

Lawaai op de arbeidsplaats

Inventarisatie van de geluidoorzaken en geluidverminderende maatregelen bij machinale houtbewerking

A.M. van Noort **Houtinstituut TNO-TH**
ing. J. Kramer **Houtinstituut TNO-TH**

**Nederlands Instituut voor
Arbeidsomstandigheden NIA**
bibliotheek-documentatie-informatie
De Boelelaan 32, Amsterdam-Buitenveldert

ISN-nr.
plaats
datum

3341
ser. 4, 557-7

06 SEP. 1990

**Onderzoeksprogramma interdepartementale commissie
geluidhinder ICG
LA-HR-02-03**

augustus 1990

Een onderzoek, uitgevoerd in opdracht van het Directoraat-Generaal van de Arbeid door de Technische Fysische Dienst TNO-TH Delft

Begeleidingscommissie:

ir. J.A.M. Blok	SZW/DGA
ing. P.L.H. Schuurman	SZW/DGA
K. Alkema	EZ
P.J.M. Iping	SZW/DGA
ing. J.Kramer	Houtinstituut TNO
P.Monsma	SZW/AI
ing. E.J.L. Niehoff	VROM
W.C.A. Rapati	SZW/AI
ir. W.M.A.J. Willart	VROM
ing. G.L.M. v. Rijn	AKZO
ir. H. Straatsma	Peutz
A. Veerman	SZW/DGA
R.G. Wigboldus	Nederlandse Houtbond

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Noort, A.M. van

Lawaai op de arbeidsplaats : inventarisatie van de geluidoorzaken en geluidverminderende maatregelen bij de machinale houtbewerking / [auteurs: A.M. van Noort, J. Kramer]. - Voorburg: Directoraat-Generaal van de Arbeid van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid. - ([Studie] / Directoraat-Generaal van de Arbeid, AI, ISSN 0921-9218 ; S57-7)
([Lawaai op de arbeidsplaats])

Onderzoeksprogramma Interdepartmentale Commissie Geluidhinder ICG. - Onderzoek uitgevoerd in opdracht van het Directoraat-Generaal van de Arbeid door de Technische Fysische Dienst TNO-TH Delft.

ISBN 90-5307-099-0

SISO 614.63 UDC 331.432:674.05

Trefw.: arbeidsomstandigheden; houtindustrie.

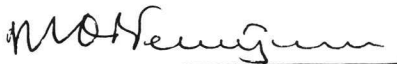
VOORWOORD

De Minister van Sociale Zaken heeft in juni 1981 de SER advies gevraagd over zijn beleidsvoornemens met betrekking tot lawaai op de arbeidsplaats. Het zwaartepunt ligt bij het voornemen de wettelijke grens waarboven geluid schadelijk wordt geacht op 80 dB(A) te stellen. De wettelijke bepalingen waarin de grenswaarden zullen worden opgenomen bevatten de bepaling dat machines en werkzaamheden geen schadelijk geluid mogen veroorzaken, tenzij dat redelijkerwijs niet kan worden gevergd. Het is duidelijk dat bij de interpretatie van het begrip "redelijkerwijs" inzicht in de stand van de lawaai bestrijdingstechniek van groot belang is. Daarom is in het onderzoekprogramma Lawaai op de arbeidsplaats (ICG-rapport: LA-HR-00-01) hoofdonderwerp 02 opgevoerd: "Inventarisatie van de stand van de techniek met betrekking tot lawaai op de arbeidsplaats voor apparaten en werkzaamheden." Deze inventarisaties kunnen per apparaat of werkwijze plaatsvinden of eventueel per bedrijfstak.

Dit rapport beschrijft de stand van de lawaai bestrijdingstechniek op het gebied van houtbewerkingsmachines.

De begeleidingscommissie voor dit onderzoek is van oordeel dat het rapport een goed overzicht geeft van de beschikbare kennis met betrekking tot het geluid van houtbewerkingsmachines.

De Voorzitter van de ICG-
subcommissie Lawaai op de
arbeidsplaats,



ir.M.A.P.Verwijmeren

Zusammenfassung

Im Rahmen der Inventarisierung der technischen Möglichkeiten zur Verminderung des Lärms am Arbeitsplatz werden Untersuchungen in verschiedenen Teilbereichen durchgeführt. Dieser Bericht behandelt die Ergebnisse einer Untersuchung in bezug auf Holzbearbeitungsmaschinen. Ausgehend von dem heutigen Kenntnisstand und der verfügbaren Literatur, wurden Daten über die Lärmerzeugung bei gängigen Holzbearbeitungsmaschinen, über die Entstehung dieses Lärms und über schallreduzierende Massnahmen gesammelt. Das Schwergewicht lag auf spezifischen Lärmschutzproblemen im Zusammenhang mit der maschinellen Holzbearbeitung. Es werden folgende Gruppen von Holzbearbeitungsmaschinen behandelt:

1. Hobel- und Fräsmaschinen
2. Sägemaschinen
3. Bohrmaschinen u.dgl.
4. Schleifmaschinen
5. Doppelendprofiler
6. Zerkleinerungsmaschinen.

Weiterhin befasst sich der Bericht mit der Lärmerzeugung von Absauganlagen, dem Lärm beim Schleifen von Werkzeugen und mit der Werkstatteinrichtung.

Abstract

In connection with the ICG surveys of ways of reducing noise in the work-place, the present report deals with technical possibilities of reducing noise from woodworking machines. Existing literature and knowledge were surveyed concerning noise production by common wood-working machines, how the noise is produced and how it can be reduced.

The following types of machines are dealt with:

1. Planing and milling machines
2. Machine saws
3. Hole-cutting machines
4. Sanding machines
5. End profiling machines
6. Wood waste reducing machines

Noise from extractors and from the sharpening of tools, and the layout of the work-place, are also considered.

Résumé

Dans le cadre des études ICG en vue de réduire le bruit sur le lieu de travail, le présent rapport examine les possibilités techniques d'atténuer le bruit produit par les machines à bois.

Sur la base des ouvrages et des connaissances actuellement disponibles, il fait l'inventaire de la production sonore des machines à bois les plus courantes, des mécanismes de génération du bruit et des mesures à prendre pour en atténuer l'intensité. Ce rapport se concentre sur les problèmes spécifiques du bruit des machines à bois.

Le rapport examine les groupes suivants de machines:

1. les raboteuses et les fraiseuses,
2. les scies mécaniques,
3. les foreuses, les perceuses et les perforatrices,
4. les ponceuses,
5. les machines à profiler,
6. les machines à réduire les déchets de bois.

Le rapport s'intéresse aussi au bruit émis par les installations d'aspiration et celui produit par l'affûtage des outils ainsi qu'à l'aménagement de l'atelier.



INHOUD

=====

1.	INLEIDING	1
2.	DE INVLOED VAN DE VERSPANING OP HET GELUIDNIVEAU	3
3.	SCHAAF- EN FREESMACHINES	7
	3.1 Uitvoeringsvormen	7
	3.2 De geluidproductie in onbelaste toestand	7
	3.2.1 Het aandrijfmechanisme	7
	3.2.2 Het aerodynamische geluid	8
	3.2.3 De vorm van de gereedschappen	8
	3.2.4 De invloed van obstakels, tafellippen, geleidingslinealen, ect.	15
	3.2.5 Toerental van de frees of het beitelblok	18
	3.2.6 Invloed van de afzuiging	18
	3.3 Bijkomende geluidoorzaken tijdens het schaven of frezen	19
	3.3.1 Invloed freesrichting	19
	3.3.2 Invloed snijkanten van de frees en het beitelblok	20
	3.3.3 Invloed van de afmetingen van het werkstuk op het geluidniveau	22
	3.3.4 Overige verspaningsinvloeden op het geluidniveau	24
	3.4 Geluidverminderende maatregelen	24
	3.4.1 Algemeen toepasbare maatregelen	25
	3.4.2 Specifieke maatregelen	25
	3.4.2.1 Vlakbank	25
	3.4.2.2 Vandiktebank	26
	3.4.2.3 Tafelfreesmachine	28
	3.4.2.4 Bovenfreesmachine	28
	3.4.2.5 Vierzijdige schAAF- en freesmachine	29
	3.4.2.6 Een- en tweezijdige copieer- en rondom profielfreesmachine	31
4.	BANDZAAGMACHINES	33
	4.1 Uitvoeringsvormen	33
	4.2 De geluidproductie in onbelaste toestand	33
	4.3 Bijkomende geluidoorzaken tijdens het zagen	35
	4.4 Geluidverminderende maatregelen	36

	<u>blad</u>
5. CIRKELZAAGMACHINES	37
5.1 Uitvoeringsvormen	37
5.2 De geluidproductie in onbelaste toestand	37
5.2.1 Het aandrijfmechanisme	37
5.2.2 Het aerodynamische geluid van een cirkelzaag	38
5.2.3 Invloed uitvoering en afmetingen van het zaag- blad op het geluid	40
5.2.4 Beïnvloeding van het trillingspatroon	42
5.2.5 Invloed van de uitsteek van het zaagblad uit het werkblad op het geluid	43
5.2.6 Overige invloeden	44
5.3 Bijkomende geluidoorzaken tijdens het zagen	44
5.4 Geluidverminderende maatregelen	47
5.4.1 Algemeen toepasbare maatregelen	47
5.4.2 Specifieke maatregelen	51
5.4.2.1 Meerbladcirkelzaagmachines	51
5.4.2.2 Verticale platenzaagmachine	52
6. MACHINES VOOR HET MAKEN VAN GATEN	53
6.1 Uitvoeringsvormen	53
6.2 De geluidproductie in onbelaste toestand	53
6.3 Bijkomende geluidoorzaken tijdens het maken van gaten	53
6.4 Geluidverminderende maatregelen	54
6.4.1 Algemeen toepasbare maatregelen	54
6.4.2 Specifieke maatregelen	54
6.4.2.1 De kettingfreesmachine	54
7. SCHUURMACHINES	57
7.1 Uitvoeringsvormen	57
7.2 De geluidproductie in onbelaste toestand	57
7.3 Bijkomende geluidoorzaken tijdens het schuren	57
7.4 Geluidverminderende maatregelen	59
7.4.1 Algemeen toepasbare maatregelen	59
7.4.2 Specifieke maatregelen	59
7.4.2.1 Walsenschuurmachines en de grote bandschuurmachines	59

	<u>blad</u>
8. EINDPROFILEERMACHINES	61
8.1 Uitvoeringsvormen	61
8.2 De geluidproductie in onbelaste toestand	61
8.3 De geluidproductie van de dubbele formaatzaagmachine met kettingaanvoer	61
8.3.1 De ritszaag	61
8.3.2 Hoofdzaag met verspaner	62
8.3.3 Frezen	64
8.4 Geluidverminderende maatregelen	65
8.4.1 Algemeen toepasbare maatregelen	65
8.4.2 Specifieke maatregelen	65
8.4.2.1 Pennenbank	65
8.4.2.2 Dubbele formaatzaagmachine met ketting- aanvoer	66
9. HOUTAFVALVERKLEININGSMACHINES	67
9.1 Uitvoeringsvormen	67
9.2 De geluidproductie in onbelaste toestand	67
9.3 Bijkomende geluidoorzaken bij het verkleinen	68
9.4 Geluidverminderende maatregelen	68
10. AFZUIGINSTALLATIES	69
11. INDELING VAN DE WERKPLAATS	71
12. SLIJPEN VAN GEREEDSCHAP	73
LITERATUURLIJST	74
Bijlage A: Geluidniveaus in dB(A) van houtbewerkingsmachines gemeten op de bedieningsplaats.	

1. INLEIDING

=====

In het kader van de ICG-onderzoeken ten behoeve van de lawaaivermindering op de arbeidsplaats worden in dit rapport de technische mogelijkheden voor geluidverminderende maatregelen bij de machinale houtbewerking behandeld. Aan de hand van de huidige beschikbare literatuur en kennis is een inventarisatie gemaakt van de geluidproductie van veel voorkomende houtbewerkingsmachines, de ontstaansmechanismen van het geluid en de geluidverminderende maatregelen bij deze machines. De nadruk ligt hierbij op de specifieke geluidproblemen bij de machinale houtbewerking. Algemene geluidproblemen die ook bij de machinale houtbewerking voorkomen zullen niet in dit rapport worden besproken. Hiervoor wordt verwezen naar de basisrapporten "Geluidarm construeren" [1] en "Geluidarm installeren" [2].

Het aantal typen houtbewerkingsmachines, maar ook het aantal uitvoeringsvormen per type machine is zeer groot. Daarnaast komen combinaties van bewerkingen en machines voor. Hierdoor is het onmogelijk alle houtbewerkingsmachines apart te bespreken. Alleen de meest gangbare typen machines die voorkomen bij de houthandel, de timmerindustrie en de meubelindustrie zullen worden behandeld. Dergelijke machines, veelal in kleinere uitvoering, komen ook in andere bedrijfstakken van de houtindustrie voor. Wat betreft de oorzaken van de geluidproductie en de te nemen geluidverminderende maatregelen komen die machines vrijwel overeen met de in dit rapport behandelde machines.

De houtbewerkingsmachines die in de genoemde bedrijfstakken van de houtindustrie veel voorkomen en waarvan bekend is dat deze veel geluid veroorzaken zijn samengevat in bijlage A.

Van deze machines zijn in de bijlage de geluidniveaus op de bedieningsplaatsen gegeven in onbelaste toestand en tijdens bewerking.

De gegeven geluidniveaus zijn afkomstig van metingen, of literatuur of zijn geschat uit vergelijking met overeenkomstige machines of bewerkingen. De geschatte geluidniveaus zijn herkenbaar aan het teken (*) in de tabel. De machines zijn in de volgende groepen in te delen:

1. Schaaf- en freesmachines
2. Zaagmachines
3. Machines voor het maken van gaten
4. Schuurmachines
5. Eindprofileermachines
6. Houtafvalverkleiningsmachines

In dit rapport zal wel de invloed van de verspaning op het geluidniveau worden besproken. De invloed van de houtsoort op het geluidniveau wordt echter niet behandeld.

