

Winddruk

Onderzoek naar een transient (kortdurend) verschijnsel

Wat hoor ik

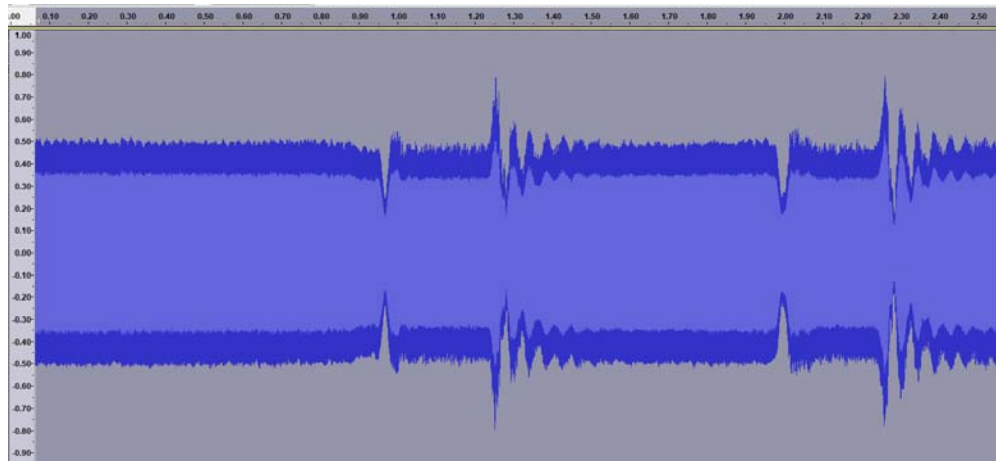
- Deze verstoring trad op bij mijn positief (opus 15).
- Als ik een pijp laat klinken die gevoelig is voor een winddrukverandering, bijv. Fluit 4' e''', en ik open en sluit een aantal ventielen in de baskant, dan start de toon met een dip in volume en frequentie en stopt de toon met een trillende uitloop met lage frequentie.
- De tijdsduur van het verschijnsel is zeer klein. Bij openen ca. 50 msec., bij sluiten ca. 300 msec.
- Ik vindt dit niet fraai en wil de achtergrond weten en de mogelijkheden om dit mogelijk op te lossen.

Hoe meten

- Dynamiek gaat over snelle drukveranderingen in de orgelwind t.g.v. het versnellen of vertragen van luchtmassa door plotseling toe- of afnemend verbruik.
- Ook snelle mechanische drukmeters kunnen deze veranderingen niet volgen, laat staan registreren.
- Een snelle elektronische drukmeter ging boven mijn budget.

Hoe dan wel

- De frequentie van een pijp, vooral een kleine wijde, is afhankelijk van de winddruk. Lagere winddruk, lagere frequentie e.o.
- Ik kan een geluidsopname maken van deze pijp bij wisselend verbruik, door openen en sluiten van extra openingen.
- Daarna met “Audacity” de opname bekijken en de frequentieverandering vaststellen (tijdsduur periode bepalen) en aan de hand van een testmeting de winddrukvariate bepalen.
- Bij bekijken van de opname blijkt het veel eenvoudiger de verandering in geluidsvolume, te bekijken, die ook een maat is voor de druk, van de pijp.

