

Sejo® -paljetasaimien suunnittelu, esimerkkilaskelmat ja asennus

Lämpöliike

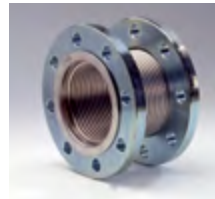
Putkille ominaista on että ne laajenevat tai supistuvat lämpötilan noustessa tai laskiessa. Kiinteissä järjestelmissä muutokset pituudessa voivat kuormittaa järjestelmää huomattavasti. Ongelmasta päästään eroon käyttämällä paljetasaimia.

Laskentaesimerkki

Kompensoi pitkittäistä putken lämpölaajenemista seuraavilla tiedoilla:

Nimellishalkaisija: DN 40
 Nimellispaine: PN 10
 Materiaali: teräsputki P235GH
 lämpölaajenemiskerroin $\alpha = 0,0125 \text{ mm/m}^\circ\text{C}$

Kiintopistevälin putkipituus: $L = 16,5 \text{ m}$
 Virt.aine: Vesi, lämpöjohto
 $T_{\text{max}} = 85 \text{ }^\circ\text{C}$
 $T_{\text{min}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$



Mikä on putken lämpölaajeneminen?

$$\Delta L = L \times \alpha \times (T_{\text{max}} - T_{\text{min}})$$

$$\Delta L = 16,5 \times 0,0125 \times (85 - 20) = 13,4 \text{ mm}$$

Valitse: Sejo® -paljetasain, jossa on hitsauspääty tyyppi ARN 10.0040.024.0 (LVI koodi 1401123), DN 40, PN 10, pituus 144 mm, nimellinen aksiaaliliike $\pm 12 = 24 \text{ mm}$.

Koska paljetasainta käytetään lämpöjohtossa tai juomavesiputkessa, on otettava huomioon DIN 1988 osa 2:ssa määritetty 10.000:n täysijoustoliikkeen rajoitus, jolloin paljetasaimen nimellinen aksiaaliliike on jaettava 1,5:llä.

$24 : 1,5 = 16 \text{ mm}$, joten tämä on sallittu 10 000 kuormitusliikkeen aksiaalinen liike.

Jotta 16 mm:n kokonaislaajenemista voidaan käyttää, paljetasain asennetaan puoliksi esijännitetyssä tilassa.

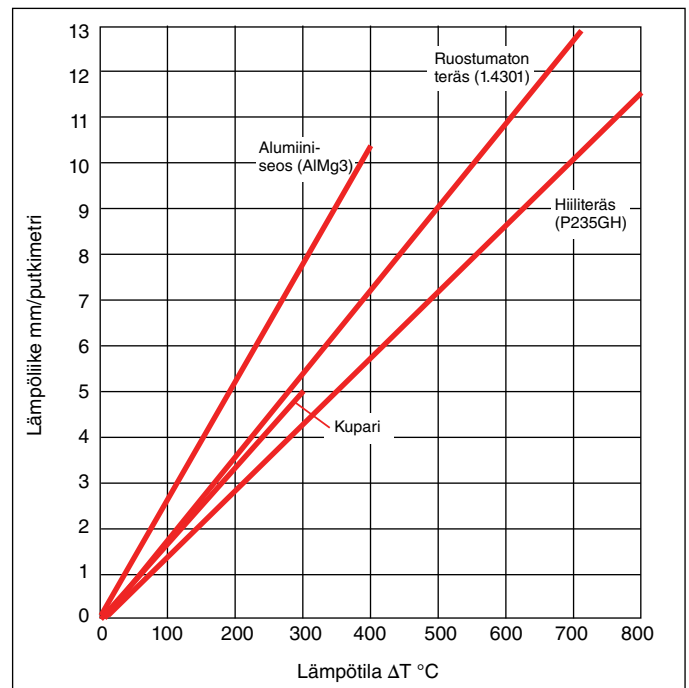
Asennuspituus lasketaan seuraavasti:

$$144 \text{ mm (ilmoitettu pituus)} + (16 : 2) = 152 \text{ mm}$$

Näin paljetasain huolehtii putken laajenemisesta 16 mm asti. Suurimmaksi laajenemiseksi (85 asteessa) laskettiin 13,4 mm, joten kokonaislaajeneminen on riittävä.

Esimerkki:

kahden kiintopisteen välisen putken pituus: 20 m
 lämpötilan nousu nolasta sataan asteeseen: $100 \text{ }^\circ\text{C}$
 materiaali: teräs, laatu P235 GH
 leikkauspiste käyrällä: 1,25 mm
 pituuden muutos: $20 \times 1,25 = 25 \text{ mm}$



Paljetasainten sijoitus

Talotekniikassa paljetasaimia käytetään lämmityksen, jäähdytyksen ja käyttöveden nousuputkissa.