De geluidproblemen bij afzuiginstallaties en bij het slijpen van het gereedschap zullen niet uitgebreid worden behandeld. Wel worden enkele voorbeelden gegeven om het geluidniveau te verminderen.

De indeling van de werkplaats is ook van belang. Hierover zullen in het rapport ook enige opmerkingen worden gemaakt.

2. DE INVLOED VAN DE VERSPANING OP HET GELUIDNIVEAU

=====

Alvorens in te gaan op de ontstaansmechanismen van het geluid bij de diverse typen machines wordt in dit hoofdstuk een overzicht gegeven van de meer algemene factoren die een rol spelen bij de geluidproductie.

Elke houtsoort heeft zijn specifieke eigenschappen. Om een bewerking met een goede oppervlaktekwaliteit te verkrijgen moeten zowel het gereedschap als de omstandigheden waaronder de bewerking plaatsvindt aan bepaalde eisen voldoen.

De parameters die van invloed zijn op de kwaliteit van het verkregen product zijn:

- de diameter van het gereedschap (d in mm)
- het toerental (n in omw./min.)
- het aantal snijkanten (z)
- de aanvoersnelheid (s in mm/min.)
- de spaanafname of zaagdiepte (a in mm)

Verandering van deze parameters heeft invloed op de geluidproductie tijdens de bewerking, de kwaliteit van het verkregen product, de productie en de condities van het gereedschap.

Een aantal uit deze parameters afgeleide grootheden is:

$$\text{Snijsnelheid} \quad v = \frac{\pi \times d \times n}{60 \times 1000} \quad (\text{m/s}) \quad (1)$$

$$\text{Aanvoer per omwenteling} \quad s' = \frac{s \times 1000}{n} \quad (\text{mm}) \quad (2)$$

$$\text{Aanvoer per snijkant} \quad s_z = \frac{s \times 1000}{z \times n} \quad (\text{mm}) \quad (3)$$

$$\text{Gemiddelde spaandikte bij frezen } h_m = \frac{s \times 1000}{z \times n} \sqrt{\frac{a}{d}} \quad (\text{mm}) \quad (4)$$

Het effect op het geluidniveau zal nader worden toegelicht.

De snijsnelheid

In tabel 1 zijn enkele aanbevolen snijsnelheden voor frezen en cirkelzagen gegeven.

Tabel 1: Aanbevolen snijsnelheden in m/s voor enkele materialen.

Materiaal	frees		cirkelzaag	
	H (*)	HSS (**)	CV (***)	H
zachthout	60-90 m/s	50-80 m/s	max. 55 m/s	70-100 m/s
hardhout	50-80 m/s	40-60 m/s	max. 55 m/s	70- 90 m/s
triplex, spaanplaat	60-80 m/s			60- 80 m/s
plaat met kunststoflaag	35-60 m/s			50- 80 m/s

(x) hardmetaal

(xx) hooggelegeerd sneldraaistaal

(xxx) chroom-vanadium

De gegevens in tabel 1 zijn overgenomen uit verschillende gereedschaps-catalogi.

Een te lage snijsnelheid, als gevolg van een te kleine diameter frees of een te laag toerental, zie formule (1), veroorzaakt een slechtere oppervlaktekwaliteit. Het geluidniveau wordt echter lager.

Een te hoge snijsnelheid, als gevolg van een te grote diameter frees of een te hoog toerental, zie formule (1), gaat ten koste van de standtijd van het gereedschap, vooral bij HSS-gereedschap. Het veroorzaakt ook een hoger geluidniveau.

Aanvoer per omwenteling en per snijkant

Bij vergroting van de aanvoer per omwenteling en per snijkant, uitgaande van optimale bewerkingsomstandigheden, neemt het geluidniveau toe. De kwaliteit van het bewerkte oppervlak zal echter verminderen.

Gemiddelde spaandikte

Een te grote spaandikte geeft in het algemeen een hoger geluidniveau en een slechtere oppervlaktekwaliteit.

Een te kleine spaandikte maakt echter het gereedschap sneller bot en leidt daardoor eveneens tot een toename in het geluidniveau.

Aantal snijkanten

Uitgaande van goed gekozen bewerkingsomstandigheden geeft het verminderen van het aantal snijkanten een geringe toename in geluidniveau en een slechtere oppervlaktekwaliteit.

Verhoging van het aantal snijkanten zal een kleine afname in het geluidniveau bewerkstelligen en de oppervlaktekwaliteit verbeteren.

Aanvoersnelheid

Verlaging van de aanvoersnelheid geeft een lager geluidniveau. Dit gaat ten koste van de productie maar verbetert de oppervlaktekwaliteit.

3. SCHAAF- EN FREESMACHINES

=====

3.1 Uitvoeringsvormen

In principe is er geen verschil tussen een schAAF- en een freesmachine.

In beide gevallen wordt de verspaning bereikt met roterende gereedschappen voorzien van snijkanten. De toegepaste gereedschappen kunnen zowel in vorm en afmeting als in opbouw sterk verschillen. In grote lijnen zijn de volgende typen te onderscheiden:

- beitelblokken (koppen) met losse beitels
- frezen met vaste snijkanten
- frezen met instelbare snijkanten
- beitelkoppen of frezen met wisselplaatjes (omkeermessen)

Ronde beitelblokken met losse beitels komen o.a. voor bij vlakbanken, vandediktebanken en vierzijdige schAAF- en freesmachines.

Vierkante beitelblokken met losse beitels worden o.a. toegepast op vierzijdige schAAF- en freesmachines en op tafelfreesmachines.

Frezen met vaste snijkanten worden in hoofdzaak toegepast voor het aanbrengen van profileringen.

Frezen met instelbare snijkanten worden verhoudingsgewijs weinig toegepast. Toepassingen van beitelkoppen of frezen met wisselplaatjes nemen, zowel voor recht als voor geprofileerd werk, sterk toe.

3.2 De geluidproductie in onbelaste toestand

3.2.1 Het aandrijfmechanisme

De machine met roterende freesspil zonder frees of beitelblok produceert reeds een bepaald geluidniveau. Dit wordt veroorzaakt door het aandrijfmechanisme, bestaande uit de motor, de overbrenging, de lagering van de freesspil en de constructie van het machineframe. Bij goed geconstrueerde machines is dit geluid echter vrijwel altijd ondergeschikt aan het aerodynamische geluid, veroorzaakt door het gereedschap.

Bij de bovenfreesmachine is dit niet het geval. Als gevolg van het hoge toerental van de aandrijving (ca. 20 000 omw./min.) wordt reeds bij onbelast draaien een hoog geluidniveau waargenomen. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de onbalanskrachten in de aandrijving, overbrenging en freesspil.

Ondanks het hoge toerental is de omtreksnelheid als gevolg van de geringe afmetingen van het gereedschap laag. Hierdoor speelt het aerodynamische geluid bij het bovenfrezen een ondergeschikte rol [9].

3.2.2 Het aerodynamische geluid

Bij een op een freesspil aangebrachte frees of beitelblok dat zonder obstakels in de omgeving vrij kan ronddraaien, wordt de luchtlaag rond het gereedschap meegenomen als gevolg van het uitsteken van de snijkanten.

De luchtwerfels die hierbij ontstaan, laten los en veroorzaken drukverstoringen in de lucht die als een ruisachtig geluid worden waargenomen [1].

Wordt in de directe omgeving van het draaiende gereedschap een obstakel aangebracht, bijv. een geleider, dan ontstaat nabij het obstakel bij het passeren van een snijkant een sterke drukverhoging in de lucht. Omdat de snijkanten regelmatig verdeeld in de omtrek van het gereedschap zijn aangebracht zullen de drukverhogingen een periodiek karakter krijgen, hetgeen als een tonaal geluid wordt waargenomen. De frequentie van dit geluid hangt af van het toerental van het gereedschap en het aantal snijkanten en is als volgt te berekenen:

$$f_m = m \left(\frac{n \times z}{60} \right) \text{ Hz} \quad (5)$$

f_m = frequentie van het door het gereedschap geproduceerde geluid (toon)

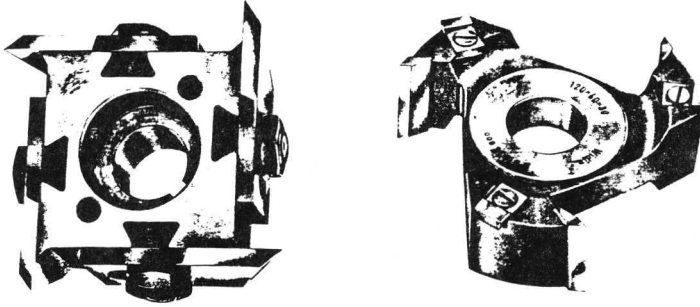
m = 1^e , 2^e , 3^e , .. harmonische van de grondfrequentie

n = toerental van het gereedschap in omw./min.

z = aantal snijkanten.

3.2.3 De vorm van de freesgereedschappen

De vorm van de freesgereedschappen is van invloed op het geluidniveau. Deze dient zoveel mogelijk gesloten en cilindrisch te zijn [3].



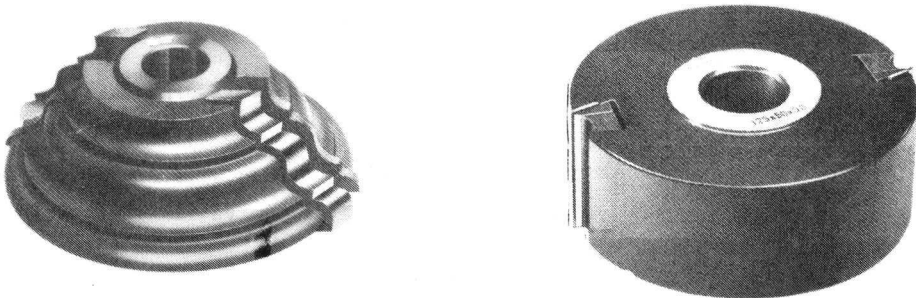
vierkant beitelblok

sponningfrees

Figuur 3.1: Voorbeelden van aerodynamisch ongunstige freesvormen.

Freesvormen met grote openingen (spaanruimten) en vierkante beitelblokken hebben een ongunstige aerodynamische vorm (zie figuur 3.1).

Voorbeelden van aerodynamisch gunstige freesvormen zijn gegeven in figuur 3.2.



profielfrees

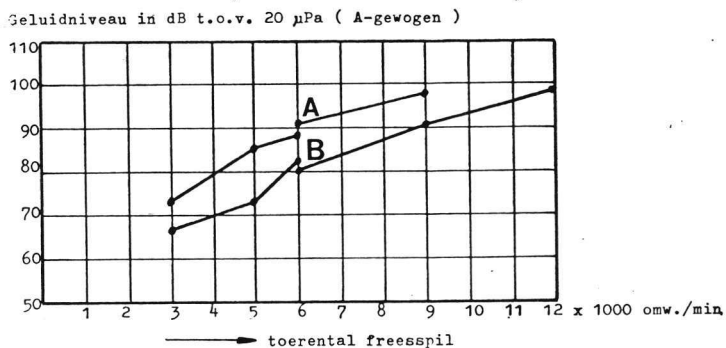
strijkbeitelkop

Figuur 3.2: Voorbeelden van aerodynamisch gunstige freesvormen.

Bij frezen of beitelkoppen met losse beitels kan ook de uitsteek van de beitels invloed hebben op het aerodynamische geluid bij het onbelast draaien.

In [3] wordt bijvoorbeeld een strijkbeitelkop met 4 ver uit de kop stekende beitels vergeleken met een strijkbeitelkop zoals gegeven in figuur 3.2. Het geluid van de beide beitelkoppen is gemeten bij verschillende toerentallen en gegeven in de grafiek van figuur 3.3.

Uit de grafiek blijkt dat de strijkbeitelkop uit figuur 3.2 ca. 7 dB(A) stiller is dan de beitelkop met de ver uit de kop stekende beitels.



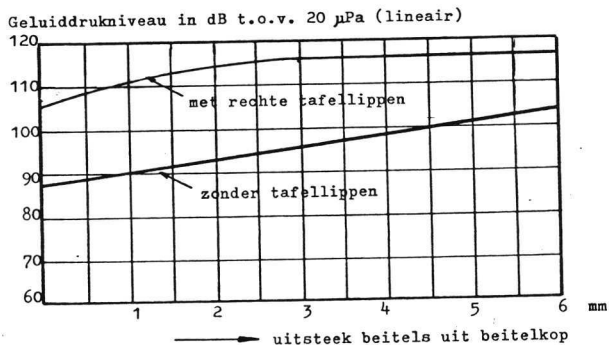
Figuur 3.3 Geluidniveau van een aerodynamisch ongunstige (A) en een gunstige strijkbeitelkop (B) gemeten als functie van het toerental van de freesspil [3].

A: strijkbeitelkop met 4 ver uit de kop stekende beitels
 $\varnothing 125 \times 50$ mm

B: strijkbeitelkop met 2 weinig uit de kop stekende beitels, zie figuur 3.2

Het niet doorlopen van de lijnen in de grafiek bij 6000 omw./min. is het gevolg van het overschakelen van de machine naar een ander toerentalgebied.

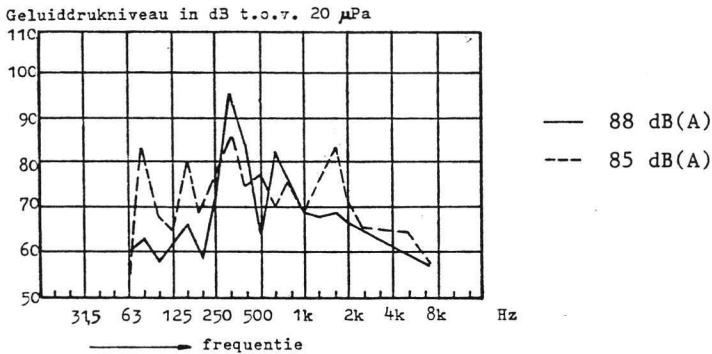
Pahlitzsch heeft bij een vlakbank het effect van de uitsteek van de beitels uit de beitelkop onderzocht [4]. Het resultaat hiervan is gegeven in figuur 3.4.



