöytäkirjat
 - kanaviston tiiviysmittauspöytäkirjat
 - toimintakokeiden pöytäkirjat
 - muut mahdolliset asiakirjat (esim. lämpötila-, kosteus-, paine-ero-, äänimittaukset)
- Huoltokirja (sisältäen puhaltimen valmistajan ilmoittamat tekniset tiedot eli eritelmat)
- Aiemmat tutkimukset sekä tehdyt korjaukset ja muutokset.

Asiakirjoista tarkastettavat asiat

- Puhaltimien sijainti ja asennustapa
- Erikseen jokaiseen järjestelmään kuuluvat puhallintyyppit
 - Keskipakoispuhallin
 - taaksepäin kaartuvat siivet (esim. ilmastointikoneen puhallin)
 - siroccomalliset siivet (esim. ilmastointikoneen rumpupuhallin)
 - eteenpäin kaartuvat siivet (esim. savukaasupuhallin)
 - suorat säteensuuntaiset siivet (esim. kuljetuspuhallin)
 - muun malliset siivet
 - Aksiaalipuhallin
 - profiilisiivet
 - levymalliset siivet
 - Huippuimuri
 - keskipakoispuhaltimen mallinen huippuimuri
 - puoliakksiaalipuhaltimen mallinen huippuimuri
 - Muu puhallintyyppi
 - kanavapuhallin
 - muu puhallin

- Puhaltimen liitöntätapa kanavistoon
 - Liitöntätapa A: imupuoli vapaasti imevä, painepuoli vapaasti puhaltava
 - Liitöntätapa B: imupuoli vapaasti imevä, painepuoli kanavaan liitetty
 - Liitöntätapa C: imupuoli kanavaan liitetty, painepuoli vapaasti puhaltava
 - Liitöntätapa D: imupuoli kanavaan liitetty, painepuoli kanavaan liitetty
- Puhaltimen ilmavirta (tilavuusvirta puhaltimen imuaukolla)
 - verrataan järjestelmän suunniteltuun ilmavirtaan tai muuhun vaatimustasoon (D2, Sisäilmastoluokitus, tilaajan erityisvaatimukset)
- Puhaltimen kokonaispaine (puhaltimen paine- ja imuaukolla vallitsevien kokonaispaineiden erotus)
- Puhaltimen staattinen paine (puhaltimen paine- ja imuaukolla vallitsevien staattisten paineiden erotus)
- Puhaltimen dynaaminen paine (puhaltimen paineaukossa virtaavan kaasun keskimääräisen nopeuden ja tiheyden mukaan laskettu dynaaminen paine)
- Puhaltimen pyörimisnopeus
- Puhaltimen oktaaviäänitehotasot kanavistoon ja ympäristöön
 - Mittauksiin perustuvat valmistajan antamat oktaaviäänitehotasot puhaltimen eri suoritusarvoilla
 - Suoritusarvojen perusteella lasketut puhallintyyppin keskimääräiset oktaaviäänitehotasot
- Puhallinjärjestelmän (puhaltimen moottori säätölaitteineen) ottama sähköteho
- Puhaltimen säätötapa
 - Portaittainen pyörimisnopeussäätö
 - kaksi- tai useampinopeuksisella moottorilla
 - välivaihteella (esim. väestönsuojapuhaltimet)
 - Portaaton pyörimisnopeussäätö
 - sähkömoottorin taajuuden säätö
 - sähkömoottorin jännitteen säätö
 - hydraulinen kytkin
 - Kuristussäätö
 - säätöpellillä tai muulla virtaussäätimellä kuristetaan ilmavirtaa
 - Johtosiipisäätö
 - puhaltimen imuaukolle asennetulla johtosiipisäätimellä pienennetään ilmavirtaa aiheuttamalla siipipyörän pyörimissuunnan mukainen pyörimisliike
 - Portaittainen säätö rinnankytketyillä puhaltimilla
 - pysäytetään yksi tai useampia puhaltimia ja suljetaan liitöntähaarojen sulkupellit
 - Lisäksi vain aksiaalipuhaltimelle
 - portaittaisesti muutetaan ilmavirtaa muuttamalla siipipyörän siipikulmia mekaanisesti, kun puhallin ei ole käynnissä
 - portaaton ilmavirran säätö käytön aikana säätämällä siipipyörän siipikulmia säätöjärjestelmän avulla
- Järjestelmän energiatehokkuus
 - järjestelmän suunniteltu ominaissähköteho eli SFP-luku
- Puhaltimen pyörimisnopeuden vaikutus SFP-lukuun.