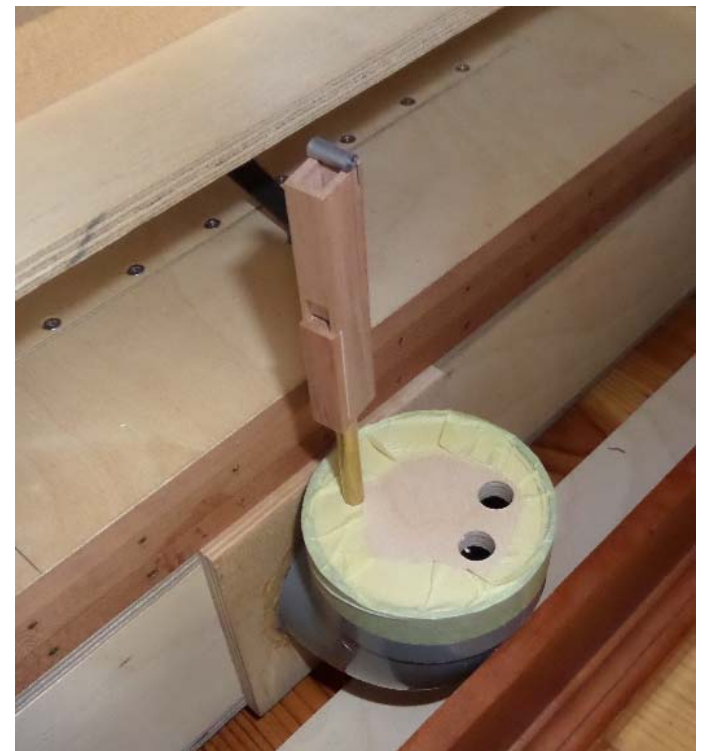


Komt de verstoring uit de regeling?

- Drukregeling en balg, een gangbare verklaring voor het verschijnsel.
 - Na een stapvormige toename of afname van het windverbruik duurt het enige tijd, door de massa van het balgblad en eventuele ballast, voordat de regeling reageert.
 - De winddruk kan een kortdurende slingering vertonen die sterker is naarmate het balgblad sneller beweegt, (te) kleine balg of naarmate het balgblad zwaarder is (ballast)
 - De frequentie van dit verschijnsel is afhankelijk van de opbouw van de hele regeling.

- Meten direct op de balgkast.
- Pijp Fluit 4' toets e'''
- Gaten 2 x 12mm diameter
- De opname toont vrijwel geen verstoring.
- Hier ben ik blij mee.
Problemen in de windvoorziening zijn lastig op te lossen.

Kan ik dit effect uitsluiten als oorzaak?