Figuur 3.4: Geluidniveau, gemeten op 30 cm van de beitelblokas van een vlakbank als functie van de uitsteek van de beitels [4.]
 Beitelblok met 4 snijkanten, toerental 5400 omw./min.

Uit figuur 3.4 blijkt dat het geluidniveau, van een vlakbank toeneemt wanneer de beitels verder uit het beitelblok uitsteken. Zonder obstakels (tafellippen) in de omgeving van het beitelblok neemt het geluidniveau ca. 15 dB(A) toe wanneer de uitsteek van de beitels vergroot wordt van 0 tot 6 mm. Met obstakels in de omgeving van het beitelblok blijkt dat tot ca. 3 mm uitsteek het geluidniveau sterk toeneemt en bij verdere uitsteek geen versterking van het geluid meer wordt waargenomen [4].

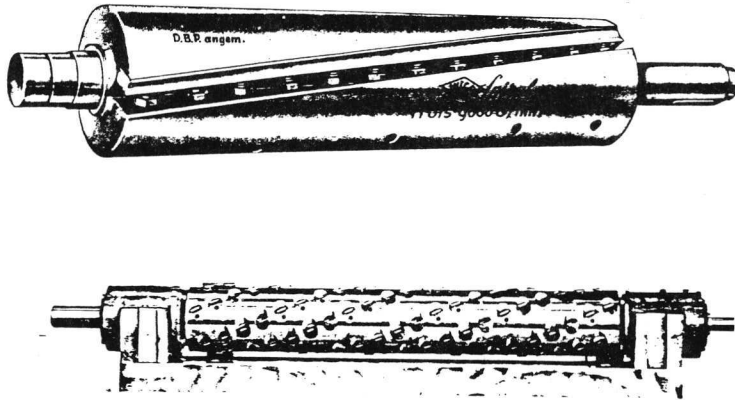
De invloed van het aantal snijkanten bij een frees- of beitelkop op het geluidniveau is gering. In figuur 3.5 zijn de geluidspectra gegeven van vrijdraaiende beitelblokken met vier en met twee snijkanten, gemeten onder dezelfde condities.



Figuur 3.5: Geluidspectra van het aerodynamische geluid van een beitelblok met 4 snijkanten (—) en met 2 snijkanten (- - - - -), gemeten bij een vandrktebank 3 .
 n = 5250 omw./min.

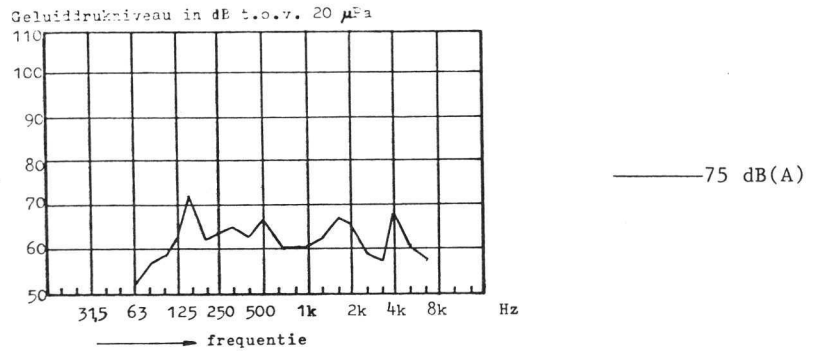
Het verschil in geluidniveau tussen de beide beitelblokken bedraagt 3 dB(A), waarbij het blok met 2 snijkanten het laagste geluidniveau gaf. Tevens zijn in figuur 3.5 de grondfrequentie van het beitelblok (87 Hz), de snijkantfrequentie met 2 snijkanten (175 Hz) en de snijkantfrequentie bij 4 snijkanten (350 Hz) met de tweede harmonische goed te herkennen. Deze kunnen worden berekend met formule (5).

Beitelblokken kunnen naast asparallelle snijkanten ook spiraalvormige- of segmentsnijkanten hebben. Deze beitelblokken veroorzaken minder geluid dan de beitelblokken met asparallelle snijkanten. Ook de snijkantfrequenties zijn minder goed in het geluidsspectrum te herkennen. In de praktijk worden ze desondanks zelden toegepast. Dit is het gevolg van de hoge aanschafkosten en de hogere slijpkosten. Globaal zijn deze kosten 2 x zo hoog als die van de beitelblokken met asparallelle snijkanten. In figuur 3.6 zijn voorbeelden van dergelijke beitelblokken gegeven.



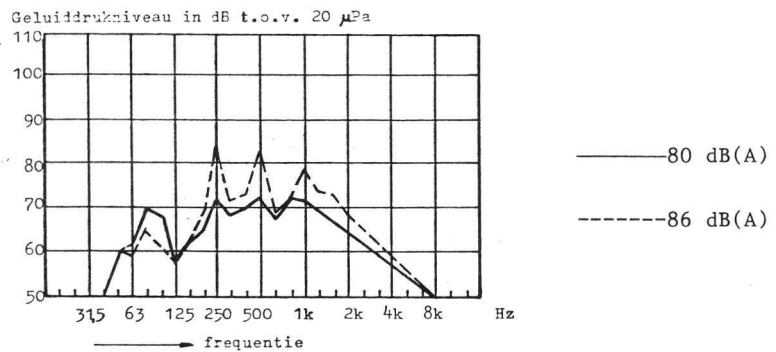
Figuur 3.6: Voorbeelden van beitelblokken met spiraalvormige snijkanten (boven) en segmentsnijkanten (onder) voor een vlak- of een vandiktebank.

In figuur 3.7 is een geluidsspectrum van een vandiktebank voorzien van een beitelblok met spiraalvormige snijkanten gegeven.



Figuur 3.7: Geluidsspectrum van een beetelblok met 2 spiraalvormige snijkanten in onbelaste toestand gemeten bij een vandiktebank [3]. Spiraalhoek 18° , toerental 4680 omw./min.

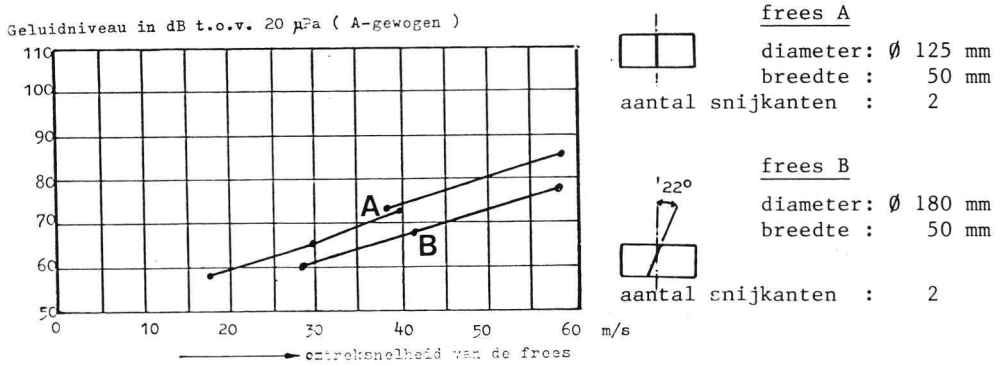
Het geluidsspectrum van een beetelblok met segmentsnijkanten is gegeven in figuur 3.8. Tevens is hierbij het geluidsspectrum gegeven van een beetelblok met asparallelle snijkanten.



Figuur 3.8: Geluidsspectrum van een vlakbank uitgerust met een beetelblok met segmentsnijkanten in onbelaste toestand. Ter vergelijking is een geluidsspectrum gegeven van een beetelblok met 3 asparallelle snijkanten (-----) [5]. $n = 4800$ omw./min.

In onbelaste toestand veroorzaken beetelblokken met asparallelle snijkanten een ruisachtig geluidsspectrum met tooncomponenten, zie de figuren 3.5 en 3.8. Beetelblokken met spiraalvormige en segmentsnijkanten veroorzaken een ruisachtig geluidsspectrum met minder uitgesproken tooncomponenten, waarbij tevens de geluidsniveaus respectievelijk ca. 10 en 6 dB(A) lager liggen.

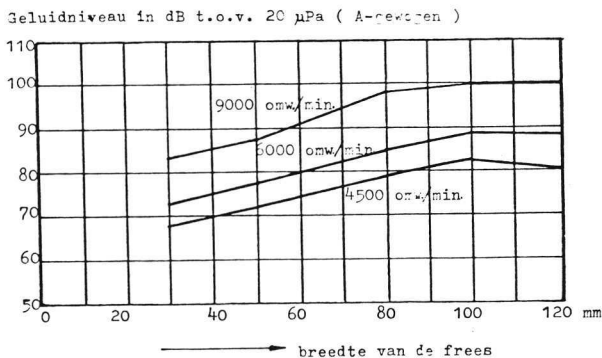
In figuur 3.9 wordt het geluidniveau van een frees met een scherpe snijkant vergeleken met het geluidniveau van een frees met rechte snijkant bij verschillende omtreksnelheden (snijnsnelheden). Hieruit blijkt dat bij een scherpe snijkant met een hoek van 22° een niveaupercentage van ca. 6 dB(A) is gevonden.



Figuur 3.9: Geluidniveau van een freeskop met rechte (A) en met scherpe snijkant (B) als functie van de omtreksnelheid van de frees in onbelaste toestand [3].

Het niet doorlopen van de lijn A in de grafiek bij 40 m/s is het gevolg van het overschakelen van de machine naar een ander toerentalgebied.

De lengte van het beetblok of de breedte van de frees heeft ook invloed op het geluidniveau. Hoe breder de frees des te meer geluid wordt veroorzaakt. In figuur 3.10 is de invloed van de breedte van een frees gegeven.

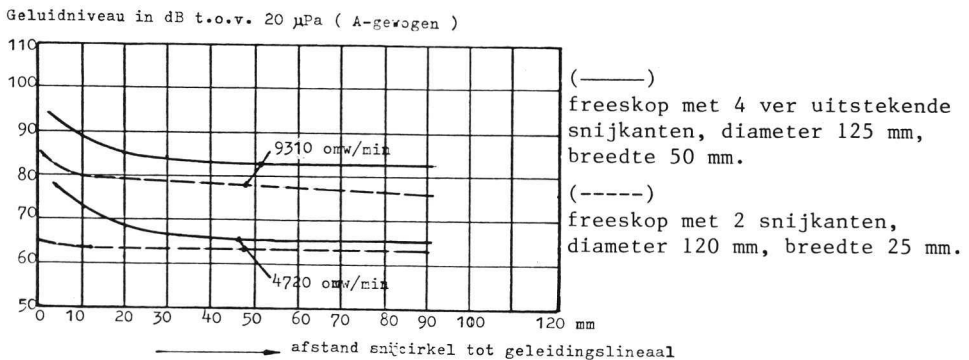


Figuur 3.10: Invloed van de breedte van de frees op het geluidniveau bij verschillende toerentallen van de freesspil in onbelaste toestand [3]. Diameter frees 125 mm.

Uit de grafiek blijkt dat het geluidniveau ca. 2 dB(A) toeneemt per 10 mm breedte toename tot een freesbreedte van 100 mm. Deze toename is onafhankelijk van het toerental van de frees. Bij grotere freesbreedten is geen toename van het geluidniveau geconstateerd.

3.2.4 De invloed van obstakels, tafellippen, geleidingslinealen, etc.

Wordt een obstakel bij het draaiende gereedschap gebracht, dan neemt het geluidniveau sterk toe. De toename van het geluidniveau is echter afhankelijk van het type frees, beitelblok, het toerental van het gereedschap en de afstand van de snijcirkel van het gereedschap tot het obstakel, bijv. tafellippen of geleidingslineaal. In figuur 3.11 zijn enkele voorbeelden gegeven van freeskoppen met 2 en 4 snijkanten bij 2 verschillende toerentallen.

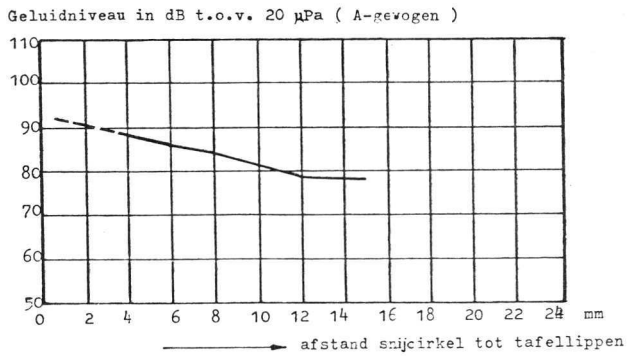


Figuur 3.11: Invloed van de afstand tussen de snijcirkel en de rechte geleidingslineaal op het geluidniveau bij twee toerentallen van de freesspil in onbelaste toestand [3].

Bij de freeskop met 4 ver uitstekende snijkanten neemt het geluidniveau sterk toe naarmate de afstand tussen de snijcirkel en de geleidingslineaal kleiner wordt.

Bij de freeskop met 2 weinig uitstekende snijkanten neemt het geluidniveau nauwelijks toe bij verkleining van de afstand snijcirkel-geleidingslineaal tot ca. 10 mm.

Bij de vlakas van een meerzijdige freesmachine is dit effect eveneens onderzocht. In figuur 3.12 is de invloed van de afstand van de snijcirkel tot de tafellippen op het geluidniveau gegeven.

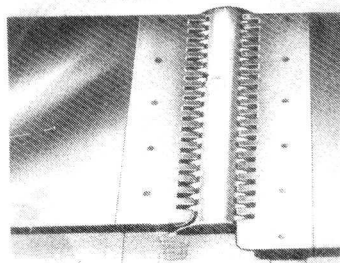


Figuur 3.12: Invloed van de afstand tussen de snijcirkel en de rechte tafellippen bij een vlakas van een meerzijdige freesmachine in onbelaste toestand op het geluidniveau [6].

