

Inpandige techniekruimten geluidstechnisch bekeken (deel 2)

Aanpak geluidsproblemen koelmachines

ing. J.H.N. Buijs

Koelmachines in kantoren worden vaker inpandig opgesteld, waarbij de componenten onderling met leidingwerk aan elkaar worden verbonden. Bij geluidsklachten blijkt het meestal te gaan om contact- en minder om luchtgeluid. Trillingdempende voorzieningen onder de koelmachine en in het leidingstelsel zelf bieden effectieve oplossingen. Het is zaak hier in het ontwerp al rekening mee te houden.

Binnen opgestelde koelinstallaties zijn doorgaans watergekoelde compressorinstallaties, gekoppeld aan een buiten opgestelde koeltoren (absorptiekoelmachines) of een drycooler. Het tussenliggende leidingwerk is opgebouwd uit zowel watervoerende (metalen) leidingen als koperen koelmiddel-leidingen.

Het transport van koel- respectievelijk gekoeld water heeft plaats via transportpompen, ingebouwd in het leidingwerk (in-line) of via een fundatiepomp die separaat op de vloer van de opstellingsruimte staat opgesteld. Voor de verdeling over de diverse groepen wordt gebruik gemaakt van verdeler/verzamelaars die met ondersteuningspoten op de vloer worden afgesteund. In afbeelding 1 is een aantal van de genoemde componenten weergegeven.

Aan de hand van drie praktijkvoorbeelden worden veel voorkomende geluidsproblemen benoemd en effectieve oplossingen aangedragen.

PRAKTIJKVOORBEELD I

Op de bovenste laag van een kantoorgebouw staan in een van de techniekruimten drie koelmachines. De machines zijn opgebouwd uit schroefcompressoren en een watergekoelde condensor en de koelcapaciteit bedraagt circa 550 kW per

stuk. Tussen de koelmachines en verdeler/verzamelaars zijn watervoerende leidingen aangesloten via tussenvoeging van rubber compensatoren, voorzien van lengtebegrenzers. De warmte uit het gebouw wordt via koperen koelmiddel-leidingen toegevoerd aan op het dak opgestelde luchtgekoelde condensoren.

Nabij de koelmachines zijn flexibele verbindingstukken in de koelmiddel-leidingen opgenomen (anaconda's). Zowel de watervoerende leidingen als koelmiddel-leidingen zijn, weliswaar gegroeped, star aan de bovenliggende betonnen dakvloer bevestigd. De koelmachines staan via schotelvormige trillingdempers op de vloer van de opstellingsruimte opgesteld. De vloerconstructie is een massieve betonvloer met een dikte van ten minste 250 mm en in het onderliggende kantoorgebied is een verlaagd plafondsysteem opgebouwd uit mineraalvezeltegels voorzien. In afbeelding 2 is de situatie weergegeven.

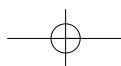
In deze situatie is akoestisch onderzoek verricht naar het installatiegeluidsniveau dat in de onder de koelmachines gelegen kantoorvertrekken optreedt. Het betrof hier vooral klachten van een gebruiker van een relatief kleine kantoorruimte. De opdrachtgever vermoedde dat de kwaliteit van de onder de koelmachines geplaatste trillingdempers door de tijd heen achteruit was gegaan, waardoor de geluidsproblemen pas nu door toegenomen contactgeluid naar voren zijn gekomen.