Tuloksena

- Hyvät lähtötiedot ja yleiskuva paikan päällä tehtävää esitarkastusta ja tutkimusta varten
- Selvitys tarvittavien lähtötietojen puutteista.

2 Esitarkastus paikan päällä

Yleiskartoitus

- Aistiensavaraiset tarkastukset
 - silmämääräinen puhaltimen mekaanisten osien kunnon arviointi
 - imuaukon mitat
 - paineaukon mitat
 - imupuolen liitin
 - painepuolen liitin
 - painepuolen muuntoliitin
 - kiinteä ilmavirtamittari tai mittausanturi
 - kaavun ja siipipyörän akselin läpiviennin tiivistys
 - moottorin jalusta

- laakerit
- kytkin
- puhaltimen alusta
- tärinänvaimentimet
- puhaltimen hihnapyörä
- moottorin hihnapyörä
- käyttöhihnat
- hihnakäytön suojus
- sähköjohtojen kunto ja joustava liitospituus
- mittausletkujen kunto ja joustava liitospituus
 - puhaltimen toiminnan kuuloaistiin perustuva arviointi äänen perusteella
- Käyttöhenkilökunnan haastattelu
- Puhaltimen käyttöajat ja -tavat
 - havaitut poikkeamat suunnitelmista, viat ja puutteet
- Valokuvaus
 - yleiskuva puhaltimen liittymisestä IV-järjestelmään
 - painepuolen liittyminen kanavistoon (joustava liitin, painekanavan koon muutokset, mutkat, haarat, jakolaatikot)
 - imupuolen liittyminen kanavistoon (joustava liitin, imukanavan koon muutokset mutkat, haarat, kokoojalaatikot)
 - tärinäneristimet
 - sähköjohdon ja mittausletkujen asennustapa

Tuloksena

- Tieto siitä, mitä asioita ja missä tulee tutkia ja selvittää tarkemmin.