Ook hier is te zien dat het geluidniveau toeneemt als de afstand van de snijcirkel tot de tafellippen wordt verkleind.

Bij de vandiktebank heeft de afstand tussen de de drukbalken en de snijcirkel invloed op het geluidniveau. Hoe groter de afstand des te lager is het geluidniveau.

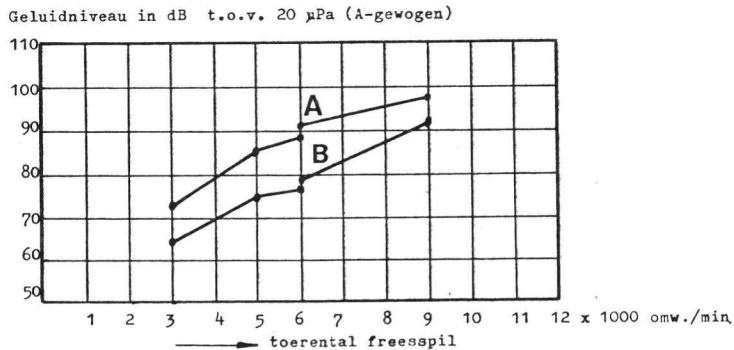
In de literatuur wordt melding gemaakt van meerdere onderzoeken naar het effect van getande tafellippen op het geluidniveau van de machine [3,4,6,7,8]. In figuur 3.13 is een voorbeeld van getande tafellippen bij een vlakbank te zien.



Figuur 3.13: Voorbeeld van een getande tafellipconstructie bij een vlakbank.

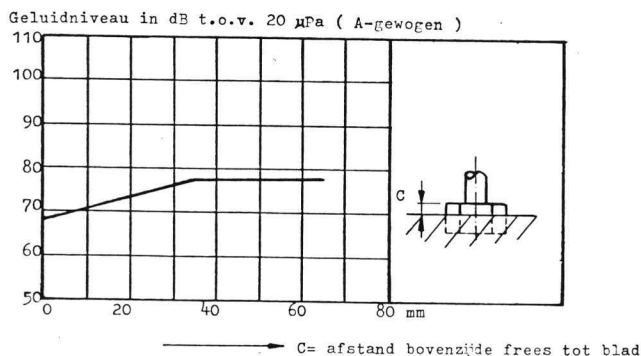
Er komen naast de getande lipconstructie ook nog uitvoeringen voor waarbij de tafellippen zijn voorzien van een gaten- of sleuvenpatroon. De grootste niveauperlaging werd echter bereikt bij een getande tafellipconstructie, waarbij de tanddikte 5 mm, de tandlengte 30 mm en de onderlinge afstand tussen de tanden 5 mm bedroeg [8]. Ten opzichte van een niet getande tafellipconstructie is bij de vlakbank een niveauperlaging tot ca. 12 dB(A) mogelijk [3,7].

In principe is bij de vandiktebank ook een geluidniveauperlaging te bereiken door de drukbalken te voorzien van een vertanding zoals bij een vlakbank. De mate waarin het geluidniveau kan worden verlaagd is echter niet bekend [3]. In figuur 3.14 is het effect van de vertanding van de geleidingslineaal op het geluidniveau bij een tafelfreesmachine gegeven.



Figuur 3.14: Geluidniveau van een strijkfreeskop \varnothing 125mm x 50mm met vier snijkanten op een tafelfreesmachine met een gesloten geleidingslineaal (A) en een getande geleidingslineaal (B) als functie van het toerental, in onbelaste toestand [3]. Het niet doorlopen van de lijnen in de grafiek bij 6000 omw./min. is het gevolg van het overschakelen naar een ander toerentalgebied.

Bij de tafelfreesmachine bevindt zich ter plaatse van de frees een uitsparing in het blad ten behoeve van de frees. Door de frees zover mogelijk in de uitsparing te laten, dus zo min mogelijk uit de tafel te laten steken, is het mogelijk enige geluidniveauperlaging te bereiken. Wordt de uitsteek (maat c in figuur 3.15) minder dan 35 mm dan neemt het geluidniveau ca. 3 dB(A) af per 10 mm hoogte vermindering. In figuur 3.15 is dit effect getekend.



Figuur 3.15: Het geluidniveau van een strijkfrees \varnothing 120mm x 40mm als functie van de afstand die de bovenzijde van de frees boven het blad uitsteekt [3].

3.2.5 Toerental van de frees of het beitelblok

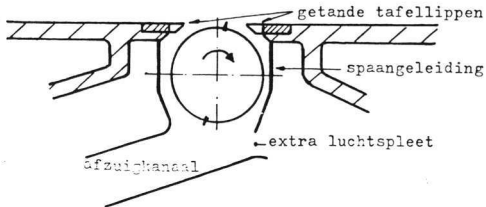
Het toerental van een frees of beitelblok is afhankelijk van de gewenste snijsnelheid en de afmetingen van het gereedschap, zie hoofdstuk 2. Bij een optimale snijsnelheid en een bepaalde afmeting van het gereedschap ligt het toerental vast. Is het echter mogelijk het toerental 1000 omw./min. te verlagen dan zal het geluidniveau ca. 3 dB(A) dalen [3] (zie figuur 3.3 en 3.14). Dit heeft echter wel consequenties voor de oppervlaktekwaliteit en de productie. Deze niveauperlaging is bij de freesmachine, de vlakbank en de vandiktebank geconstateerd.

3.2.6 Invloed van de afzuiging

Het geluidniveau veroorzaakt door de afzuiginstallatie bij de freesmachines is onafhankelijk van het toerental. Bij lage toerentallen van de machines zal de geluidproductie van de frees in het algemeen laag zijn. In dat geval kan de afzuiging het geluidniveau bepalen. Bij hogere toerentallen wordt het geluidniveau van de machine bepaald door het gereedschap; de afzuiging is dan van ondergeschikt belang [3].

Bij de vlakbank en de vandiktebank heeft de afzuiging meer invloed op het geluidniveau. Telkens als de snijkanten van het beitelblok de tafellippen of de drukbalken bij de vandiktebank passeren worden de spleten tussen de snijkanten en de tafellippen, resp. de drukbalken verkleind. Doordat bij deze machines de afzuiglucht via deze spleten worden aangezogen, zal bij het verkleinen van de spleet een extra onderdruk in het afzuigkanaal ontstaan. Door het draaien van het beitelblok ontstaan periodieke drukschommelingen die een verhoging van het geluidniveau geven en een tonaal karakter hebben.

Door onder het blad een extra opening in het afzuigkanaal te maken worden de drukschommelingen in het afzuigkanaal gecompenseerd. De geluidreductie die hiermee bij een vlakbank met gesloten tafellippen is bereikt bedraagt ca. 8 dB(A), met getande tafellippen is dit 5 dB(A) [7]. In figuur 3.16 is een voorbeeld getekend van de opening onder het blad. Tevens is hierin een optimale aansluiting van het afzuigkanaal en de spaangeleiding getekend.



Figuur 3.16: Voorbeeld van een extra luchtspleet bij een vlakbank, een gunstige spaangeleiding en een optimale aansluiting van het afzuigkanaal [7].

Ook bij de vandiktebank kan men door het aanbrengen van een extra opening in het afzuigkanaal de periodieke drukwisselingen in het afzuigkanaal voorkomen en een geluidreductie zoals bij de vlakbank bereiken.

3.3 Bijkomende geluidoorzaken tijdens het schaven of frezen

Bij het bewerken van hout neemt de geluidproductie ten opzichte van het onbelast draaien toe. Dit wordt veroorzaakt door het ingrijpen van de snijkanten in het hout.

3.3.1 Invloed freesrichting

De keuze tussen mee- of teruglooppfreen is van grote invloed op het geluidniveau. Bij tegenlooppfreen is de aanvoerrichting tegengesteld aan de snijrichting van het gereedschap. De spaandikte neemt van nul tot maximum toe, waardoor een gelijkmatige toename van de snijkracht plaatsvindt. Bij meelooppfreen begint het snijproces bij een maximum dikte van de spaan en eindigt met een spaandikte 0. De aangrijpsnijkracht is hier maximaal en neemt daarna af. Hierdoor ontstaat een hoger geluidniveau dan bij tegenlooppfreen.

Edmondson [5] vond bij tegenlooppfrezen op een vlakbank een 8 dB(A) lager geluidniveau dan bij meelooppfrezen. Bij de huidige vlak- en vandiktebanken is meelooppfrezen niet meer mogelijk.

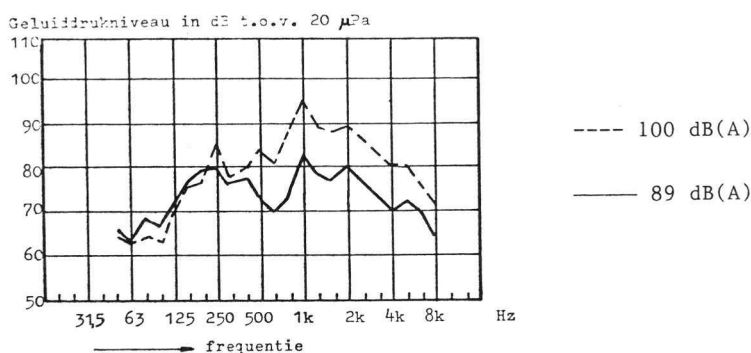
Bij proeven op een bovenfreesmachine is bij tegenlooppfrezen een ca. 5 dB(A) lager geluidniveau gemeten dan bij meelooppfrezen [9]. Bij spaanhoeken groter dan 20° zijn bij bovenfrezen geen verschillen tussen mee- en tegenlooppfrezen meer waargenomen.

3.3.2 Invloed snijkanten van de frees en het beitelblok

Beitelblokken met asparallelle snijkanten, zoals bij de vlakbank en de vandiktebank, veroorzaken een geluidsspectrum met tooncomponenten als gevolg van het in het hout slaan van de snijkanten. Deze zogenaamde ingrijpfrequentie is eveneens te berekenen met formule (5).

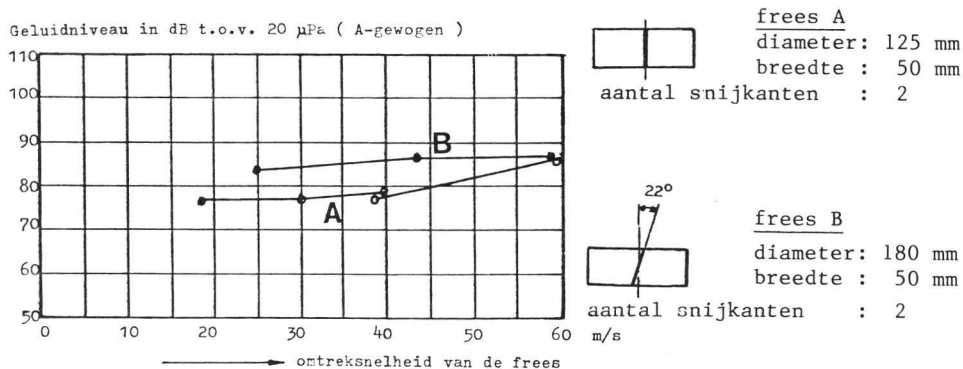
Bij schuine of spiraalvormige snijkanten vindt een gelijkmatig ingrijpen in het hout plaats. De krachtverdeling is gelijkmatiger over de omtrek verdeeld. Hierdoor ontstaat een ruisachtig geluidsspectrum met minder uitgesproken tooncomponenten. Bij de genoemde banken geeft dit een verlaging van ca. 10 dB(A) t.o.v. een beitelblok met asparallelle snijkant [3].

Ook beitelblokken met segmentsnijkanten hebben een betere krachtverdeling over de omtrek van het beitelblok. Bij een vlakbank is hiermee een ca. 10 dB(A) lager geluidniveau bereikt. In figuur 3.17 is hiervan het geluidsspectrum gegeven. Ter vergelijking is een geluidsspectrum van een beitelblok met asparallelle snijkanten gegeven.



Figuur 3.17: Geluidsspectrum van een vlakbank met beitelblok met segment-snijkanten tijdens de bewerking. Ter vergelijking is een geluidsspectrum van een vlakbank met beitelblok met asparallelle snijkanten gegeven (-----) [5].

Uit onderzoeken met strijkfrezen [3] blijkt dat bij een hoek van ca. 25° van de snijkanten t.o.v. de freesas het laagste geluidniveau wordt gemeten. Bij plaatmaterialen kunnen de frezen met schuine snijkanten soms echter een hogere geluidafstraling van de plaat veroorzaken, doordat door de schuine snijkanten ook aanstootkrachten loodrecht op de plaat ontstaan. Hierdoor ontstaan trillingen in de plaat die door de plaat weer als geluid worden afgestraald. In figuur 3.18 is hiervan een voorbeeld gegeven.



Figuur 3.18: Het geluidniveau van een freeskop met rechte (A) en met scherpende snijkant (B) als functie van de omtreksnelheid gemeten bij een spaanplaat met een dikte van 19 mm [3]. Het niet doorlopen van lijn A in de grafiek bij 40 m/s is het gevolg van het overschakelen van de machine naar een ander toerentalgebied.

Bij dikkere massieve werkstukken is de geluidafstraling bij frezen met scherpende snijkanten lager dan bij frezen met rechte snijkanten. Hierbij is een verlaging tot ca. 7 dB(A) mogelijk [3].

Bovenfrezen veroorzaken, als gevolg van het hoge toerental van de frezen (ca. 20 000 omw./min.), een hoog geluidniveau. Het geluidniveau tijdens de bewerking met een frees met scherpende snijkanten ligt lager dan met een frees met rechte snijkanten, afhankelijk van het toerental en de hoek van de scherpende snijkant. Boven een hoek van 30° t.o.v. de as van de frees zijn geen verbeteringen gemeten [9].