Luchtgeluidsniveau

Het onderzoek concentreerde zich op de koelmachine die het meest direct boven de genoemde kleine kantoorruimte is gesitueerd. Boven deze kantoorruimte is tevens een aantal verdeler/verzamelaars geconcentreerd. Het onderzoek is gestart met het meten van het geluidsniveau in de opstellingsruimte van de koelmachines, op 1 meter afstand rond de in vollastbedrijf werkzame koelmachine, en het resulterende installatiegeluidsniveau in de onderliggende kantoorruimte. Verder zijn dergelijke metingen in de kantoorruimte herhaald op het moment dat de koelinstallaties geheel buiten bedrijf waren (achtergrondgeluidsniveau). De invloed van

In het themanummer Geluid van VV+, december 2004, is de geluidsproblematiek bij inpandige techniekruimten en de praktische probleemsituaties uitgebreid behandeld. Hierbij is inhoudelijk ingegaan op de uitvoering van luchtbehandelingssystemen. In deel 2 van deze serie wordt ingegaan op de binnen opgestelde centrale koelinstallaties.

In de afgelopen jaren zijn in de diverse vakbladen artikelen verschenen, die ingaan op de geluidsproductie van koelinstallaties. Zo is in het maartnummer van VV+ door Carrier een bijdrage verzorgd over buiten opgestelde, complete koelinstallaties en is door Acoustair een indruk gegeven van de wijze waarop geluidsbeheersing bij installaties kan plaatshebben. In laatstgenoemd artikel is daarbij aangegeven dat indien een koelinstallatie op trillingdempers wordt geplaatst geluidshinder naar de onderliggende ruimten wordt voorkomen.





1. Diverse componenten van de koelinstallatie (van boven naar onder): de schroefcompressorkoelmachine, de drycooler, de verdeler/verzamelaar (watervoerend), de koelpomp (inbouw) en het koelmiddelleidingwerk.



het eigen fancoilunitsysteem in de kantoorruimte op het geluidsniveau is geëlimineerd door dit systeem elektrisch af te koppelen.

Contactgeluidsniveau

Met een kunstmatige luchtgeluidsbron (ruisbron) is de luchtgeluidsreductie vastgesteld tussen de technische ruimte en onderliggende kantoorruimte. Tevens is met een contactgeluidsgenerator (hamerapparaat) vastgesteld in welke mate een direct in de vloerconstructie opgewekt trillingniveau leidt tot een contactgeluidsniveau in de onderliggende kantoorruimte. Dit hamerapparaat is op de vloer van de technische ruimte nabij de in bedrijf zijnde koelmachine geplaatst. Op grond van deze laatste metingen kan worden bepaald in hoeverre de directe trillingoverdracht van de koelmachine via de opstellingswijze (trillingdempers) bepalend is voor het gemeten installatiegeluidsniveau of dat sprake is van een bijdrage door indirecte trillingoverdracht via het aangesloten leidingwerk.

Door aanvullende trillingmetingen boven en onder de trillingdempers van de koelmachine, het leidingwerk, de wanden van de technische ruimte, de voeten van de verdeler/verzamelaars is verder informatie verkregen over de contactgeluidsbijdrage via de wandconstructies, verdeler/verzamelaars en dergelijke.

Ten slotte zijn verschillende pompen afzonderlijk in bedrijf gesteld en de als gevolg hiervan optredende installatiegeluidsniveaus in de onderliggende kantoorruimte gemeten.

Resultaat en conclusies

De metingen gaven een geluidsniveau van de koelmachine op 1 meter afstand van 84 dB(A). Het installatiegeluidsniveau in de kantoorruimte bedroeg 40 dB(A).

Op basis van de gemeten luchtgeluidsreductie is een luchtgeluidsniveaubijdrage te verwachten van minder dan 20 dB(A). Dit betekent dat het installatiegeluidsniveau in de kantoorruimte volledig wordt bepaald door het contactgeluid.

Op grond van de gemeten trillingniveaus in de opstellingsvloer is berekend dat het contactgeluidsniveau voornamelijk wordt bepaald door directe trillingoverdracht via de opstelling van de koelmachine.