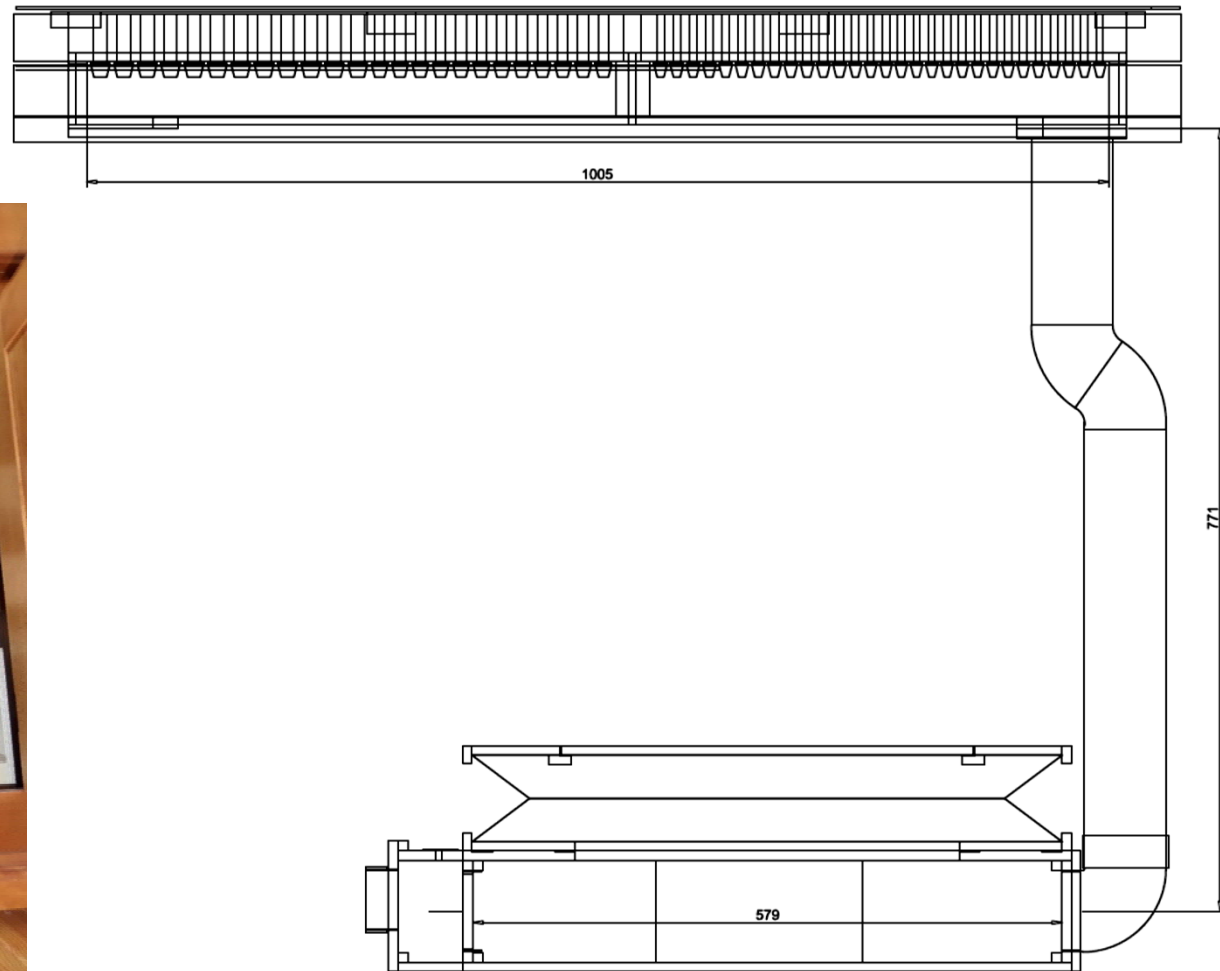


Berekening capaciteit ventielkast

atmosferische druk	101300 pascal
winddruk orgelwind	500 pascal
capaciteit door overdruk	0,5 %
inhoud ventielkast	12 liter
capaciteit door overdruk	0,06 liter
verbruik	1 l/sec.
tijd tot 50% druk	30 msec.

- De hoeveelheid wind dit uit de overdruk kan worden gehaald is minimaal en is daarom in zeer korte tijd verbruikt.
 - Alleen de inhoud van de ventielkast is in rekening gebracht.
 - De wind in het kanaal moet relatief veel versnellen.
 - Het kanaal vormt daardoor een blokkade (impedantie) voor het toestromen door onderdruk.

Globale lay-out



Metingen en berekeningen

- Pijp Fluit 4 toets e'''
- Slepen Q3 en P2 baskant open en ventielen bediend van FIS GIS AIS (zonder pijp)
- Opname weergeven met "Audacity"
- Amplitude bepalen per x msec.
- Golflengte (Tijdsduur van 10 periodes) meten en frequentie berekenen

Wat zegt Johan Liljencrants over deze verstoring?

- In zijn verhaal gaat J.L. uit van een lang en eng kanaal 5 m lang, 50 mm diameter.
- Bij het openen van het ventiel ontstaat een “lagedruk gebied”
- De omringende lucht vult dit aan.
- Deze onderdruk golf loopt met de geluidssnelheid door lade, kanaal en balg en komt na enige tijd aan het eind van de balgkast aan *(dit is een aanname van mij om de maximale looplengte in rekening te brengen)*.
- De wand van de balgkast (bij het rolgordijn) vormt een obstakel en de lopende golft botst hierop en de amplitude keert om. Drukverlaging wordt drukverhoging.
- De golf loopt in omgekeerde richting met de geluidssnelheid door de wind tot aan het ventiel en veroorzaakt hier een drukverhoging etc.
- *The more complex and accurate way to treat a trunk should be used when the dimensions, particularly the length, are not small. Then we could regard it an acoustical transmission line which can be tackled using two different key properties, the speed of sound c , and its acoustical impedance Z .*