3 Tarkemmat tutkimukset

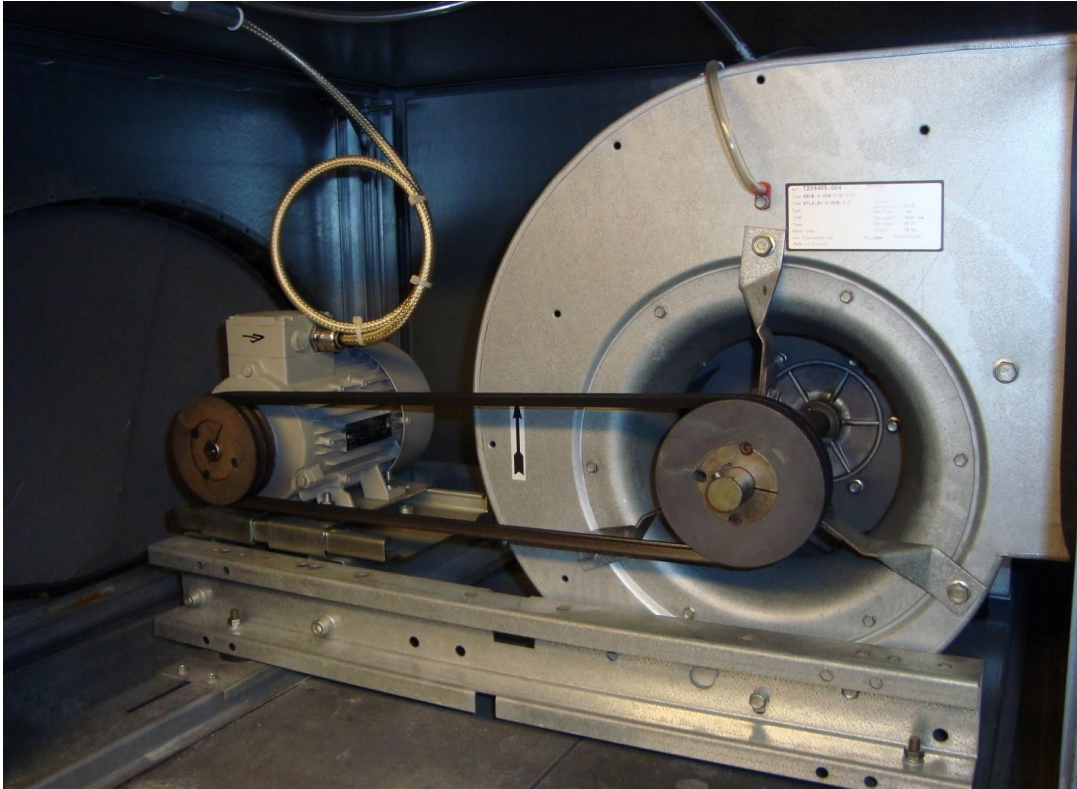
- Riittävän kattava otos
 - kaikki puhaltimet tutkitaan vähintään aistienvaraisesti (silmä, korva, tunto)
- Tutkitaan tarkemmin
 - puhaltimen suunnitelmanmukaisuus, onko mahdollista saavuttaa asetetut vaatimukset
 - puhaltimen pyörimissuunta
 - puhaltimen siipien puhtaus
 - Puhaltimen tärinäneristimien staattisen painuman riittävyys pienimmän pyörimisnopeuden aiheuttaman häiriötaajuuden vaimentamiseen
- Ilmavirtamittaukset puhallinkohtaisella kiinteällä ilmavirtamittarilla tai mittausanturilla
- Puhaltimen sähkötehon mittaaminen ja ominaissähkötehon määrittäminen (erillinen laskentaohje)
- Kanavapaineiden mittaaminen
- Lämpötilojen, kosteuksien ja komponenttien paine-erojen mittaukset puhaltimen paineiden ja ilmavirtojen määrittämiseksi
- Puhaltimen pyörimisnopeuksien mittaaminen
- Puhaltimen aiheuttamien äänihaittojen arviointi ja paikantaminen mittaamalla äänitasot
 - mitataan huoneiden äänitasot useasta pisteestä (ks. äänitekniset tarkastelut-ohje)
 - A-äänitasot käyttöilmavirroilla ja tehostetuilla ilmavirroilla
 - mitataan rakennuksen ulkopuolella äänitasot useasta pisteestä
 - A-äänitasot käyttöilmavirroilla ja tehostetuilla ilmavirroilla
 - äänilähteen paikannus
 - mitataan oktaaviäänitasot käyttöilmavirroilla ja tehostetuilla ilmavirroilla
 - verrataan mitattuja oktaaviäänitasoja tyypillisten puhaltimien, komponenttien ja ilmavuo-
tojen äänispektreihin (ks. äänitekniset tarkastelut-ohje)
 - tehdään arvio siitä, onko puhallin äänihäiriön mahdollinen aiheuttaja
 - varmennetaan äänilähde ja sen paikka lisämittauksin ja suoritusarvojen analyysien avulla
- Puhaltimen asennustavan vaikutus suoritusarvoihin
 - Keskipakoispuhaltimessa toispuolinen virtaus imuaukossa
 - jyrkät poikkipinnan muutokset lähellä imuaukkoa
 - kulma tai käyrä lähellä imuaukkoa
 - Keskipakoispuhaltimessa pyörivä virtaus imuaukossa