De over een aantal trillingdempers gemeten trillingreducties blijven in de geluidshinderbepalende frequentiebanden met middenfrequenties van 63 en 125 Hz circa 10 dB achter bij de gemeten trillingreducties over de overige trillingdempers. De in het frequentiespectrum van het gemeten installatiegeluidsniveau voorkomende lokale verhoging bij circa 300 Hz



2. De koelmachine, schotelvormige trillingdemper, het watervoerend leidingwerk (zwart) en koelmiddelleidingen (koper) uit praktijkvoorbeeld 1.

wordt veroorzaakt door de diverse inbouwpompen als gevolg van trillingoverdracht via de ondersteuning van de verdeler/verzamelaars.

Oplossingen

Geadviseerd is in dit project om de bestaande schotelvormige trillingsdempers te vervangen door een kleiner aantal meer effectieve trillingsdempers, die onder normale belasting een statische inverting bewerkstelligen van circa 15 mm. Zowel op theoretische als praktische gronden is hiermee een verbetering van 10 dB(A) te realiseren. Voorts is geadviseerd de verdeler/verzamelaars die geconcentreerd zijn boven de kantoorruimte trillingsgeïsoleerd op te stellen door tussenvoeging van goede rubberen trillingsisolatoren (geen anti-trillingsmatjes). In overweging is gegeven de gegeven adviezen eerst uit te voeren bij de gemeten koelmachine en pas bij gebleken voldoende akoestisch effect door te voeren bij de overige twee koelmachines.

PRAKTIJKVOORBEELD 2

In een kantoorgebouw is op de hoogste, de tweede verdieping een koelinstallatie opgebouwd uit twee zuigercompressoren. De installatie is rondom voorzien van een geluidsdempende omkasting en staat met stalen veertrillingsisolatoren op de vloer van de opstellingsruimte. Het totale koelvermogen van de koelmachine bedraagt circa 200 kW. De koelmachine is via koelmiddelleidingen aangesloten op een boven op het dak opgestelde luchtgekoelde condensor. De

koelmiddelleidingen zijn ondersteund naar de vloerconstructie van de opstellingsruimte met tussenvoeging van rubbermatjes. Ook de watervoerende leidingen zijn nabij de koelmachine plaatselijk afgesteund naar de vloerconstructie, echter zonder trillingsdempend materiaal (afbeelding 3).

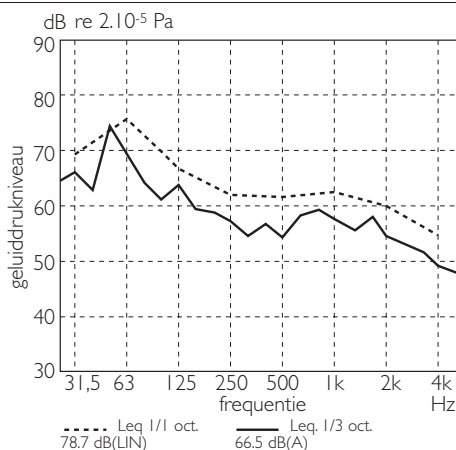
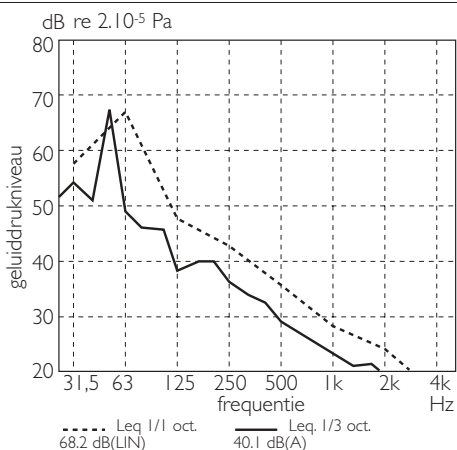
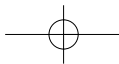
Onder de koelmachineruimte zijn vergaderruimten gesitueerd. De tussenliggende betonvloer is een holle kanaalplatenvloer, waarvan het oppervlakgewicht totaal (inclusief 70 mm dikke druklaag en 50 mm dikke afwerklaag) volgens opgave circa 500 kg/m² is. In dit kantoor is onderzoek verricht vanwege in de vergaderruimten ervaren laagfrequente geluidshinder:

Luchtgeluid

Bij deellastbedrijf van 33 procent is in de onderliggende vergaderruimte een installatiegeluidsniveau gemeten van circa 40 dB(A) en op 1 m afstand van de koelmachine slechts circa 66 dB(A). In afbeelding 4 zijn de bijbehorende frequentiespectra weergegeven. De dB(A)-waarde in het kantoor wordt volledig bepaald in de frequentieband met middenfrequentie van 50 Hz (tertsband), zie scherpe piek in het spectrum afbeelding 4. Op basis van de luchtgeluidsproductie, gemeten met behulp van een kunstmatige luchtgeluidsbron, tussen koelmachineruimte en onderliggende vergaderruimte is berekend dat in de vergaderruimte een luchtgeluidsbijdrage van circa 20 dB(A) mag worden verwacht. Het gemeten installatiegeluidsniveau van circa 40 dB(A) wordt ook hier derhalve volledig bepaald door contactgeluid.



3. De koelmachine in een omkasting en de ondersteuning van koelmiddelleidingwerk en koelmachine van praktijkvoorbeeld 2.



4. Meetresultaten van de luchtgeluidsmeting van Praktijkvoorbeeld 2; in het kantoor (links) en op 1 meter van de koelmachine in de opstellingsruimte.

Contactgeluid

De trillingreducties over de stalen veertrillingisolatoren bleken voor een aantal exemplaren bij de genoemde tertsbandsfrequentie van 50 Hz slechts 17 dB te bedragen, wat ronduit teleurstellend mag worden genoemd. Bij toepassing van dergelijke veertrillingisolatoren kunnen in principe trillingreducties van 30 dB bij 50 Hz worden bereikt. Van een aantal veertrillingisolatoren bleken de veerringen geheel op elkaar te liggen, wat inhoudt dat deze trillingdempers worden overbelast. Door de sterk toegenomen stijfheid van deze trillingdempers neemt de trillingreductie af tot de gemeten waarde.

Oplossingen

Geadviseerd is in deze situatie de trillingdempers te vervangen door meer effectieve trillingdempers. Voorts is geadviseerd om de met anti-trillingmatjes gerealiseerde ondersteuning van koelmiddel- en watervoerend leidingwerk nabij de koelmachine te vervangen door ondersteuning met goede trillingdempers. Aangegeven is daarbij echter dat als het effect van de genoemde voorzieningen in de praktijk minder dan 15 dB bedraagt (bij 50 Hz), nog steeds geluidshinderklachten zouden kunnen blijven bestaan. Voor een volledige eliminatie van de geluidsproblematiek

zou in plaats van een vervanging van de trillingdempers door meer effectieve typen de koelmachine moeten worden opgesteld door toepassing van een dubbel massa-veersysteem. Hierbij wordt de koelmachine (massa 1) met trillingdempers opgesteld op een betonplaat (massa 2) van voldoende afmetingen en gewicht (circa 1,5 x gewicht koelmachine). Dit geheel wordt met extra trillingdempers afgesteund op de opstellingsvloer.

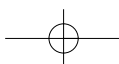
Door de gebruikers is na uitvoering van de gegeven adviezen ten aanzien van de veertrillingdempers en de antitrillingmatjes, bevestigd dat een aanzienlijke verbetering is bereikt en dat verdergaande voorzieningen niet noodzakelijk waren. Overigens wordt opgemerkt dat de combinatie van zuigercompressoren en kanaalplaatvloeren reeds in veel gevallen aanleiding heeft gegeven tot een laagfrequente (50 Hz) geluidsproblematiek. Voor zover deze combinatie in het adviesstadium moet worden beoordeeld, wordt geadviseerd het betreffende vloerveld in massief beton uit te voeren of de holle kanalen te vullen met (schuim)beton.