Taitavasti suunniteltu putkisto mahdollistaa jopa neljäkerroksisten rakennusten rakentamisen ilman, että paljetasaimia tarvitaan. Paljetasaimia tarvitaan kuitenkin rakennuksissa, joissa on enemmän kerroksia. Etenkään nousuputkien yksittäisten kerrosten poikittaisputket eivät pysty kompensoimaan pystysuoraa laajentumista näissä rakennuksissa.

Esillä oleva osa nousuputken ja ensimmäisen patterin tai kiintopisteen välissä voi sallia pienen pystyliikkeen (noin 0,1–0,5 % putken pituudesta, riippuen putken halkaisijasta), mutta suuremmat pystyliikkeet voivat aiheuttaa putken halkeamisen tai väsymisen.

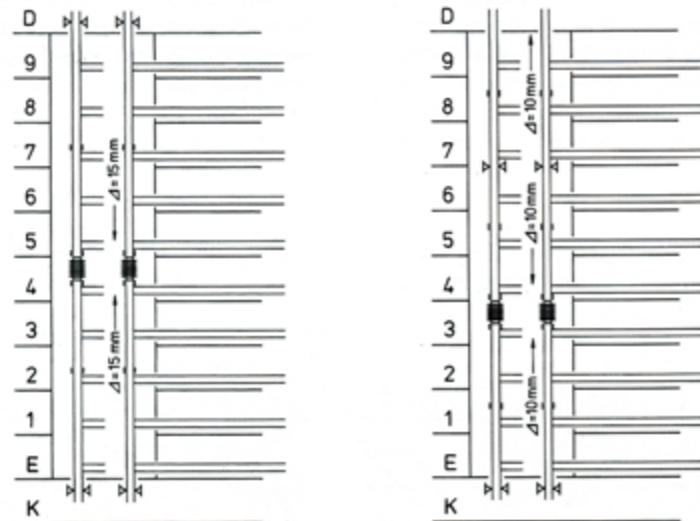
Nousuputken paljetasainten käyttö on tällöin tarpeen. Ne asennetaan niin, että poikittaisputkiin kohdistuu vain hyvin pieni pystyliike tai mieluiten ei pystyliikettä lainkaan.

Jos poikittaisputket ovat hyvin lyhyitä, jokaiseen kerrokseen on asennettava paljetasain. Kun poikittaisputket ovat pidemmät ja paljaat, useampien kerrosten kompensointi voidaan suorittaa kerralla.

Nämä seikat on selitetty yksityiskohtaisemmin seuraavien esimerkkien avulla.

Esimerkki 1

10 kerroksen ja kellarin kattavassa rakennuksessa kompensoidaan nousuputken 30 mm:n liikettä.



Ratkaisu A

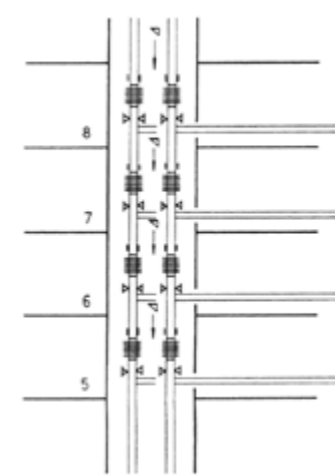
Paljetasain asennetaan rakennuksen puoleenväliin, ja se jakaa aksiaalisen liikkeen. Eniten sivuttaiskuormaa saavat putket ovat tällöin paljetasaimen välittömässä läheisyydessä – suurin pystyliike on tällöin 15 mm.

Ratkaisu B

Paljetasain asennetaan kolmanneksen rakennuksen korkeudesta, ja kahden kolmanneksen kohtaan asennetaan kiintopiste, jotta tämän yllä oleva nousuputki voi laajentua esteittä. 30 mm:n kokonaislaajeneminen jaetaan kolmeen, ja suurin poikittaisputkien pystyliike paljetasaimen välittömässä läheisyydessä on vain 10 mm. Tämä ratkaisu on siis ensisijainen.

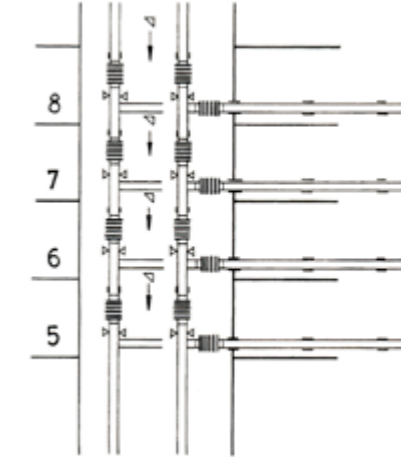
Esimerkki 2

Jos kyseessä on korkeampi rakennus, jossa tarvitaan suurempaa jaottelua, katso esimerkki 2. Esimerkin 1 ratkaisuun B verrattuna tässä esimerkissä voidaan käyttää kahta samanpituista putkea. Periaatteessa pystysuorien putkien pituus tai osioiden määrä määrittää, kuinka paljon poikittaisputket liikkuvat.