- imuaukon edessä kaksi peräkkäistä mutkaa toisiaan vastaan kohtisuorissa tasoissa
 - kulma tai käyrä lähellä imuaukkoa
 - Keskipakoispuhaltimessa epätasainen virtaus paineaukossa
 - eri suuntiin paineaukosta suunnatut käyrät ja kulmat ovat painehäviöiltään eriarvoiset
 - pienennetään kulmaa sopivalla puhaltimen puhallussuunnan valinnalla
 - Aksiaalipuhaltimessa epätasainen virtaus imuaukossa
 - virtauksen kuroutuminen niin, etteivät siipien kärjet saa riittävästi ilmaa (kuroutuva imuvirtaus)
 - toispuolinen imuvirtaus käyrän vaikutuksesta
 - vapaasti imevän puhaltimen imuaukon lähellä olevat esteet riittävän kauas ($L > 0,5D$)
 - Aksiaalipuhaltimen painepuolella virtaushäiriö
 - vähintään kahden halkaisijan pituinen kanava tai hajotin ennen ulospuhallusta
 - ilman kiihtyvän pyörimisliikkeen pienentäminen ennen kanavan supistusta loivalla supistusosalla tai oikaisevalla johdesiivistöllä
 - ennen mutkaa riittävä suora kanava ($L > 2D$) tai virtaus oikaistaan johdesiivistöllä
 - vapaasti puhaltavan puhaltimen paineaukon lähellä olevat esteet riittävän kauas ($L > D$)
- Puhallinkäyrän ja laituskäyrän yhteensopivuus
 - Puhallinkäyrän (tilavuusvirta / kokonaispaineikäyrän) muoto
 - jatkuvasti laskeva
 - kukkulan muotoinen
 - satulan muotoinen
 - epävakaan kohdan sisältävä
 - Laituskäyrän (tilavuusvirta / virtausvastus) muoto
 - likimäärin toisen asteen paraabeli
 - vakio-osa lisättynä toisen asteen paraabelilla
 - Käyrien yhteensopivuus
 - puhaltimen ja laitoksen yhteistoiminta on häiriötöntä, kun puhallinkäyrällä ja laituskäyrällä on vain yksi mahdollinen leikkauspiste, johon toimintapiste asettuu
 - puhaltimen ja laitoksen yhteistoiminta häiriintyy ja on epästabiilia, kun puhallinkäyrällä ja laituskäyrällä on useampia leikkauspisteitä, joihin toimintapisteet voivat asettua
 - Puhallinlakien käyttö
 - suoritusarvojen muuntoyhtälöiden eli puhallinlakien käyttö edellyttää, että laitoksen kuristustila pysyy suoritusarvoja muunnettaessa muuttumattomana eli laituskäyrä on toisen asteen paraabeli
 - koska puhallinlait pätevät vain siipipyörateholle, voidaan puhaltimen ottamaa sähkötehoa eri toimintapisteissä arvioida ulkoisista häviöistä johtuen vain likimääräisesti
- Rinnan kytkettyjen puhaltimien yhteistoiminta
 - Toiminnan vakaisuus käytönaikaisissa toimintapisteissä
 - jatkuvasti laskevat puhallinkäyrät: toiminta on aina vakaata
 - kukkulan muotoiset puhallinkäyrät: voi esiintyä vaihtuvia toimintapisteitä ns. ”pumppausilmiö” tyypillisesti taaksepäin kaartuvasiipisillä keskipakoispuhaltimilla
 - satulan muotoiset puhallinkäyrät: voi esiintyä vaihtuvia toimintapisteitä ns. ”pumppausilmiö” tyypillisesti aksiaalipuhaltimilla ja eteenpäin kaartuvasiipisillä keskipakoispuhaltimilla (erityisesti siroccomalliset siivet)
 - epävakaan kohdan sisältävät puhallinkäyrät: tyypillisesti aksiaalipuhaltimilla voi esiintyä voimakasta epävakaaisuutta ja ”pumppausta”
 - Toiminnan epävakaaisuus käytönaikaisissa toimintapisteissä
 - yksittäisen rinnakkain kytketyn puhaltimen säätö takaa puhaltimien epävakaan toiminnan