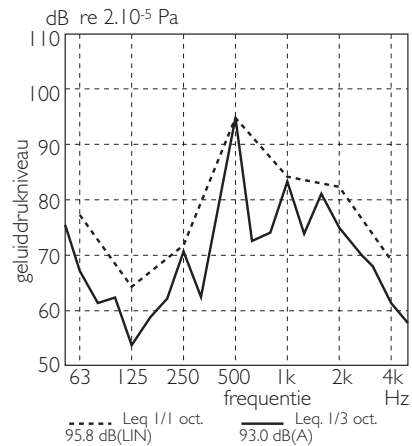
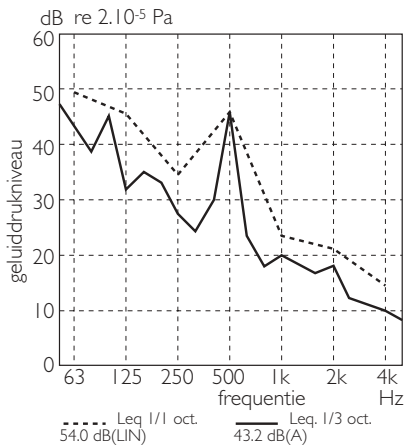
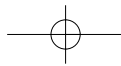
PRAKTIJKVOORBEELD 3

Op de zesde verdieping van een kantoorgebouw staat een koelinstallatie die is uitgevoerd met een inpandig opgestelde warmtepomp (afbeelding 5). De vloer van de opstellings-



5. De schroefcompressorkoelmachine, detail van trillingdemper koelmachine en de watervoerende leidingen met compensatoren en ondersteuning uit praktijkvoorbeeld 3.





6. Resultaat geluidsmeting en praktijkvoorbeeld 3, in het kantoor links en op 1 meter van de warmtepomp in de opstellingsruimte.

ruimte is opgebouwd uit kanaalplaten met daarop een druklaag. De oppervlaktemassa van de vloer voldoet aan de normaal hieraan te stellen randvoorwaarde van 500 kg/m². In de onderliggende kantooruimte is een goed geluidsisolerende plafondconstructie aangebracht, opgebouwd uit geperforeerde metalen cassettes, voorzien van een wolvulling en aan de bovenzijde afgesloten met gipskartonbeplating. De warmtepomp is opgebouwd uit twee schroefcompressoren (toerental 2.900 t/min), het thermisch vermogen van de installatie bedraagt circa 250 kW. De compressoren zijn niet voorzien van een geluiddempende omkasting. Door de gebruikers van de onderliggende kantooruimte zijn klachten geuit over ondervonden geluidshinder. Om het optredende installatiegeluidsniveau en de hiervoor verantwoordelijke overdrachtswegen vast te stellen is een akoestisch onderzoek uitgevoerd.

Geluidsmeting

Door de werking van de warmtepomp is in de kantooruimte op de vijfde verdieping een installatiegeluidsniveau gemeten van circa 43 dB(A). Op 1 meter afstand van de warmtepomp is daarbij een geluidsniveau gemeten van circa 93 dB(A). De beide frequentiespectra zijn weergegeven in afbeelding 6. Uit de spectra blijkt dat sprake is van een relatief scherpe piek in de frequentieband met middenfrequentie van 500 Hz, bepaald door de schroefcompressoren. Op grond van de gemeten luchtgeluidsreductie tussen opstellingsruimte en onderliggende kantooruimte en het gemeten geluidsniveau op 1 meter afstand van de warmtepomp is berekend dat in de kantooruimte een luchtgeluidsbijdrage van circa 32 dB(A) mag worden verwacht, derhalve wordt het gemeten installatiegeluidsniveau van circa 43 dB(A) wederom volledig bepaald door contactgeluid. De gemiddelde trillingreductie over de standaard meegeleverde rubber trillingdempers bleek bij 500 Hz circa 30 dB te bedragen, wat in overeenstemming is met de geconstateerde relatief beperkte inverting van circa 2 mm van deze trillingdempers. De selectie van de trillingdempers is zonder al te veel kennis van zaken gedaan.