Esimerkki 3

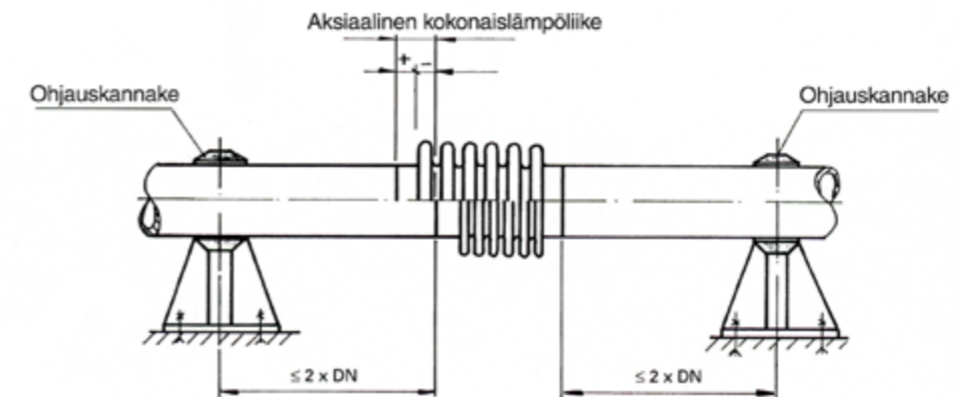
Tässä tapauksessa nousuputkeen asennetaan paljetasain jokaisen kerroksen kohdalle. Niihin liittyvät kiintopisteet sijaitsevat poikittaisputkien vieressä. Näin varmistetaan, että nousuputkien laajeneminen ei voi aiheuttaa poikittaisputkien liikkumista.



Esimerkki 4

Esimerkin 3 tavoin nousuputkessa on jokaisen kerroksen kohdalla paljetasain, mutta sen lisäksi tässä esimerkissä poikittaisputket ovat hyvin pitkiä, joten niihin on asennettu paljetasaimet, jotka sallivat poikittaisputkien suuremmat aksiaaliset liikkeet. Jos nousuputkessa ei ole paljetasainta jokaisen kerroksen kohdalla, siinä tulee käyttää paljetasaimia, joissa ei ole virtausputkia tai suojaputkia, jotta nousuputken sivusuuntainen liike on myös mahdollinen. Suunnittelussa on kuitenkin otettava huomioon, että aksiaalisen ja sivusuuntaisen liikkeen kokonaismäärä ei saa ylittää sallittua kokonaisliikettä.

Paljetasainten esijännitys



Aksiaalipaljetasaimet asennetaan yleensä esijännitettyinä. Näin varmistetaan, että tasainta käytetään parhaalla mahdollisella tavalla sallitun laajenemisen/supistumisen puitteissa.

Esitteidemme mukaan puolet paljetasaimen aksiaaliliikkeestä tulisi olla laajenemista (+) ja puolet supistumista (-): $\pm 15 \text{ mm} = 30 \text{ mm}$ kokonaisliike.

Paljetasaimen esijännittämistä suositellaan myös, vaikka toisen suunnan laajenemiskapasiteettia ei tarvitse hyödyntää kokonaan. Silloin riittää, että esijännitys suoritetaan noin puoleen väliin laajenemismatkan kokonaispituudesta. Jos esimerkiksi kokonaisliikettä on vain 15 mm, on parempi säätää 30 mm laajeneva paljetasain niin, että se toimii $\pm 7,5 \text{ mm}$ sen sijaan, että se pystyisi supistumaan -15 mm toiseen suuntaan, vaikka se onkin sallittua.

Kun pitkän putken lämpölaajeneminen on hyvin suuri, paljetasaimen asennuspituus on laskettava niin, että se ottaa huomioon asennuslämpötilan. Seuraavat kaksi tyypillistä laskelmaa näyttävät, miten tämä tehdään.

	1. Esimerkki	2. Esimerkki
L = paljetasaimen ilmoitettu pituus	200 mm	200 mm
t _{max} = putken ylin mahdollinen lämpötila	+120 °C	+50 °C
t _{min} = putken alin mahdollinen lämpötila	-10 °C	-10 °C
t _e = lämpötila asennuksen aikana	+20 °C	+20 °C
Δ = putken kokonaislaajeneminen asennuspituus alla olevan yhtälön mukaan	30 mm	30 mm
	208 mm	200 mm