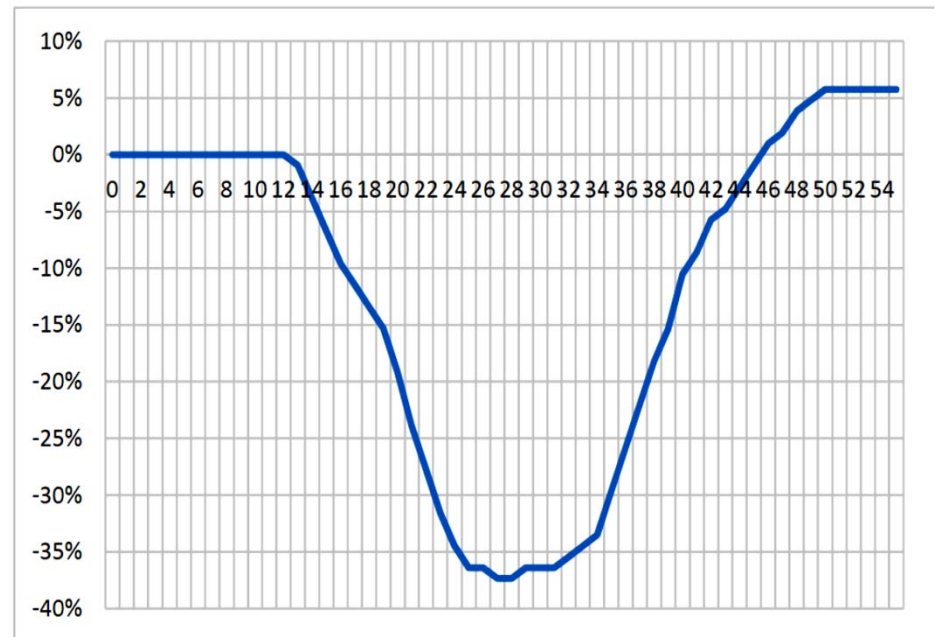
Berekening van looptijd en frequentie

- Uit de berekening blijkt dat door dit effect optredende frequentie minimaal ca. 72Hz is.
- Uit de eigen meting blijkt een frequente van ca. 20Hz.
- Het door J.L. aangedragen effect kan hooguit een bijrol spelen, maar is niet de oorzaak van de verstoring.

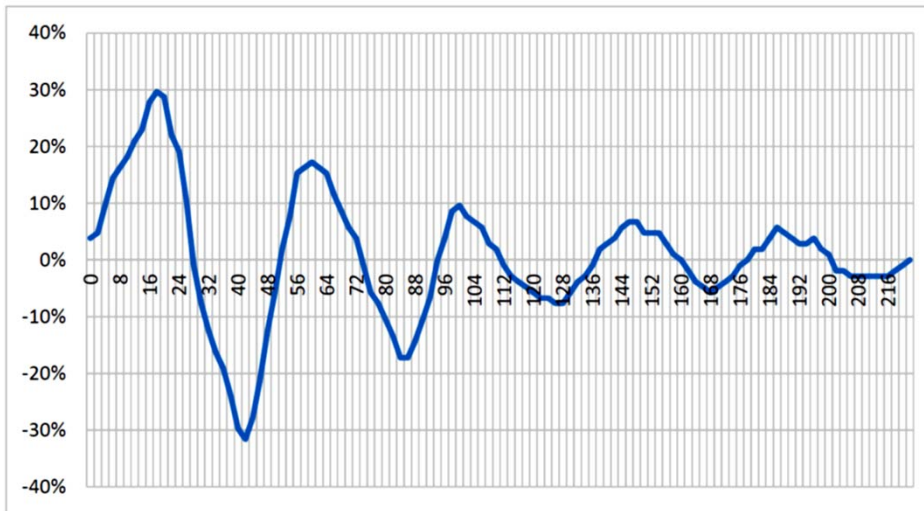
diameter kanaal	78 mm
lengte kanaal	771 mm
lengte balgkast	579 mm
lengte windlade	1005 mm
totale lengte	2355 mm
geluidssnelheid	340 m/sec
looptijd	6,9 msec
frequentie (hele periode)	72 Hz

Stap omhoog (van 0 naar X verbruik)