Oplossingen

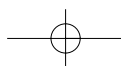
Geadviseerd is ook in deze situatie de trillingdempers te vervangen door trillingdempers die onder normale belasting een statische inverting van circa 15 mm bewerkstelligen. De verwachting is uitgesproken dat hiermee een verbetering met circa 20 dB bij 500 Hz kan worden bereikt, wat in dat geval leidt tot een voldoende laag en niet hinderlijk geluidsniveau. In combinatie hiermee is geadviseerd om de starre ondersteuning van de watervoerende leidingen tussen de warmtepomp en koeltransportpomp te wijzigen in trillinggeïsoleerde ondersteuning door toevoeging van betonblokjes met daaronder rubber trillingdempers. U gelooft het of niet maar de geluidsproblemen zijn hiermee verholpen.

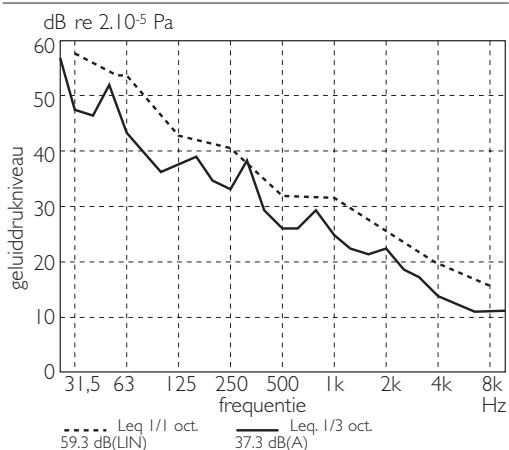
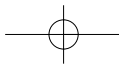
PRAKTIJKVOORBEELD 4

Als laatste praktijkvoorbeeld wordt een situatie beschouwd waarin het op voorhand niet duidelijk was waardoor de door gebruikers ervaren geluidshinder in de vorm van 'gezoem' werd bepaald. In de bovenliggende techniekruimte stonden naast cv-ketels ook een koelinstallatie en luchtbehandelingskasten opgesteld. Op basis van een nadere inventarisatie en onderzoek konden de luchtbehandelingskasten als bron worden uitgesloten. Zo ook de cv-installatie aangezien de geluidshinder zich ook in de zomerperiode voordoet terwijl de ketels buiten bedrijf zijn. Volgens de technische dienst van het gebouw doen de geluidsproblemen zich ook voor als de koelmachine zelf niet in bedrijf is, dit is namelijk bij vermeende overlast gecontroleerd aan de hand van het gebouwbeheersysteem.

Geluidsmeting

Bij onderzoek bleek dat met diverse pompen in bedrijf in de onderliggende kantooruimte een installatiegeluidsniveau resulteert van circa 37 dB(A) (afbeelding 7), waarvan het karakter als 'gezoem' kan worden gekwalificeerd. Op het moment dat een 3 kW-koeltransportpomp in het systeem buiten bedrijf werd gesteld, verdween het tonale