$$\text{Asennuspituus} = L + \frac{\Delta}{2} - \frac{\Delta \cdot t_u}{t_d}$$

$$\text{jossa } t_u = T_e - t_{\min}$$

$$t_d = t_{\max} - t_{\min}$$

Täydellä 15 mm:n esijännityksellä paljetasain tulisi asentaa täydellä 215 mm:n pituudellaan. Mutta jos näin edetään, putki jäähtyy silloin tällöin oletettuun alimpaan -10 asteen lämpötilaan, jolloin se supistuu ja olisi kylmempi kuin asennushetkellä. Tällöin paljetasain laajentuisi yli sallitun määrätyn rajan: ensimmäisessä esimerkissä noin 7 mm:llä, toisessa esimerkissä noin 15 mm:llä. Tämä ei vahingoita palkkeita, mutta lyhentää niiden elinikää. Käytännössä esijännityksen tarkkojen laskelmien suorittaminen on voitu jättää väliin varsinkin rakennuksissa, sillä yleensä asennuslämpötila poikkeaa vain hieman odotetusta alimmasta lämpötilasta, jos sitäkään.

Tämän vuoksi voidaan soveltaa seuraavaa nyrkkisääntöä talotekniikka yms. asennuksissa:

$$\text{asennuspituus} = \text{esijännittämätön rakennepituus} + \frac{\text{kokonaislämpöliike}}{2}$$

Jos Sejo® -paljetasaimissa on ulkopuolinen suojaputki, ja ne toimitetaan esijännitettyinä, niiden esijännityssokka pitää poistaa heti asennuksen jälkeen.

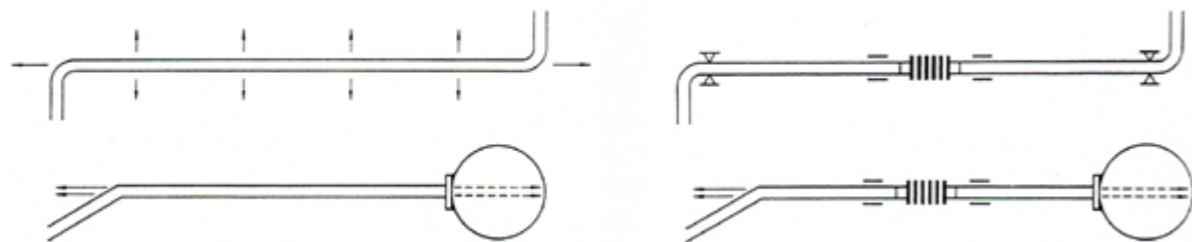
Paljetasaimet, jotka ei ole esijännitettyjä, voidaan esijännittää hieman käsin ilman muita laitteita.

Suurempien tai vähemmän joustavien korkeapainepaljetasainten osalta tarvitaan asianmukaista tilapäisratkaisua, kuten kiristysruuveja, ruuvipuristimia, vanttiruuveja jne. Näissä tapauksissa toinen puoli paljetasaimesta on aina kiinnitetty putkeen pysyvästi etukäteen.

Suunnittelijoiden ja asentajien on erotettava seuraavat pituuskäsitteet toisistaan:

1. rakennepituus (mittataulukon mukaan),
2. asennuspituus, joka on rakennepituus sisältäen asennuspaikalla tehtävän esijännityksen.

Kiintopisteet



Tässä osassa käsitellään yhtä kahdesta asennusvaatimuksesta, jotka eivät ole osa paljetasainta, mutta ovat olennainen osa luotettavaa ja kestävää toimintaa. Toinen vaatimus koskee putken ohjaamista, jota käsitellään seuraavassa luvussa.

Paine- tai tyhjiöputki, joka ei altistu lämpötilalaajenemiselle, ei tarvitse kiintopisteitä, kuten alla kuvataan.

Niihin riittää tuenta, pitimet jne. Piirroksen mukaisesti jäykän järjestelmän painevoimat ovat tasapainossa. Tämä koskee sekä pitkittäis- että poikittaisvoimia. Tilanne muuttuu, kun aksiaalisesti liikuttava elastinen osa lisätään jäykkään järjestelmään, toisin sanoen tiivis, mutta elastinen palje. Kiintopisteeseen kohdistuvat voimat koostuvat seuraavista (tärkeysjärjestyksessä):

- a) painevoima l. reaktiovoima
- b) puristetun palkeen luontainen vastus (aksiaalijousivakio)
- c) putken kitkavoimat (edellyttäen, että putkiohjain on sijoitettu paljetasaimen ja kiintopisteen väliin)

Kaikkia kolmea voimaa käsitellään alla. Suurimmassa osassa sovelluksia ainoa olennainen voima on paineen aiheuttama reaktiovoima.