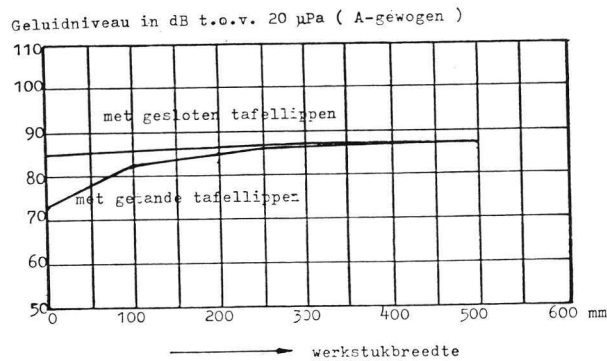
Bij afnemende scherpthe van de HSS snijkanten neemt het geluidniveau toe met 3 tot 5 dB(A). Zodra het gereedschap zo bot is dat geen goede oppervlaktekwaliteit bij de bewerking meer mogelijk is, neemt het geluidniveau aanzienlijk toe. Dit is echter geen reële situatie.

Bij afnemende scherpthe van hardmetalen snijkanten is geen noemenswaardige geluidniveautoename geconstateerd [3].

3.3.3 Invloed van de afmetingen van het werkstuk op het geluidniveau

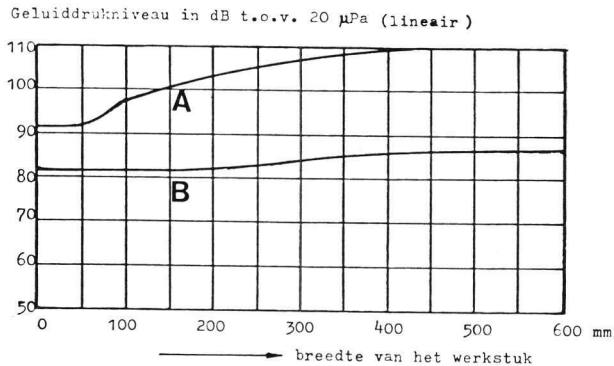
Het geluid dat bij het bewerken van het materiaal wordt geproduceerd, wordt onder meer beïnvloed door de afmetingen van het werkstuk. Enerzijds zal het werkstuk de geluidbron gaan afschermen, anderzijds zal het werkstuk zelf een geluidbron worden. Dit hangt af van de breedte en de dikte van het werkstuk. Bij een vlakbank neemt het geluidniveau toe bij toenemende breedte van het te bewerken materiaal. Heeft de vlakbank een getande tafellipconstructie dan is een sterkere geluidniveautoename te verwachten. Dit is het gevolg van het afsluiten van de vertanding door het werkstuk [3].

In figuur 3.19 is dit effect weergegeven.



Figuur 3.19: Invloed van de breedte van het werkstuk op het geluidniveau bij een vlakbank met en zonder getande tafellipconstructie [3].

Bij een vandiktebank met een beitelblok met asparallele snijkanten geeft iedere verdubbeling van de werkstukbreedte een niveauverhoging van ca. 6 dB, uitgaande van een minimum werkstukbreedte van 50 mm. Is de machine voorzien van een beitelblok met spiraalvormige snijkanten dan geeft iedere verdubbeling van de werkstukbreedte een niveauverhoging van ca. 3 dB, uitgaande van een minimum werkstukbreedte van 150 mm [10]. In figuur 3.20 is dit weergegeven.



Figuur 3.20: Geluidafstraling van het werkstuk als gevolg van de bewerking op een vandiktebank met een beitelblok met asparallele snijkanten (A) en met spiraalvormige snijkanten (B) [10].

De geluidafstraling door het werkstuk bij de vandiktebank wordt ongunstig beïnvloed door de geleiderollen die het werkstuk iets boven de tafel houden. Het werkstuk zal bij aanstoting door de snijkanten gaan trillen en geluid gaan afstralen. De mate van de geluidafstraling hangt af van de hoogte van de rollen boven de tafel en de onderlinge afstand tussen de rollen [10]. Door de onderste geleiderollen in de tafel te laten zakken, steunt het materiaal op de tafel. Hierdoor daalt het geluidniveau met ca. 4 dB(A). De doorvoer van het materiaal wordt echter bemoeilijkt.

Op de freesmachine is eveneens een toename van het geluidniveau geconstateerd bij het vergroten van de breedte van het werkstuk (verspaningsbreedte). Deze toename bedraagt ca. 1 dB per 10 mm breedtetoenamen [3,6].

3.3.4 Overige verspaningsinvloeden op het geluidniveau

Bij het vergroten van de spaanafname, zie hoofdstuk 2, is een geringe niveau-toename te verwachten. Bij de vlakbank is geen verhoging waargenomen. Bij de vandiktebank werd een verhoging waargenomen van ca. 2 dB(A) per 1 mm vergroting van de spaanafname [3]. Bij de meerzijdige freesmachine is bij de frees op de vlakas een toename van het geluidniveau van 1 dB(A) per 1 mm vergroting van de spaanafname geconstateerd. Bij de frees voor het op dikte maken van het werkstuk werd geen toename van het geluid geconstateerd, terwijl bij de sponningfrees een sterke toename van het geluid bij toenemende spaanafname werd waargenomen: 2 à 3 dB(A) per 1 mm vergroting van de spaanafname [6].

Vergroting van de aanvoersnelheid van het materiaal geeft eveneens een toename in het geluidniveau te zien [3,6];

- voor de freesmachine ca. 1 dB(A) bij een toename van de aanvoersnelheid met 2 m/min.
- voor de vandiktebank ca. 2 dB(A) bij een toename van de aanvoersnelheid van 7 m/min. naar 14 m/min.
- voor de meerzijdige freesmachine ca. 3 dB(A) bij een toename van 5 m/min. gemiddeld over alle bewerkingsassen.
- voor de bovenfreesmachine ca. 2 dB(A) bij een toename van de aanvoersnelheid van 2,5 naar 10 m/min.

Al deze afzonderlijke effecten geven aan dat bij vergroting van de hoeveelheid te verspanen materiaal per tijdseenheid het geluidniveau toeneemt. De toename is mede afhankelijk van het gereedschap, de houtsoort en de afmetingen van het werkstuk [3].

3.4 Geluidverminderende maatregelen

Er zijn diverse typen schaaf- en freesmachines. Een aantal maatregelen aan of bij het gereedschap is voor diverse machines toepasbaar. Deze maatregelen zullen daarom apart behandeld worden. Daarna zullen enige specifieke maatregelen bij enkele veel voorkomende machines worden behandeld.

De mogelijkheden tot verlaging van het geluidniveau door middel van omkastingen of afscherming worden hier niet nader uitgewerkt. Hierover wordt uitvoerig gerapporteerd in het basisrapport "Geluidarm installeren" [2].

3.4.1 Algemeen toepasbare maatregelen

Op grond van de invloed die de behandelde factoren hebben op de geluidproductie kan een aantal maatregelen aan of bij het gereedschap worden genomen:

- Kies bij het te gebruiken schaaft- en freesgereedschap het juiste toerental. Pas dit zoveel mogelijk aan bij de minimaal aanvaardbare snijsnelheid van het gereedschap.
- Het gereedschap moet zoveel mogelijk een gesloten cirkelvormige basisvorm hebben, waarbij tevens de uitsteek van de snijkanten tot een minimum beperkt wordt. Ten opzichte van meer open freeskoppen en vaste frezen met grote spaanruimten kan een geluidreductie van ca. 6 dB(A) worden bereikt [3].
- Frezen (beitelblokken) met rechte snijkanten vervangen door frezen (beitelblokken) met scherpende, spiraalvormige of segmentsnijkanten (zie figuur 3.6). Zowel in vrijloop als bij de bewerking is een geluidreductie van 7-10 dB(A) mogelijk. Dit geldt niet voor het bewerken van zijkanalen van plaatmateriaal.
- Gesloten vlakken dichtbij het gereedschap vervangen door vlakken met sleuven of gaten, zie figuur 3.13, of indien mogelijk de afstand van het vlak t.o.v. het gereedschap vergroten (let op de veiligheidsvoorschriften!).
- De omgeving van het draaiende gereedschap moet stromingstechnisch optimaal gevormd zijn, door het aanbrengen van afrondingen, goede spaangeleiding enz.. Voorkom scherpe kanten bij het gereedschap en voorkom obstakels en scherpe kanten bij en in de afzuigkanalen en vangkappen.

3.4.2 Specifieke maatregelen

3.4.2.1 Vlakbank

Naast de reeds genoemde maatregelen in hoofdstuk 3.4.1 is nog een extra toelichting nodig voor enkele maatregelen bij de vlakbank.

De gesloten tafellippen kunnen worden vervangen door getande tafellippen (zie figuur 3.13).

De spaangeleiding en de aansluiting van het afzuigkanaal moeten qua aansluiting en vorm stromingstechnisch worden geoptimaliseerd (zie figuur 3.16). Tevens moet worden nagegaan of het zinvol is in het afzuigkanaal een extra luchtspleet op te nemen ter voorkoming van sterke drukwisselingen in het afzuigstelsel. Met de genoemde maatregelen is een geluidreductie van ca. 8 dB(A) mogelijk [7].

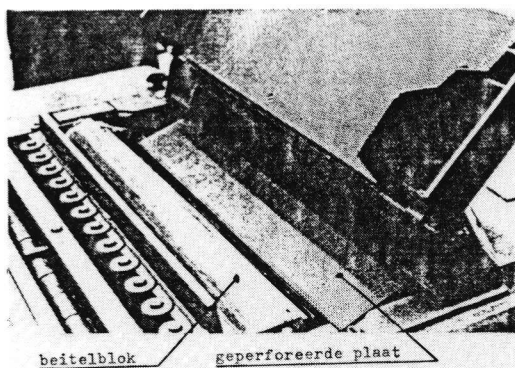
Verdere geluidniveauverlaging kan worden bereikt door het deel van het beitelblok dat niet bij de bewerking wordt gebruikt af te schermen door middel van een kap die aan de binnenzijde is bekleed met geluidabsorberend materiaal. Hiermee is een geluidreductie van ca. 5 dB(A) mogelijk. Indien de genoemde maatregelen bij de vlakbank worden toegepast zal het geluidniveau op de bedieningsplaats bij vrijloop tot ca. 80 dB(A) worden teruggebracht. Tijdens de bewerking ligt het geluidniveau iets hoger. Secundaire maatregelen bij de vlakbank, zoals omkassen of afschermen zijn in verband met de handaanvoer van het materiaal niet mogelijk.

3.4.2.2 Vandiktebank

Ook hier zijn de reeds genoemde maatregelen van hoofdstuk 3.4.1 toepasbaar. Daarnaast zijn er nog enkele extra mogelijkheden voor verlaging van het geluidniveau. De drukbalken kunnen worden voorzien van een vertanding, vergelijkbaar met de getande tafellippen bij de vlakbank.

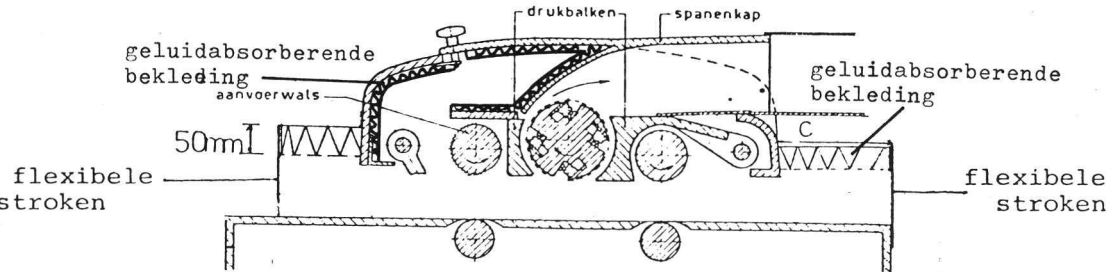
De drukbalken en de aansluiting van het afzuigkanaal moeten stromingstechnisch worden geoptimaliseerd. Ter plaatse van het beitelblok kan de spaanopvangkap worden voorzien van een geperforeerde staalplaat ter voorkoming van drukwisselingen in het afzuigstelsel.

Hiervan is in figuur 3.21 een voorbeeld gegeven.



Figuur 3.21: Aanzicht in de spaanopvangkap van de vandiktebank. Hierin is de geperforeerde staalplaat te zien [22].

Door de invoer- en uitvoeropening voor het hout wordt veel geluid uitgestraald. Deze openingen kunnen worden voorzien van een strook geluidabsorberend materiaal. De voorzijde van de geluidabsorberende opening kan verder worden gedicht door deze te voorzien van losse rubberen stroken [22]. In de beschermkap kan ter voorkoming van versterking van het geluid een inwendige geluidabsorberende bekleding worden aangebracht. Een voorbeeld van de hiervoor beschreven maatregelen is getekend in figuur 3.22.



Figuur 3.22: Voorbeeld van de geluidwerende voorzieningen aan een vandiktebank [22].

Door het aanbrengen van de voorgestelde maatregelen bij de vandiktebank zal het geluidniveau op de bedieningsplaats tot ca. 80 dB(A) tijdens vrijloop kunnen worden teruggebracht. Tijdens de bewerking zal het geluidniveau iets hoger liggen.

Secundaire voorzieningen bij de vandiktebank, zoals omkasten en afschermen, zijn niet zinvol. Met de genoemde maatregelen kan met uitzondering van enkele oudere machines het geluidniveau reeds voldoende worden verlaagd.

3.4.2.3 Tafelfreesmachine

De genoemde geluidverminderende maatregelen in hoofdstuk 3.4.1 zijn ook bij de tafelfreesmachine van toepassing.