- De massa van de door de windlade en kanaal ingesloten wind moet versnellen.
- Bij het openen van het ventiel wordt heel snel de capaciteit door overdruk verbruikt
- Er ontstaat een “lagedruk gebied”
- Tengevolge van dit lagedruk gebied, de drijvende kracht, komt de luchtmasa op gang en versnelt. De grootste versnelling in het kanaal, vanwege de relatief kleine doorsnede.
- De stroming wordt stabiel na meestal een kleine “overshoot”.
- Frequentie: ca. 20Hz
- Uit de gemeten amplitude is de drukvariatie te berekenen na een testmeting van de pijp (fluit 4' toets e''')



Stap omlaag (van X naar 0 verbruik)



- Na het sluiten van het ventiel stroomt de wind door de massa traagheid nog door, maar vindt een gesloten ventiel op zijn weg. Door de relatief hoge snelheid in het kanaal draagt de windstroom hierin veel bij.
- De capaciteit om wind op te slaan is klein, er ontstaat zeer snel een “hogedruk gebied”.
- Er ontstaat een kracht in omgekeerde richting op de wind.
- De richting van de windstroming keert om. Enz.
- Frequentie ca. 20Hz

Een praktijkgeval uit “Johan Liljencrants”

- Kerkorgel
- Windkanaal: $L = 13,5 \text{ m}$
 $D = 0,15 \text{ m}$
- Stap in verbruik: $8,6 \text{ l/s}$
- Frequentie: 4 Hz