Kiintopisteiden mitoitus

Paineen aiheuttama reaktiovoima

Paljetasaimen poimutettu rengasmaisen rakenne on pituussuuntaisesti epävakaa, paineesta aiheutuvien sisäisten voimien vastustuskyky on suhteellisen heikko. Painevoima l. reaktiovoima on suhteessa paljetasaimen teholliseen painepinta-alaan (cm²) ja käyttöpaineseen (bar). Paljetasaimessa ei käytön aikana tapahdu halkaisijamuutoksia.

$$F_p = A \cdot p \cdot 10 \quad (\text{kuva 1})$$

$$F_p = \text{painevoima (N)}$$

$$A = \text{teholl. poikkipinta-ala (cm}^2\text{)}$$

$$p = \text{paine (bar)}$$

Palkeiden teholl. poikkipinta-ala kunkin halkaisijan osalta esitetään paljeluetelon taulukoissa.

Suurin osa kiintopisteistä asennetaan kuitenkin putkien käyräosiin. Siksi yksinkertaisella tavalla lasketut painevoimat voivat poiketa huomattavasti. Pienissä kulmamuutoksissa painevoimat voivat olla murto-osa lasketusta arvosta, mutta kerro arvo 1,41:llä, kun kyseessä on 90 asteen käyrä. Kaava kiintopisteen voimille käyrässä on tällöin:

$$F_{pr} = 2 \cdot F_p \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \quad (\text{kuvat 2-4})$$

$$F_{pr} = \text{resultanttipainevoima (N)}$$

$$F_p = \text{painevoima (katso kaava kuva 1) (N)}$$

$$\alpha = \text{putken käyrän kulma (}^\circ\text{) piirrosten mukaan}$$

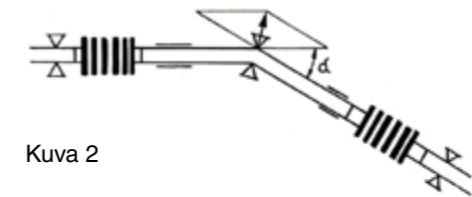
Taulukoiden mukaan DN40 paljetasaimen teholl. poikkipinta-ala on 21 cm², jolloin painevoima 8 bar käyttöpainella kaavan kuva 1 mukaan on 21 x 8 x 10 = 1680 N suoran putken kiintopisteissä.

Putken kiintopisteet altistuvat tälle puristukselle painevoiman takia. Jos kiintopiste sijoitetaan seuraavaan putken osaan 30 asteen kulmassa, puristusvoima on huomattavasti alhaisempi (noin 850 N). Jos putkessa on kulma oikealle, painevoiman vastaanottavan kiintopisteen on oltava huomattavasti vahvempi.

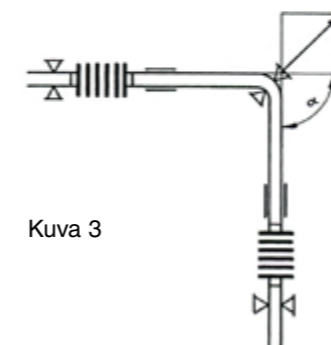
Pienten putkien osalta yksityiskohtaiset laskelmat ovat yleensä tarpeettomia. Näissä voidaan käyttää hyviä ja yksinkertaisia putkipitimiä, esim. teollisuuspitimiä. Kun kyseessä on korkeampi paine, esimerkiksi yli 10 bar, ja halkaisijaltaan suurempi putki, esimerkiksi yli DN 65, laskennalliset voimat on otettava huomioon.



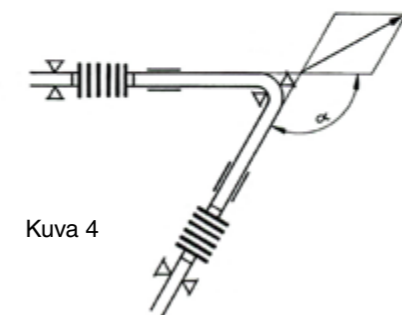
Kuva 1



Kuva 2



Kuva 3



Kuva 4

Paljetasaimen puristusvastus (aksiaalijousivakio)

Aksiaalijousivakio on määritetty paljeluettelon taulukoissa N/mm. Annettu arvo on vain suuntaa antava, mutta yleisiin tarkoituksiin se on täysin riittävä, sillä puristusvastuksen suhde kiintopisteen kokonaisvoimiin on alhainen. Puristuksesta johtuva luontainen jäykkyys, toisin sanoen puolet paljetasaimen sallitusta kokonaisjoustosta, johon laskelmat perustuvat, on teoriassa tehokas vastus:

$$F_{\delta} = \frac{C_{\delta} \cdot \Delta}{2} \quad (\text{Kuva 3})$$

F_{δ} = paljetasaimen vastus (N) täysin puristettuna tai venytettynä
 C_{δ} = palkeen vastus per puristus- tai venymismillimetri, otettu taulukoista (N/mm)
 Δ = laskennallinen paljetasaimen aksiaaliliike (mm)