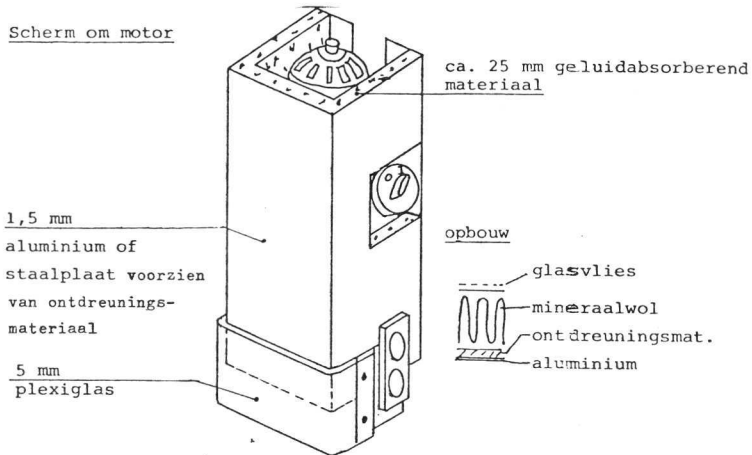
De geleidingslineaal kan worden voorzien van een vertanding, qua uitvoering vergelijkbaar met de tafellippen van de vlakbank. Men dient hierbij aandacht te besteden aan de constructieve aspecten en de veiligheid. Bij de bewerking zal het hout de aangebrachte vertanding gedeeltelijk weer afsluiten, zodat het geluidverminderende effect van de vertanding afhankelijk is van de mate van het afdekken van de vertanding.

Indien het machineframe niet geheel van gietijzer is vervaardigd is het zinvol na te gaan of bepaalde onderdelen van het frame sterk trillen, waardoor veel geluid wordt afgestraald. Dit kan bijv. het geval zijn bij onderdelen van staalplaat. Deze constructiedelen kunnen dan worden ontbrekend of worden vervangen door een "sandwich" constructie. Dergelijke oplossingen zijn uitgewerkt in het basisrapport "Geluidarm construeren" [1].

Secundaire maatregelen in de vorm van omkastingen en afschermingen zullen in de praktijk, in verband met de bediening van de machine, meestal op bezwaren stuiten. Alleen wanneer een aanvoerapparaat kan worden toegepast kan met een afscherming of een gedeeltelijke omkasting van de machine een extra geluidreductie van ca. 5 dB(A) worden bereikt. Zie voor verdere uitwerking hiervan "Geluidarm installeren" [2].

3.4.2.4 Bovenfreesmachines

Ook hier gelden de reeds genoemde aanbevelingen van hoofdstuk 3.4.1. Het geluid van bovenfreesen is overwegend hoogfrequent, als gevolg van de hoge toerentallen van het gereedschap. Hierdoor is het mogelijk een geluidreductie van ca. 5 dB(A) te bereiken door het aanbrengen van een geluidisolierende kap om de bewerkingseenheid. Een voorbeeld is getekend in figuur 3.23 [22].



Figuur 3.23: Voorbeeld van een geluidisolerende kap voor de bewerkingseenheid van een bovenfreesmachine [22].

Daarnaast is het evenals bij de tafelfreesmachine zinvol om na te gaan in hoeverre de machineafstraling bijdraagt aan de totale geluidproductie. Het voorkómen van de geluidafstraling door het machineframe is omschreven bij de tafelfreesmachine.

3.4.2.5 Vierzijdige schaaaf- en freesmachine

De primaire maatregelen zoals beschreven in hoofdstuk 3.4.1 zijn ook hier van toepassing.

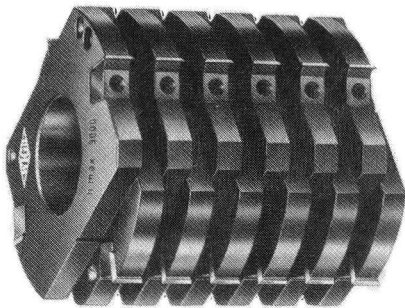
Bij bepaalde typen vierzijdige schaafmachines komen aparte bewerkingseenheden voor, die een extra hoog geluidniveau veroorzaken. Voorbeelden hiervan zijn de Rotaplan en de krullenbreker voor het verspanen van de stroopkrul. De Rotaplan is een beetelblok met een grote diameter (200-300 mm) met veel snijkanten en wordt toegepast om bij de hoge aanvoersnelheden toch een zeer goede oppervlaktekwaliteit te verkrijgen. Als gevolg van het grote aantal snijkanten komt de snijkantfrequentie juist in het middenfrequentie gebied te liggen (ca. 800 Hz), waardoor een extra (herkenbaar) geluid ontstaat. Het gebruik van getande tafellippen is zeker zinvol.

De krullenbreker wordt toegepast bij oudere typen vierzijdige freesmachines met strooplade. De strooplade is een schuin geplaatst, stilstaand mes dat aan de onderzijde van het materiaal een spaan afneemt. Onder de strooplade draait een krullenbreker die de spaan verkleint, zodat die via een afzuigstelsysteem kan worden afgevoerd.

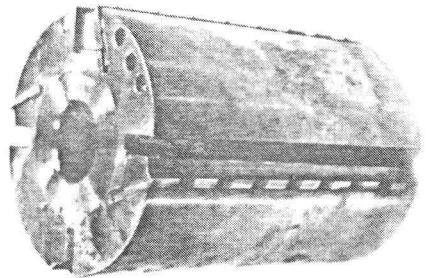
De krullenbeker bestaat uit een vierkant beitelblok en veroorzaakt een hoog geluidniveau. Toepassing van een ander type verspaner, bijv. met een meer gesloten basisvorm en minder ver uitstekende snijkanten, kan het geluidniveau verlagen.

De tafellippen bij de vlakas en de lippen aan de geleidingen bij de verticale assen kunnen van vertandingen worden voorzien.

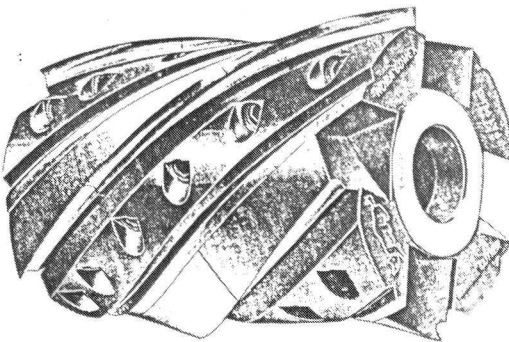
In figuur 3.24 worden enkele voorbeelden gegeven van geluidarme beitelblokken. Met deze beitelblokken kan tijdens de bewerking een geluidniveaureverlaging van 7 tot 10 dB(A) worden bereikt.



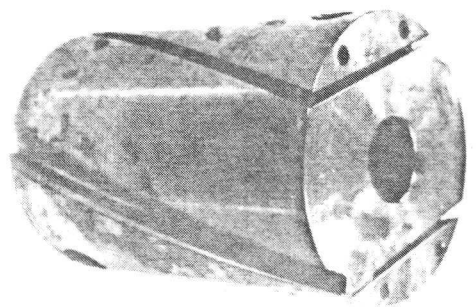
geluidreductie ca. 7 dB(A)



geluidreductie ca. 8 dB(A)



geluidreductie ca. 10 dB(A)



Figuur 3.24: Voorbeelden van geluidarme freesblokken met de te verwachten geluidreductie t.o.v. een freesblok met rechte snijkanten bij het verspanen [6].

Ondanks het treffen van de voorgestelde maatregelen zal het geluidniveau op de bedieningsplaats in veel gevallen niet voldoende omlaag gebracht kunnen worden.

Een verdere verlaging van het geluidniveau kan alleen worden bereikt met secundaire voorzieningen.

Omdat een vierzijdige freesmachine is voorzien van een automatische aanvoer van het hout, is het mogelijk de machine gedeeltelijk of geheel in een omkasting te plaatsen. De uitvoering van een dergelijke omkasting wordt uitgebreid behandeld in [6]. Ook kan aan de hand van het rapport "Geluidarm installeren" [2], een goede omkasting worden ontworpen.

Ook dient extra aandacht te worden gegeven aan de materiaaldoorvoeropening, omdat daar juist de bedieningsplaats van de machine is. Om deze reden is het toch zinvol om de tafellippen bij de eerste bewerkingsas achter de invoeropening te voorzien van een getande tafellipconstructie.

Door het aanbrengen van de voorgestelde maatregelen en de omkasting is het mogelijk het geluidniveau bij het verspanen tot ca. 80 dB(A) te verlagen.

3.4.2.6 Een- en tweezijdige copieer- en rondom profielfreesmachine

In de literatuur wordt geen aandacht besteed aan de geluidproblematiek bij deze typen freesmachines. In principe gelden de voorgestelde maatregelen in hoofdstuk 3.4.1 ook voor deze machines.

Een extra verlaging van het geluidniveau kan hier nog worden bereikt met secundaire maatregelen, zoals schermen of gedeeltelijke omkastingen, omdat deze machines in de meeste gevallen met een automatische aanvoer van het hout werken. Dit moet echter voor elke machine apart worden bekeken.

4. BANDZAAGMACHINES =====

4.1 Uitvoeringsvormen

Bij bandzaagmachines bestaat het gereedschap uit een stalen band, waarvan de einden door middel van een las aan elkaar verbonden zijn. In vrijwel alle gevallen is slechts één zijde van de band voorzien van een vertanding.

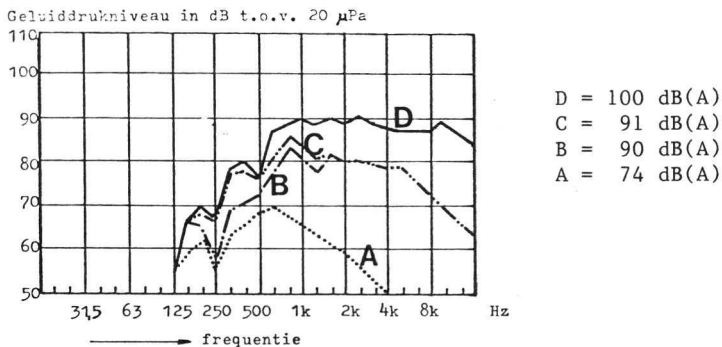
Smalle banden tot ca. 40 mm, ook wel linten genoemd, worden toegepast op lintzaagmachines. Bij de lintzagen zijn de tanden om en om gezet t.b.v. het vrijlopen van de band in de zaagsnede.

Brede banden, oplopend tot 200 mm en meer, worden toegepast op herzaagmachines en bomenzaagmachines. Deze banden hebben gezette tanden of tanden die gestuikt of gestelliteerd zijn. Gestuikte en gestelliteerde tanden (tanden die in een apart opgebracht materiaal zijn geslepen) zijn dikker dan de band t.b.v. het vrijlopen.

Omdat bandzaagmachines (met brede banden) een hoog geluidniveau produceren, dit in tegenstelling tot de lintzaagmachines, zal bij de verdere bespreking alleen de problematiek van de bandzaagmachines worden behandeld.

4.2 De geluidproductie in onbelaste toestand

Het aandrijfmechanisme van de bandzaag (motor + aandrijf wiel) veroorzaakt reeds een vrij hoog geluidniveau. Nadat de bandzaag is aangebracht neemt het geluidniveau aanzienlijk toe (zie figuur 4.1.).



Figuur 4.1 : Geluidsspectra van een bandzaagmachine, na het inschakelen van verschillende delen van de machine en tijdens het zagen [11].

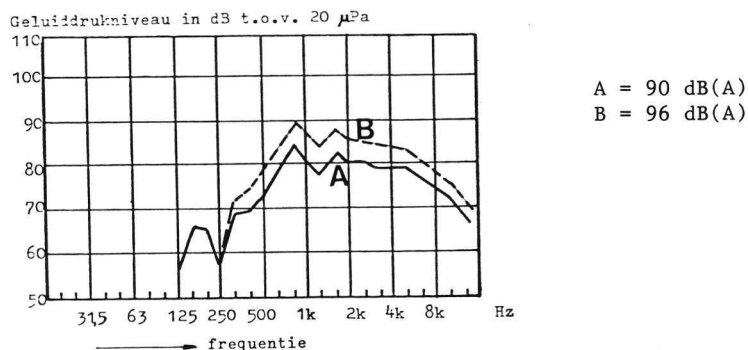
A: motor met aandrijf wiel

B: motor met aandrijf wiel en bandzaag $v_b = 28$ m/s

C: idem B, met aanvoermechanisme, zonder zagen

D: idem B, met aanvoermechanisme 10 m/min. en zagen.

Het geluidniveau wordt niet beïnvloed door het al dan niet aanwezig zijn van een vertanding. Dat wil zeggen dat het aerodynamische geluid, veroorzaakt door de vertanding, niet bepalend is voor het geluidniveau. Het geluid wordt veroorzaakt door de ronddraaiende band. In [11] is melding gemaakt van een niveaudaling van 3 dB(A) door een verlaging van de bandsnelheid van 28 naar 22 m/s. Verhoging van de bandsnelheid veroorzaakt een sterker trillen van de bandzaag, hetgeen gepaard gaat met een verhoogde geluidafstraling. Het trillen van de bandzaag wordt veroorzaakt door oneffenheden in de band, bijv. de las waarmee de beide einden aan elkaar gekoppeld zijn, en wordt niet beïnvloed door de spankracht in de band. Dit is onderzocht door Pahlitzsch die aan de binnenzijde van de band een oneffenheid van 0,25 mm dikte aanbracht. De lengte hiervan was 88 mm, de breedte 13 mm [11]. Bij elke passage van de oneffenheid bij het aandrijfwiel of geleidingswiel kreeg de band een sterke trillingspuls, hetgeen een verhoging van het geluidniveau van 6 dB(A) veroorzaakte (zie figuur 4.2).



Figuur 4.2 : Geluidsspectra tijdens onbelast draaien van een bandzaagmachine waarbij al dan niet een oneffenheid op de binnenzijde van de bandzaag is aangebracht [11].

$v_b = 28 \text{ m/s}$

A : zonder oneffenheid

B : met oneffenheid $88 \times 13 \times 0,25 \text{ mm}^3$.