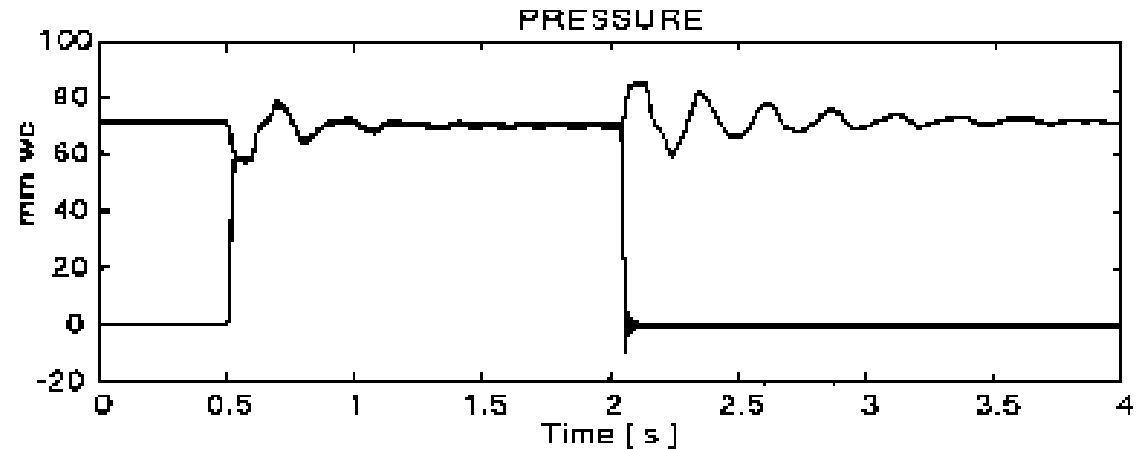


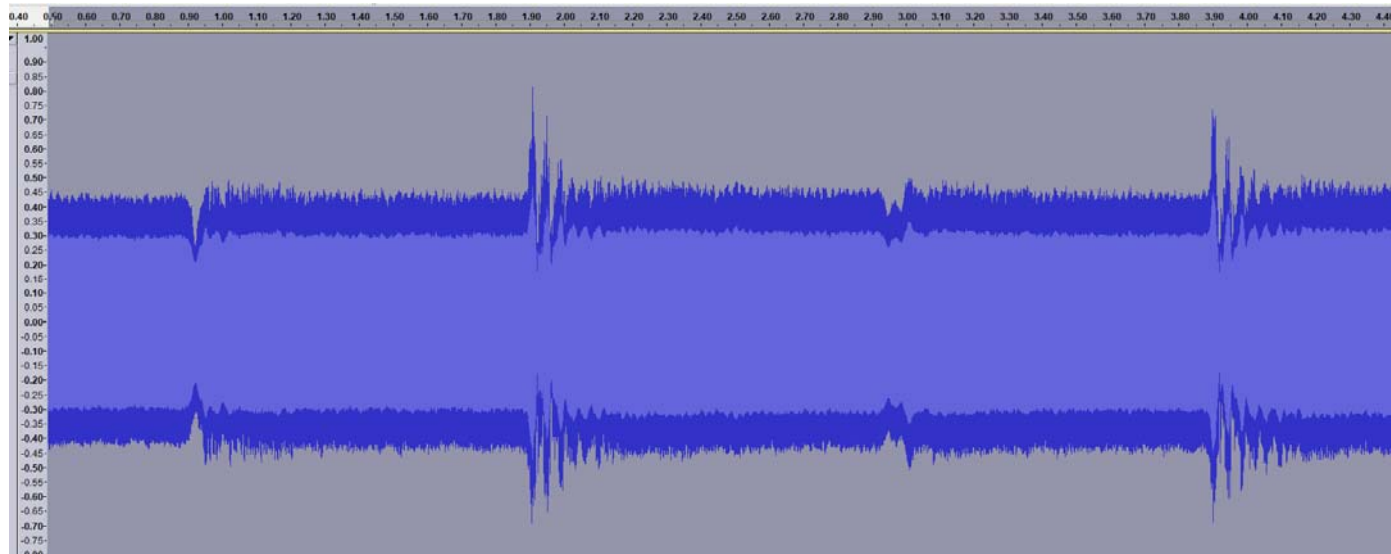
Fig 9. Measured transients at flow changes (Carlsson).

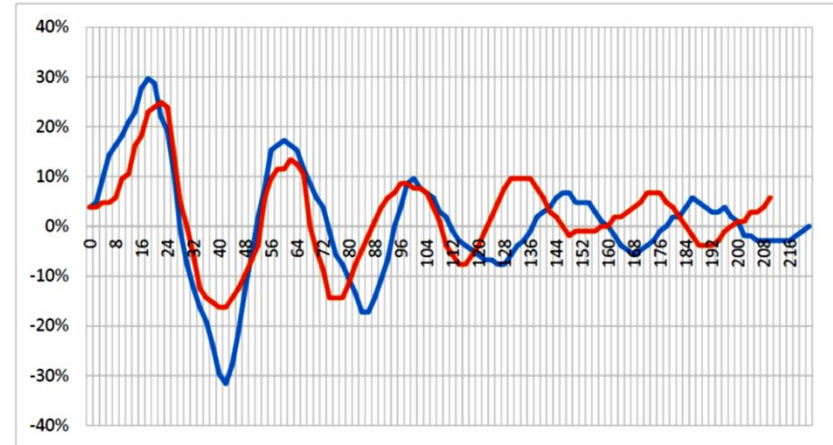
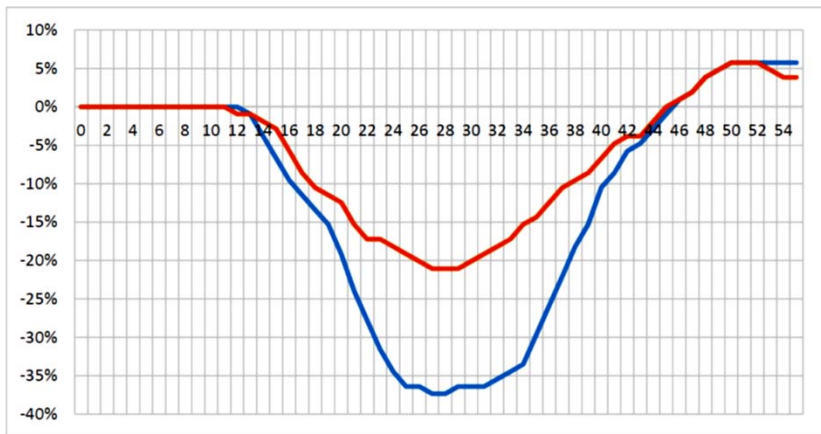
Maatregelen