Putken ohjaimien kitkavoimat

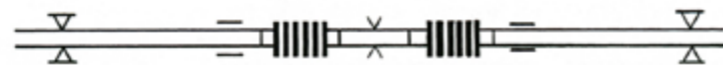
Putken kitkavoimat on vastus, joka muodostuu, kun putki liikkuu ohjainta pitkin. Arvo voi vaihdella huomattavasti ohjainten määrästä, putken ja sen sisällön painosta, eristeestä ja asennuksen tarkkuudesta johtuen. Kitkakerroin määritetään suunnittelijan toimesta tapauskohtaisesti. Putken kitka on kuitenkin vain merkittävä poikkeuksellisissa tilanteissa, mikä tarkoittaa, että käytännössä kiintopisteiden suunnittelussa otetaan huomioon vain painevoima ja joissain tilanteissa paljetasaimen aksiaalijousivakio. Yleensä on syytä muistaa, että kiintopisteiden on oltava jäykkiä. Ne eivät saa joustaa niin paljon, että putki pystyy liikkumaan useita millimetrejä. Useiden paljetasainyhdistelmien käyttäminen on sallittua vain, kun tarpeeksi voimakkaat kiintopisteet estävät voimien siirtymisen ja liikkeen.

$$F_r = \mu \cdot g \cdot l \cdot 10$$

F_r = putken ohjaimien kitkavoimat (N)
 μ = kitkakerroin (yleensä 0,2–0,8)
 g = putken paino per metri (kg/m) eristeet ja sisältö mukaan luettuna
 l = putken pituus (m) paljetasaimesta kiintopisteeseen

Välikiintopiste

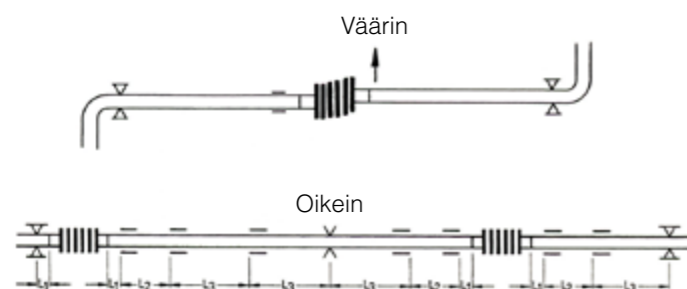
Jos putki on pitkä ja yksittäinen paljetasain ei pysty kompensoimaan odotettua kokonaislaajenemista, putki jaetaan välissä olevin kiintopistein. Alla oleva kuva kertoo, että edellä kuvatut kiintopisteiden voimat kumoutuvat – teoriassa – välikiintopisteen osalta, ainakin silloin, kun se on keskellä kahta identtistä paljetasainta.



Tällainen ihanteellinen tilanne ei kuitenkaan yleensä ole mahdollinen saavuttaa käytännössä: paljetasainten aksiaalijousivakio voi vaihdella, putken kitka ohjaimissa vaihtelee ja putken ohjainten tuentojen tyyppi voi vaihdella. Siksi suosittelemme käyttämään välikiintopisteitä, joiden vahvuus on noin puolet päissä olevien kiintopisteiden vahvuudesta. Tämä koskee kuitenkin vain välikiintopisteitä suorassa putkessa, jonka mitat ja paljetasaimet ovat lähes identtiset. Muissa tapauksissa käytetään samoja kiintopisteitä kuin suoran putken päissä.