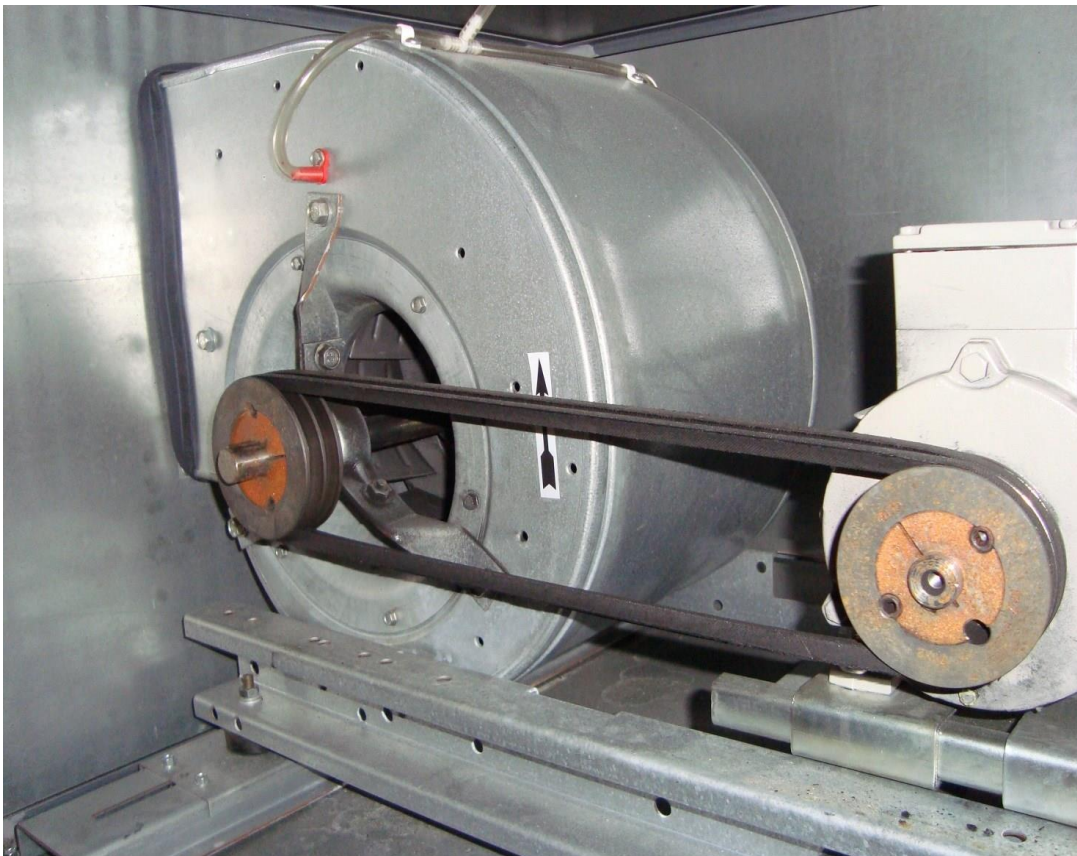
4 Raportointi ja toimenpide-ehdotukset

- Yhteenveto puhaltimien kunnosta ja suoritusarvoista
- Havaitut asiat, jotka heikentävät puhaltimien toimintaa järjestelmän osana
- Tarvittaessa toimenpide-ehdotukset puhaltimien virtaus- ja ääniteknisen toimivuuden ja energiatehokkuuden parantamiseksi.