- Bewegingsenergie $E = \frac{1}{2}mv^2$.
- Zorg daarom dat de snelheid laag is door:
 - een groot oppervlak van het kanaal (v kleiner)
 - de doorsnede van de ventielkast niet te verkleinen als dat niet nodig is (v in de ventielkast kleiner)
- Gebruik een stotenbreker (balg) in de buurt van het hoogste verbruik, met een veer belast met een kleine veerconstante.
 - Dit balgje moet bij nominale druk in de middenstand staan.
 - De bewegende delen moeten zeer licht zijn, om de snelle veranderingen te kunnen volgen. De stotenbreker verhoogt de capaciteit om een eerste windvraag op te vangen.
 - De reserve capaciteit van de ventielkast wordt veel groter t.o.v. een starre ventielkast
 - De stijgtijd van de drukverandering wordt groter, de frequentie wordt (veel) lager. de amplitude blijft kleiner.
- Gebruik, als het kan de bodem, van de ventielkast als balgblad. Er ontstaat stroming met lage snelheid over een groot gebied.
De benodigde versnelling van de wind is heel klein.

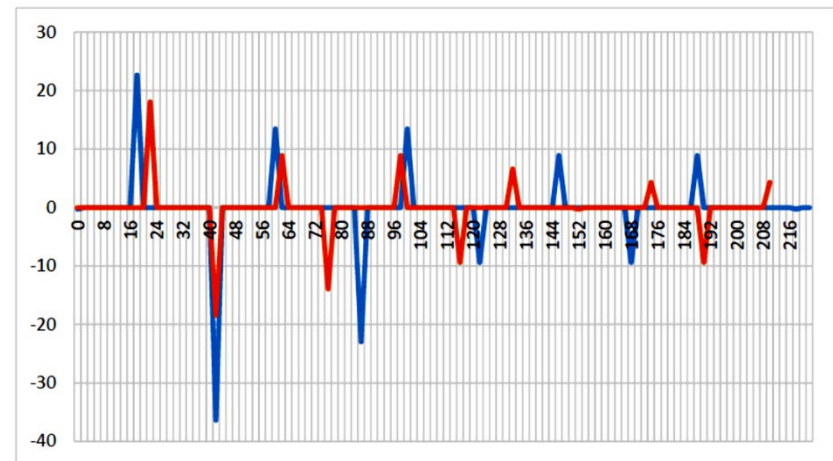
Welke maatregelen kan ik nog nemen voor mijn positief

- Vergroten van het windkanaal. (ga ik misschien nog doen)
- Gebruiken van de 2e kanaalaansluiting aan de baskant, die ik in het ontwerp en de bouw al heb meegenomen. (Deze maatregel heb ik uitgevoerd en gemeten).
- Daarnaast eventueel een scheiding in de ventielkast tussen bas en discant
- Verkorten van het windkanaal door de balg hoger te plaatsen. (vereist ingrijpende wijzigingen)
- Plaatsen van een stotenbreker. (ga ik als volgende proberen, op de kanaalaansluiting aan de baskant)





- Horizontaal de tijd in msec.
- Verticaal de winddruk varandering.
0% = 470 Pa
- De verbetering is significant.
- Omdat ik de meting van het volume niet vertrouwd heb ik een check gedaan met de meting van de frequentie.
- Ik heb alleen de toppen en dalen berekend.
- Verticaal de frequentieafwijking in cents.



Links

- [Een verhaal over hetzelfde verschijnsel, maar nu geweten aan de regeling, met mogelijke oplossingen.](http://pub.dega-akustik.de/DAGA_1999-2008/data/articles/001843.pdf)
http://pub.dega-akustik.de/DAGA_1999-2008/data/articles/001843.pdf
- [Het artikel van](http://www.mmdigest.com/Gallery/Tech/airbounc.htm) Johan Liljencrants
<http://www.mmdigest.com/Gallery/Tech/airbounc.htm>