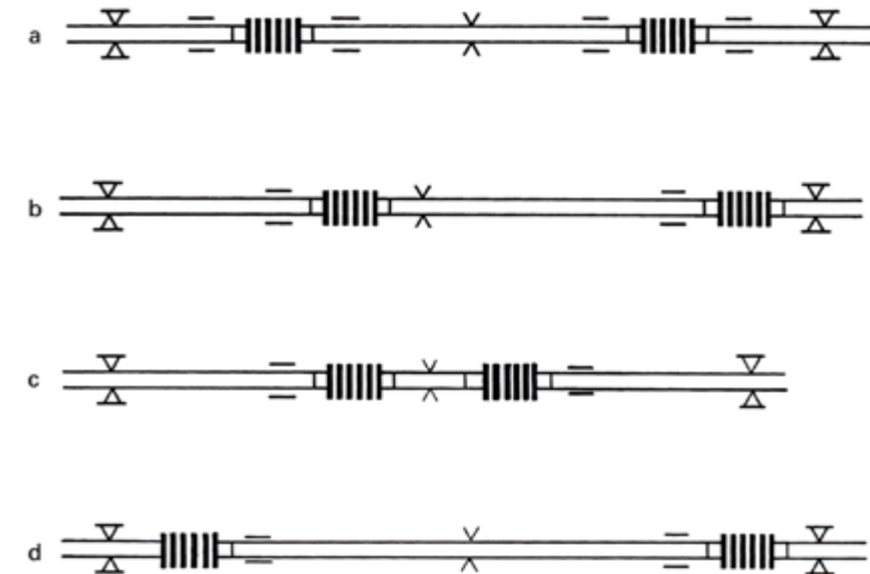
Putken ohjaimet

Hyvän putken ohjaimen tärkeys mainittiin aiemmin kiintopisteitä käsittelevässä osassa. Kiintopisteiden lisäksi asianmukainen putken ohjain on edellytys moitteettomasti toimivalle paljetasaimelle. Putken ohjaimet ovat putkipitimet, liukukannattimet jne., jotka on kiinnitetty putken ympärille, mutta jotka kuitenkin antavat putken liikkua pituussuunnassa, kun se lämpenee tai viilenee – ilman liiallisia toleransseja, mutta kuitenkin niin, ettei niihin kohdistu voimia. Ilman putken ohjaimia se antaa periksi puristusvoimille ja taittuu sivulle. Ohjaimet asennetaan paljetasaimen kummallekin puolelle korkeintaan 2 krt DN:n päähän tasaimesta. Seuraava ohjain asennetaan tavalliseen kiinnitykseen nähden 2/3 matkan välein. Tekniikan kannalta on epäolennaista, onko paljetasain asennettu kiintopisteen välittömään läheisyyteen tai keskelle linjaa: etäisyys L1 on määräävä.



L_1 = enintään 2 x DN (putken nimellis- halkaisija)
 $L_2 = 0,7 \cdot L_3$
 L_3 = vaadittu ohjaimien väli, joka perustuu putken kokoon ja painoon

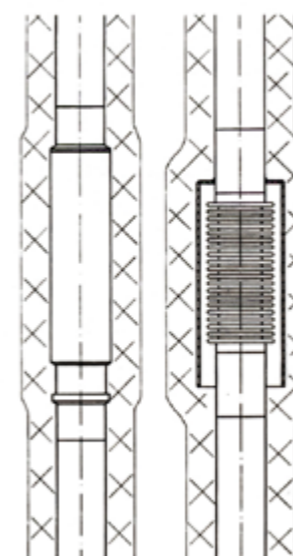
Periaatteessa paljetasain voidaan asentaa mihin tahansa kohtaan putkea ja se toimii silti samalla tavalla. Joskus taloudellisia hyötyjä on tavoiteltavissa. Kuvissa a, c ja d kiintopisteet ja välikiintopisteet on kuormitettu symmetrisesti. Kuvassa c välikiintopisteen rasitus on alhaisin. Kuvissa b, c ja d ohjain voidaan jättää pois kunkin paljetasaimen kohdalta. Kuvassa d päätyjen kiintopisteiden rasitus on alhaisin.



Putkieristykset

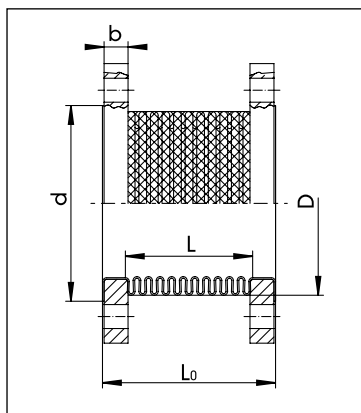
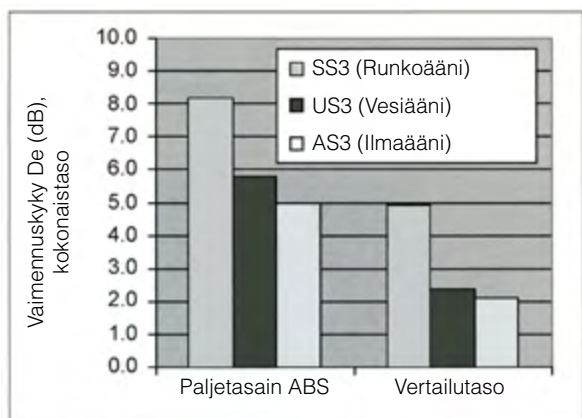
Paljetasain voidaan eristää samalla tavalla kuin muu putki. Tämä on erityisen helppoa, kun käytetään paljetasainta, jossa on ulompi suojaholkki, jonka päälle eriste voidaan laittaa ongelmitta. Paljetasaimet, joista ulkopuolinen suojaputki puuttuu, on myös helposti eristettävissä. Tällöin on suositeltavaa sijoittaa putki tai peltiä paljetasaimen ympärille, lähelle tasainta. Eristysmateriaali, joka ehkä ajan myötä vaurioituu kitkan vaikutuksesta, voi joutua tasaimen taitoksiin.

Tietyillä eristysmateriaaleilla on myös korrodoivia vaikutuksia, kun ne syystä tai toisesta kostuvat (sää, pohjavesi, tiivistyminen). Peiteputket tai -pellit eivät yleensä kuulu paljetasaimen toimitukseen, mutta niiden valmistaminen on helppoa paikan päällä. Putkistoja, joissa on alhainen lämpökuormitus, ei välttämättä tarvitse eristää, sillä lyhyen palkeen lämpöhäviö on minimaalinen.