5 Esimerkkikuvia



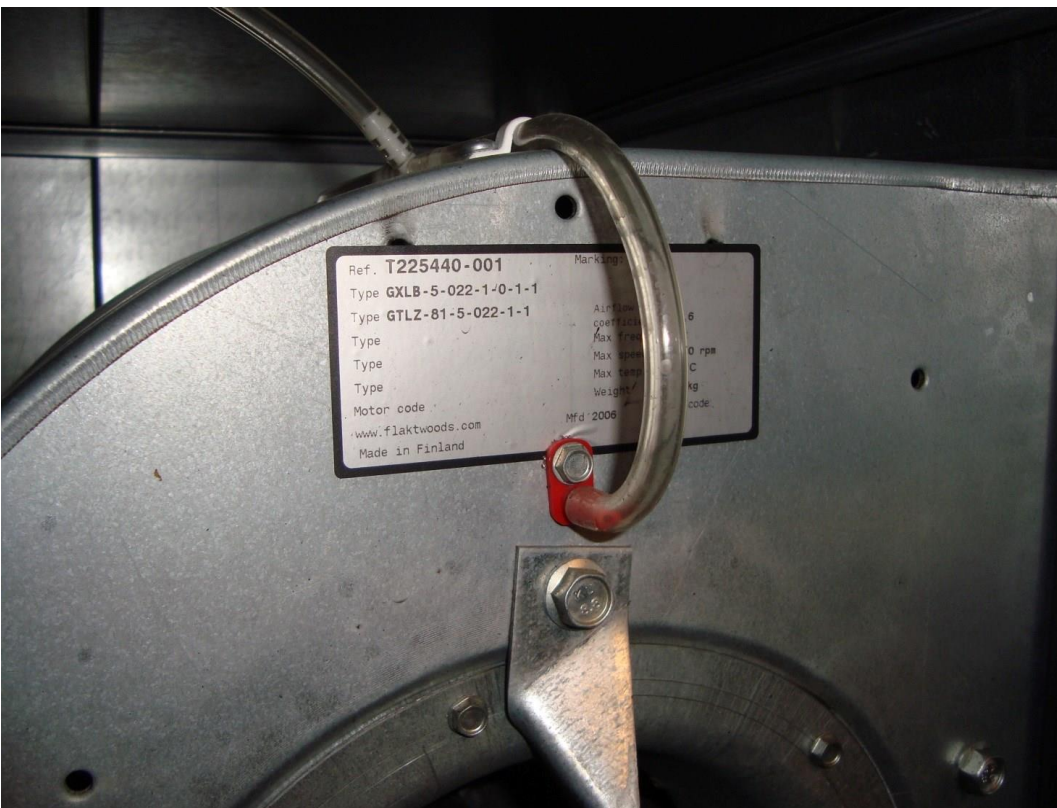
Kuva 1. Puhaltimen yksilöintitiedot löytyvät tyyppikilvestä. Sähköjohtojen ja mittausletkujen kunto ja tukeva, mutta sopivasti joustava kiinnitys pitää tarkastaa.



Kuva 2. Puhaltimen siipipyörän oikea pyörimissuunta ja kiilahihnan sopiva kireys on tarkastettava varoen.



Kuva 3. Kaavuton puhallin. Tärinäeristimien kunto on yksi tarkastuskohde.



Kuva 4. Puhaltimen ilmavirran mittauspaine-eron mittausletkujen kunto, kiinnitys mittausyhteisiin ja reitti puhaltimelta mittauslaitteelle on varmistettava ja tarkastettava ajoittain. Joskus letkujen sisään voi tiivistyä vettä, joka aiheuttaa virheellisen mittau tuloksen.



Kuva 5. Puhaltimien "kuristussäätö" ei ole oikea tapa ilmavirtojen säätöön.

Liite
IVKT 2016 Ohje 9.2 Puhaltimet, liite

Ks. erillinen liitetiedosto.