De bandtrillingen kunnen worden onderdrukt door de vrije zaaglenkte sterk te verminderen. Dit is mogelijk door zowel boven het werkstuk als onder het blad drukrollen aan te brengen. Een nadeel van metalen drukrollen is dat deze zelf weer geluid veroorzaken. Door hen te voorzien van een slijtvaste kunststof toplaag kan dit geluid worden onderdrukt. Massieve kunststof rollen zijn sterk aan slijtage onderhevig als gevolg van de aandrukkracht en de optredende vervorming van de aandrukrollen.

Een andere oplossing is de band te geleiden tussen twee stilstaande platen met een minimale onderlinge afstand. Door de dempende werking van de tussen de platen en de band opgesloten lucht zal de band minder in trilling raken. De geluidafstraling van de bandzaag wordt hierdoor verminderd.

4.3 Bijkomende geluidoorzaken tijdens het zagen

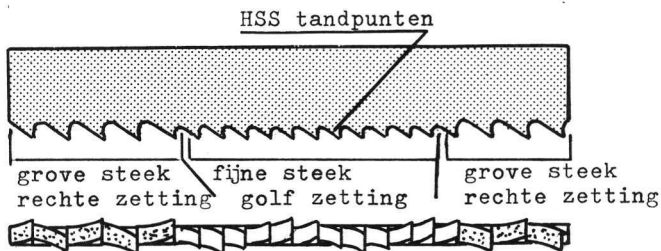
Ten opzichte van het vrijlopen neemt het geluidniveau tijdens de bewerking toe. Bij de omstandigheden waarbij Pahlitzsch zijn proeven verrichtte, bedroeg de toename van het geluidniveau ca. 9 dB(A), zie figuur 4.1.

De toename van het geluidniveau is een gevolg van het ingrijpen van de tanden in het materiaal en het contact dat plaatsvindt in de zaagsnede tussen de bandzaag en het materiaal.

De tandfrequentie is te berekenen uit de bandsnelheid en het aantal tanden per meter. De geluidsterkte bij de tandfrequentie kan worden verminderd door een wisselende vertanding toe te passen (onregelmatige steekverdeling en zetting). Dit principe is ontwikkeld voor het zagen van metaal en is in de houtindustrie nog niet toegepast.

Een voorbeeld van deze metaalzaag is gegeven in figuur 4.3.

Welke geluidreductie hiermee kan worden bereikt is niet bekend. Het zal hoofdzakelijk een geluidreductie bij de tandfrequentie geven.



Figuur 4.3: Voorbeeld van een metaalzaag met een variërende tandzetting en tandsteek: 50 mm met grove tanden en een rechte zetting en 50 mm met kleinere tanden met een golfde zetting.

De metaalzaag wordt in de handel gebracht als wegwerpzaag. Indien houtzagen met variërende tandsteek en tandzetting worden uitgevoerd, zullen de slijp- en zetmachines moeten worden aangepast. Op de huidige machines geeft dit grote problemen.

Het voorkomen van het contactgeluid in de zaagsnede bij de bandzaag-machine wordt in de bekende literatuur niet besproken. Het trillen van de bandzaag kan worden verminderd door een goede geleiding en het voorkomen van oneffenheden in de band.

4.4 Geluidverminderende maatregelen

- De las van de bandzaag dient zo glad mogelijk te worden afgewerkt; dit kan een geluidreductie van ca. 5 dB(A) geven.
- De bandsnelheid (snijsnelheid) moet niet onnodig hoog gekozen worden.
- Boven het werkstuk en direct onder het werkblad kunnen drukrollen met slijtvaste toplagen of geleidingsplaten worden aangebracht. Dit vermindert de trillingen in de bandzaag waardoor de geluidafstraling door de bandzaag wordt verlaagd.
- Toepassing van een bandzaag met een variërende tandsteek en tandzetting.
- Staalplaat onderdelen van het machineframe kunnen, indien deze sterk trillen, worden voorzien van een ontdreuningspasta of vervangen worden door een "sandwich" constructie, zie [1].

5. CIRKELZAAGMACHINES

=====

5.1 Uitvoeringsvormen

De snijkanten van cirkelzagen kunnen uit hetzelfde materiaal bestaan als het stamblad, zoals bij Chroom-Vanadium zaagbladen (CV-zaagbladen) of uit een ander opgesoldeerd materiaal, bijv. hardmetaal (HM-zaagbladen).

In verband met het vrijlopen van het zaagblad in de zaagsnede zijn de tanden van CV-zaagbladen om en om gezet. Bij HM-zaagbladen zijn de hardmetalen tanden breder dan het stamblad.

Cirkelzaagbladen worden op vele typen machines toegepast. De diameter van de zaagbladen kan hierbij variëren van ca. 150 mm tot meer dan 1000 mm. Meestal is de diameter echter niet groter dan 500 mm.

De snijsnelheid, het aantal tanden, de tandhoeken en de afmeting van het zaagblad zijn afhankelijk van de eisen die aan het werkstuk worden gesteld, zoals de aanvoersnelheid, de houtsoort, massief hout of plaatmateriaal en de richting waarin het materiaal moet worden bewerkt (afkorten of schulpen).

Een volledig vrije keuze in de verspaningsomstandigheden is dus niet aanwezig.

5.2 De geluidproductie in onbelaste toestand

5.2.1 Het aandrijfmechanisme

Een roterende zaagas zonder zaag produceert reeds een bepaald geluidniveau. Dit wordt veroorzaakt door het aandrijfmechanisme, bestaande uit de motor, de overbrenging, de lagering van de zaagas en de constructie van de machine. Indien een zaagblad is opgespannen kunnen als gevolg van de mechanische koppeling axiale trillingen van het aandrijfmechanisme in het zaagblad komen. Komt de frequentie van deze trillingen overeen met een eigenfrequentie van het zaagblad dan zal het zaagblad sterk in trilling kunnen raken en veel geluid gaan afstralen. In het algemeen is deze aanstoting van het zaagblad echter van ondergeschikt belang t.o.v. andere aanstootmechanismen van het zaagblad. Bij goed geconstrueerde machines is het geluidniveau van de machine zelf vrijwel altijd ondergeschikt aan het aerodynamische geluid, veroorzaakt door de cirkelzaag.

5.2.2 Het aerodynamische geluid van een cirkelzaag

Vrijdraaiende zaagbladen veroorzaken reeds een hoog geluidniveau, als gevolg van het aerodynamische geluid. Dit ontstaat door luchtwervels om het draaiende zaagblad.

Uit stromingsonderzoeken is gebleken dat de luchtstroom die direct naast het zaagblad aanwezig is met ca. 3/4 van de omtreksnelheid van het zaagblad meedraait [12]. Het snelheidsverschil tussen het zaagblad en de luchtlaag veroorzaakt turbulenties in de lucht. De turbulentiegraad wordt uitgedrukt in het Reynoldsgetal en is te berekenen met formule (6):

$$Re = \frac{0,25 V_s \times b}{\nu} \quad (6)$$

V_s = omtreksnelheid van het zaagblad (m/s)

b = tandbreedte (m)

ν = kinematische viscositeit van de lucht (m²/s)

Verdere informatie over het Reynoldsgetal wordt gegeven in het rapport "Geluidarm construeren" [1].

Uit de formule blijkt dat door vergroting van de zaagdiameter, het verhogen van het toerental en het verbreden van de zaagtanden het Reynoldsgetal groter wordt, hetgeen betekent dat de turbulentiegraad toeneemt. De turbulentie in de lucht veroorzaakt het geluid; hoe sterker de turbulentie des te hoger het geluidniveau.

Door het snelheidsverschil tussen het draaiende zaagblad en de lucht komen regelmatig luchtwervels van het zaagblad los. Hierbij wordt steeds een reactiekracht op het zaagblad uitgeoefend. De frequentie waarmee het loslaten van de wervels plaatsvindt is te berekenen met formule (7) en wordt de wervelloslaatfrequentie genoemd.

$$f_w = \frac{0,25 V_s \times Sr}{b} \text{ (Hz)} \quad (7)$$

f_w = wervelloslaatfrequentie in (Hz)

V_s = omtreksnelheid van het zaagblad in (m/s)

Sr = Strouhalgetal

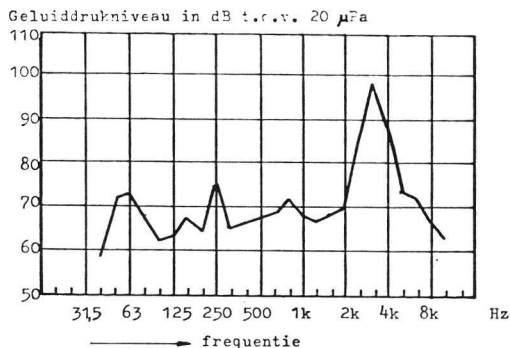
b = tandbreedte (m)

De factor 0,25 is door Friebe ingevoerd op grond van de grenslaagtheorie. Deze factor is echter niet door anderen overgenomen [13].

Uit de formule blijkt dat de frequentie van het loslaten van de wervels onafhankelijk is van het aantal tanden van het zaagblad, maar afhankelijk van de tandbreedte en de omtreksnelheid van het blad.

Friebe heeft stromingsonderzoeken verricht bij vrijdraaiende CV-zaagbladen met driehoekige vertanding [13]. Hieruit bleek dat bij deze zaagbladen en bij Reynoldsgetallen tussen 800 en 3500 een Strouhalgetal wordt gevonden tussen 0,37 en 0,38. Hierbij werd aangenomen dat CV-zaagbladen gaan "fluiten" wanneer een eigenfrequentie van het zaagblad overeenkomt met de frequentie van het loslaten van de wervels rondom het draaiende zaagblad. Dit bleek voor een groot aantal zaagbladen te kloppen. Reiter en Keltie [28] geven voor het Strouhalgetal waarden op tussen 0,12 en 0,2. Zij berekenen de frequentie waarbij de wervels loslaten met een formule die op de factor 0,25 na overeenkomt met formule (7). Voor elke zaagopstelling kan echter steeds een ander Strouhalgetal worden gevonden.

In figuur 5.1 is een geluidsspectrum gegeven van een CV-zaagblad dat gaat "fluiten" bij een toerental van 3680 omw./min..



Figuur 5.1: Geluidsspectrum van een CV-zaagblad met een fluittoon tijdens onbelast draaien [3].

afmetingen zaagblad: diameter 350 mm
 bladdikte 1,9 mm
 aantal tanden 72
 zaagblad toerental : 3680 omw./min.

In figuur 5.1 is duidelijk te zien dat in de onderhavige tertsbands (3150 Hz) het geluidsniveau aanzienlijk hoger ligt dan in de overige tertsbands. Zoals reeds eerder is vermeld, is de wervelloslaatfrequentie pas goed hoorbaar indien deze overeenkomt met een eigenfrequentie, waardoor het blad als gevolg van de aanstoting van de luchtwervels sterker zal gaan trillen en meer geluid gaat afstralen.

Cirkelzaagbladen hebben veel eigenfrequenties die behoren bij de trilvormen die in een cirkelvormige schijf kunnen voorkomen. Over deze trilvormen en eigenfrequenties is veel literatuur beschikbaar.

Enkele belangrijke onderzoeken op dit gebied zijn [12,13,14,15,28].

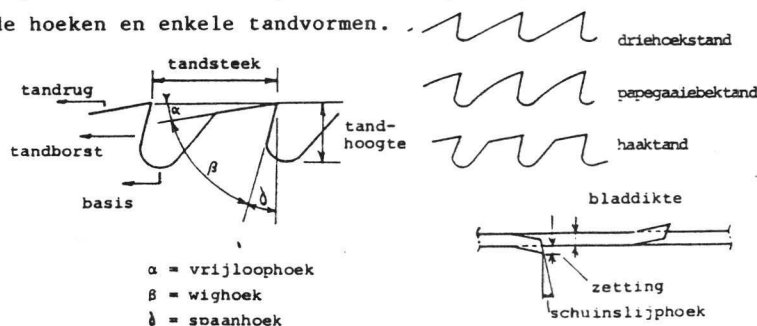
Tenslotte kan een zaagblad worden aangestoten door drukpulsen bij de tanden aan de omtrek van het blad. De grondfrequentie of tandfrequentie hangt af van het toerental van het zaagblad en het aantal tanden, of bij gezette tanden het aantal tandparen (1 x links en 1 x rechts gezet). De tandfrequentie is te berekenen met formule (5), zie pag. 8. De z in de formule is in dit geval het aantal tanden; bij een zaagblad met gezette tanden is z het aantal tandparen.

De tandfrequentie speelt bij vrijdraaiende zaagbladen een ondergeschikte rol. Alleen bij bladen met weinig tanden in de omtrek (< 30) kan deze worden waargenomen [3]. Zaagbladen kunnen worden aangestoten door de aandrijving, luchtwerfels rond het blad of door drukpulsen bij de tanden, in het algemeen overheerst echter de aanstoting door de luchtwerfels. Vooral CV-zaagbladen hebben de eigenschap om te gaan "fluiten".

HM-zaagbladen kunnen ook gaan "fluiten", maar hebben door hun opbouw, stamblad met aangesoldeerde tanden of geklonken segmenten met meerdere tanden, een grotere inwendige demping, waardoor deze bladen door aanstoting van de luchtwerfels minder sterk in trilling raken.

5.2.3 Invloed uitvoering en afmetingen van het zaagblad op het geluid.

De vertanding aan de omtrek van een zaagblad is de belangrijkste oorzaak van het geluid dat door zaagbladen wordt afgestraald. Zaagbladen zonder vertanding (weggeslepen) veroorzaken dan ook een aanzienlijk lager geluidniveau. Hutser heeft een onderzoek aan CV-cirkelzagen verricht, waarbij vooral de invloed van de tandvorm en het aantal tanden is onderzocht [16]. Hierbij is hoofdzakelijk bij één toerental (2800 omw./min.) van het zaagblad gemeten. Ter informatie is in figuur 5.2 een tekening van een zaagtand gegeven met daarin de verschillende hoeken en enkele tandvormen.



Figuur 5.2: Schets van een zaagtand met daarin aangegeven de verschillende hoeken en enkele voorbeelden van tandvormen.