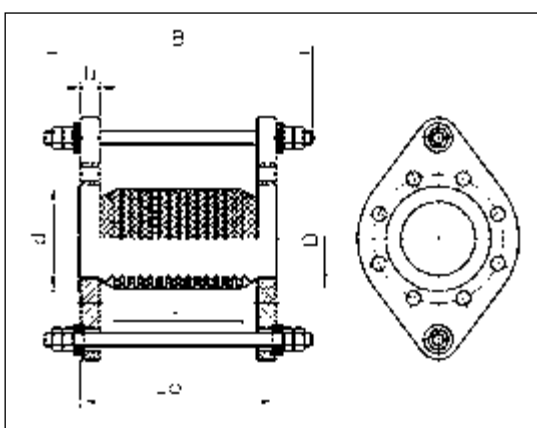
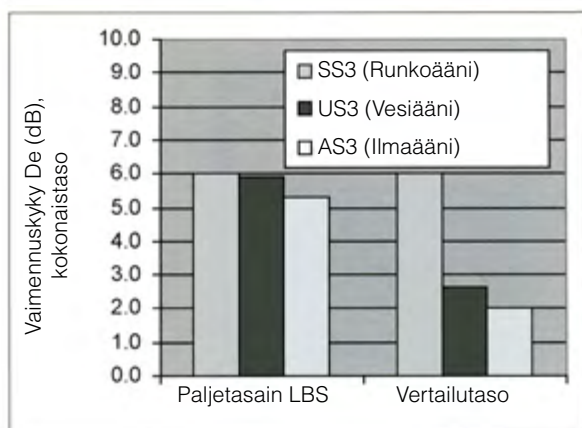


Jätä ulomman suojaholkin toinen pää avoimeksi pystysuorissa putkissa.

Ääntä eristävien Sejo® -paljetasainten mittaustaulukot



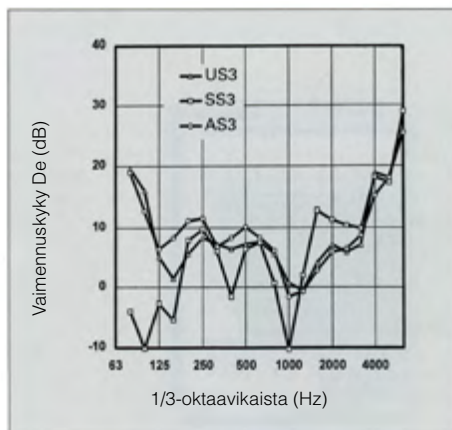
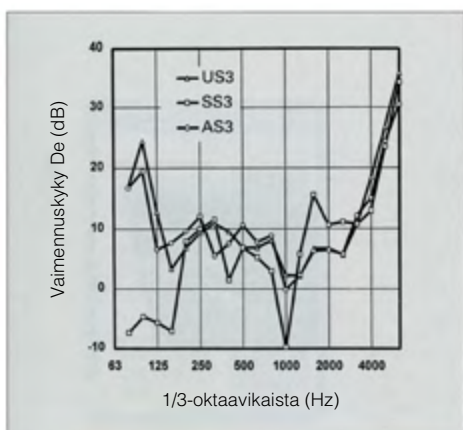
Vaimennuskyky (kokonaistaso)
ABS paljetasain, ei vetotankoja



Vaimennuskyky (kokonaistaso)
LBS paljetasain
vetotango

Herätetaajuudesta riippuva vaimennuskyky,
paljetasain ABS, ei vetotankoja

Herätetaajuudesta riippuva vaimennuskyky,
paljetasain LBS, vetotango



Mittauskaavioissa käytetään esimerkkinä kokoa DN 50. ABS-/LBS-sarjan ääntä eristävät Sejo-paljetasaimet vähentävät runkoääniä jopa 8,2 dB verrattuna kovaan putkeen. Laskettu vaimennuskyky on suurempi kuin 5 dB kaikkien äänikomponenttien osalta. 3 dB:n vaimennus vastaa melutason puolittumista. Muiden tutkittujen ääntä eristävien paljetasainten vaimennuskyky oli huomattavasti pienempi kaikkien äänien osalta. Huom.: Häiriö 1 kHz:ssa on testin luonteen vuoksi.

SEJO Vantaa

Kärkikuja 3, 01740 Vantaa
puh. 010 8345 600
myynti@sejo.fi

SEJO Turku

Orikedonkatu 8 B 1, 20380 Turku
puh. 010 8345 622
risto.koivusalo@sejo.fi

SEJO Tampere

Viinikankatu 45, 33800 Tampere
puh. 010 8345 607
joonas.ostring@sejo.fi