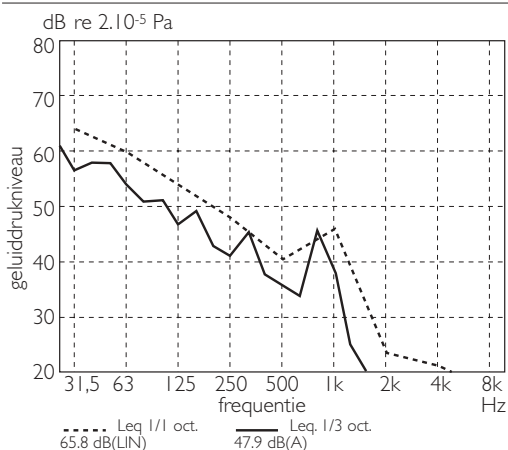




7. Geluidsdrumniveau kantoornruimte in praktijkvoorbeeld 4.

geluid in de 250 Hz- en 1 kHz-oktaafband. De verbetering van de situatie was duidelijk hoorbaar. Op grond van de positie van de pomp, de gemeten trillingniveaus in de opstelingsvloer en dergelijke is geconcludeerd dat alleen directe trillingoverdracht van trillingen door het koelwaterleiding-netwerk als overdrachtsweg als mogelijkheid resteert. Na inspectie van de ruimte boven het verlaagde plafond van de kantoornruimte blijkt vervolgens een sparing in de vloer van de techniekruimte aangebracht te zijn, waardoor een hoofdtak van het koelwaternet (toevoer en retour) door het kantoor wordt verslept. Bingo!

Door de leidingen wordt binnen het verlaagd plafond een geluidsniveau van circa 48 dB(A) in de 1 kHz-oktaafband af-



8. Geluidsdrumniveau boven verlaagd plafond.

gestraald (afbeelding 8). Het lichte minerale wolplafond beperkt dit geluidsniveau voorts tot de gemeten waarde van circa 37 dB(A).

Oplossing

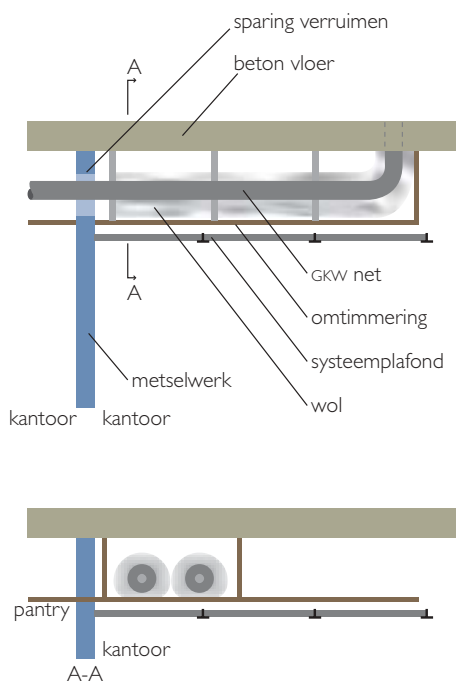
Geadviseerd is in deze situatie om de leidingen voor zover deze boven het verlaagde plafond worden verslept te voorzien van een bouwkundige omtimmering, bestaande uit 12,5 mm dik gipskartonplaat of 20 mm multiplex met in de spouw tussen de leidingen en de omtimmering een minerale woldeken ter beperking van het geluidsniveau binnen de omtimmering. Een en ander is zeer schetsmatig weergegeven in afbeelding 9.

CONCLUSIES

Uit de beschouwde praktijkvoorbeelden kan worden geconcludeerd dat in deze situaties geluidsproblemen voornamelijk worden veroorzaakt door contactgeluid, als gevolg van het toepassen van onvoldoende effectieve trillingdempers onder de koelmachine alsmede geen of onvoldoende trillingisolatie tussen aangesloten leidingwerk, verdeler/verzamelara of andere installatiecomponenten en de bouwkundige constructies. Luchtgeluid is meestal van ondergeschikt belang.

De combinatie van koelmachines uitgerust met zuigercompressoren en holle kanaalplaatvloeren is risicovol, in dergelijke situaties is de toepassing van zeer effectieve trillingdempers een must.

Het is oppassen geblazen met watervoerend leidingwerk dat over verblijfsruimten wordt gevoerd, het besproken voorbeeld staat niet op zichzelf. Of en, zo ja, in welke mate trillingisolatie nodig is kan het beste worden voorgelegd aan een ervaren akoestisch adviseur, waarvan akte. Het voorkomen is beter dan genezen principe is ook hier weer van toepassing.



9. Omtimmering koelwaterleidingen.

Auteur

Ing. J.H.N. Bujs, Peutz, Zoetermeer