De belangrijkste conclusies uit dit onderzoek waren:

- bij vergroting van de tandhoogte neemt het geluidniveau toe,
- de vrijloop- en de spaanhoek van de zaagtand kunnen het geluidniveau beïnvloeden; vergroting van de spaanhoek van 18° naar 31° gaf een niveauverlaging, verkleining van de vrijloophoek van 28° naar 14° gaf eveneens een niveauverlaging,
- de haaktandvorm is stiller dan de driehoektandvorm.

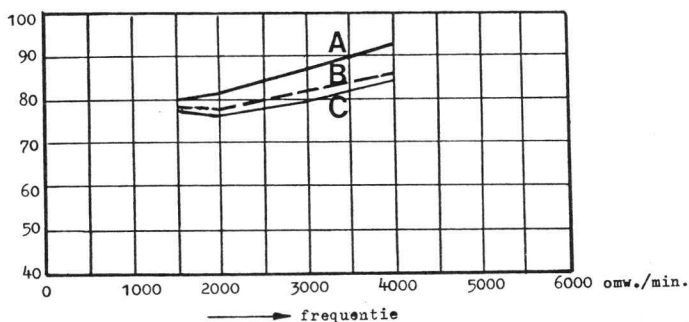
Bij HM-zaagbladen blijkt de invloed van de vorm van tand en de tandhoeken van geringe betekenis. De opgesoldeerde hardmetalen tand is hier de belangrijkste oorzaak van het geluid.

Het aantal tanden op een cirkelzaag heeft eveneens invloed op het geluidniveau. Bij vergroting van het aantal zaagtanden wordt de tandhoogte kleiner. Hierdoor ontstaan kleinere luchtwervels met een hogere frequentie, hetgeen een geringere aanstoting van het zaagblad geeft. Bij CV-zaagbladen is echter weer de kans aanwezig dat de hogere wervelloslaafrequentie overeenkomt met een zaagbladfrequentie, waardoor een sterke toename van het geluidniveau ontstaat en het blad kan gaan "fluiten".

Bij HM-zaagbladen neemt het geluidniveau af met een toename van het aantal tanden: een zaagblad met 108 tanden maakt ca. 10 dB(A) minder geluid dan een zaagblad met 20 tanden [3].

Bij gelijkblijvend toerental en vergroting van de diameter van het zaagblad neemt de omtreksnelheid toe. Elke 100 mm diametervergroting bij CV-zaagbladen veroorzaakt een geluidniveauverhoging van ca. 5 dB(A). Bij HM-zaagbladen neemt het geluidniveau ca. 4 dB(A) toe per 50 mm diametervergroting [3]. Bij gelijkblijvende diameter neemt het geluidniveau van de zaag toe met het toerental. In figuur 5.3 is dit gegeven voor een CV- en een HM-zaagblad.

Geluidniveau in dB t.o.v. 20 μ Pa (A-gewogen)



Figuur 5.3: Invloed van het toerental van het zaagblad op het geluidniveau bij een cirkelzaagmachine met een CV-zaagblad en een HM-zaagblad [3].

A : zaagmachine met CV-zaagblad, diameter 350 mm, $z = 72$

B : zaagmachine met HM-zaagblad, diameter 350 mm, $z = 54$

C : zaagmachine zonder zaagblad

Uit figuur 5.2.3 blijkt het geluidniveau van het HM-zaagblad slechts 2 dB(A) boven het geluidniveau van de machine te liggen. Bij het CV-zaagblad is dat ca. 7 dB(A). Tevens is in de grafiek te zien dat bij beide typen zaagbladen het geluidniveau ca. 5 dB(A) toeneemt bij een verhoging van het toerental met 1000 omw./min..

Indien bij het verhogen van het toerental een eigenfrequentie van het zaagblad overeenkomt met een wervelloslaatfrequentie dan kan het geluidniveau sterk toenemen (fluiten), tot ca. 10 dB(A) boven de verwachte toename van het geluidniveau zonder "fluiten" [17].

5.2.4 Beïnvloeding van het trillingspatroon van zaagbladen

Zaagbladen kunnen door middel van walsen of door het uitrichten met een hamer een voorspanning krijgen. Hierdoor is het mogelijk het trillingspatroon van het zaagblad te beïnvloeden, waardoor de hogere eigenfrequenties van het zaagblad geheel kunnen worden onderdrukt en de lagere eigenfrequenties iets verschuiven naar de hogere frequenties [13].

Het "fluiten" van het zaagblad kan hierdoor in veel gevallen worden onderdrukt.

Uit een onderzoek met 3 identieke zagen met verschillende voorspanningen en verder gelijke condities bleek dat als gevolg van de voorspanning een niveauverschil tot 12 dB(A) mogelijk is [14].

Ook een andere opspanning (inklemming) heeft invloed op de eigenfrequenties van het zaagblad. Bij grotere opspanningen neemt de stijfheid van het zaagblad toe. Hierdoor verschuiven de eigenfrequenties naar de hogere frequenties en kan het "fluiten" van het zaagblad worden voorkomen. Dit effect kan ook worden bereikt met de normale opspanningen, waarbij een extra dempschijf wordt ingeklemd met een diameter van ca. 2/3 van de zaagdiameter. De schijf kan van een hard materiaal of een veerkrachtig materiaal worden vervaardigd [17].

Tenslotte kunnen de eigenfrequenties in het zaagblad worden beïnvloed door in het stamblad gaten of sleuven aan te brengen [20].

De hier besproken maatregelen hebben alleen invloed op zaagbladen die gevoelig zijn voor axiale trillingen, zoals CV-zaagbladen. Bij "fluitende" zaagbladen is een geluidniveaupercentage tot ca. 10 dB(A) mogelijk. Bij niet "fluitende" bladen is het effect van de besproken maatregelen gering.

Om axiale trillingen in HM-zaagbladen te onderdrukken kan de zogenaamde "sandwich" constructie worden toegepast. Het "sandwich" zaagblad bestaat uit twee dunne bladen waartussen een ander materiaal is aangebracht. De tussenlaag kan bestaan uit een kunststof met een hoge inwendige demping [18] of een metaallaag, bijv. koper, die de trillingen omzet in wrijvingsverliezen tussen de bladen en de tussenlaag [19]. Bij deze constructies worden de eigenfrequenties sterk gedempt, waardoor in onbelaste toestand in bepaalde gevallen een niveaureductie van ca. 8 dB(A) wordt bereikt t.o.v. de normale HM-zaagbladen.

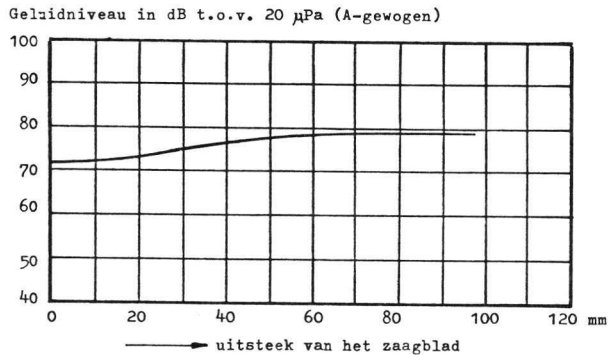
Indien aan de zaagbladen zelf geen maatregelen getroffen kunnen worden is het mogelijk door speciale constructies in de directe nabijheid van het zaagblad invloed uit te oefenen op het trillingsgedrag van het zaagblad.

Een mogelijkheid is de dempplaat. Dit is een vaste plaat, bijv. van multiplex, die op korte afstand van de zaag wordt geplaatst. De afstand tussen de zaag en de plaat dient zo klein mogelijk te zijn, ca. 2 mm. De stijfheid van de luchtlaag tussen de zaag en de dempplaat voorkomt dat de zaag in zijn eigenfrequenties gaat trillen.

Een andere mogelijkheid is het aanbrengen van een dempstift aan de onderzijde van het tafelblad. De stift wordt via een constante veerdruk tegen het zaagblad aangedrukt. De stift bestaat uit grafiet of uit een met olie gevulde viltstift. Als deze stift op de juiste plaats tegen het zaagblad drukt kunnen bepaalde eigenfrequenties worden onderdrukt. Het effect kan echter per zaagblad en toerental sterk variëren. De praktische toepassing van een dempstift stuit op problemen, zoals slijtage, vervuiling etc. en een niet te voorspellen effect op het trillingsgedrag van de zaag.

5.2.5 Invloed van de uitsteek van het zaagblad uit het werkblad op het geluid

De mate waarin het zaagblad uit de tafel steekt heeft invloed op het geluidniveau. Hoe hoger het blad boven de tafel uitsteekt des te meer geluid zal er worden waargenomen. In figuur 5.4 is het geluidniveau van een zaagmachine uitgezet als functie van de uitsteek van het zaagblad uit de zaagtafel.



Figuur 5.4: Invloed op het geluidniveau van de tafelzaagmachine als functie van de uitsteek van het zaagblad uit het werkblad [3].

In figuur 5.4 is te zien dat het geluidniveau ca. 6 dB(A) stijgt als de uitsteek van de zaag wordt vergroot van 8 mm tot 100 mm.

5.2.6 Overige invloeden

De parallelgeleiding op de werktafel, die instelbaar is van zeer kort op de zaag tot ver van de zaag, heeft geen invloed op het geluidniveau.

De afzuiglucht bij de zaagmachine produceert geluid, als gevolg van de hoge luchtsnelheden in het afzuigkanaal en de obstakels in de luchtstroom. In de meeste gevallen is het geluid van de afzuiging ondergeschikt aan het geluid van het draaiende zaagblad.

5.3 Bijkomende geluidoorzaken tijdens het zagen

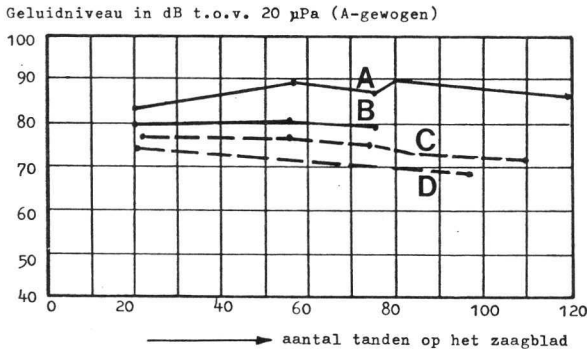
Bij het zagen neemt het geluidniveau toe ten opzichte van het onbelast draaien. Dit wordt veroorzaakt door het ingrijpen van de snijkanten in het hout en de geluidafstraling van het werkstuk. Bij "fluitende" zaagbladen verdwijnt de fluittoon tijdens de bewerking, als gevolg van de demping door het werkstuk op het zaagblad. Hierdoor kan het geluidniveau iets lager liggen dan tijdens het onbelast draaien.

Het ingrijpen van de snijkanten in het hout veroorzaakt de zogenaamde tand-ingrijpfrequentie. Deze is herkenbaar als een piek in het geluidspectrum. Bij CV-zaagbladen is de halve tandingrijpfrequentie, als gevolg van het ingrijpen per gezet tandenpaar, goed herkenbaar in het geluidspectrum [12].

Door de verspanende bewerking zijn de snijkanten onderhevig aan slijtage. Bij het botter worden van de snijkanten neemt het geluidniveau toe.

Het verspaand volume hout per tand heeft invloed op het geluidniveau. Bij verkleining van dit volume neemt de geluidproductie af.

Dit kan o.a. worden bereikt door vergroting van het aantal tanden op het zaagblad. In figuur 5.5 is een grafiek gegeven waarbij het geluidniveau van een zaagmachine is gegeven afhankelijk van het aantal tanden op de zaagbladen, zowel voor CV-zaagbladen als voor HM-zaagbladen.



Figuur 5.5: Invloed van het aantal tanden aan een zaagblad op het geluidniveau van een zaagmachine tijdens de bewerking $n = 3680$ omw./min.[3].

A: CV-zaagblad $D = 400$ mm, met fluittoon

B: CV-zaagblad $D = 400$ mm, zonder fluittoon

C: HM-zaagblad $D = 350$ mm

D: HM-zaagblad $D = 300$ mm

Door vermeerdering van het aantal tanden wordt de aanstoting per tand verkleind. Hierdoor zal de zaag in axiale richting minder trillen, waardoor een lager geluidniveau wordt afgestraald. Bij HM-zaagbladen uit figuur 5.5 daalt het geluidniveau ca. 5 dB(A) als het aantal tanden wordt vergroot van 23 tot 108 tanden. Bij de CV-zaagbladen is bij een toenemend aantal tanden ook een geringe afname van het geluidniveau te zien. Dit kan echter weer worden teniet gedaan door opslingerende eigentrillingen van het zaagblad als de tandfrequentie samenvalt met een eigenfrequentie van het zaagblad.

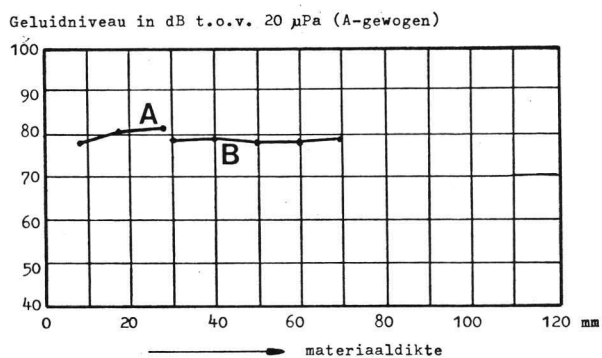
Het spaanvolume is ook afhankelijk van de breedte van de tand, de tandzetting en de axiale trillingen in het zaagblad. Dikkere CV-zaagbladen hebben een geringere tandzetting t.o.v. de bladdikte dan dunne zaagbladen. Hierdoor is de axiale aanstoting bij dickere zaagbladen kleiner dan bij dunne bladen, waardoor de geluidafstraling van het dickere blad minder zal zijn dan van het dunne blad.

HM-zaagbladen hebben geen gezette tanden maar aangezette tanden met veelal schuingeslepen vrijloopvlakken. De aanstootkrachten bij de tanden staan hierdoor nagenoeg loodrecht op de tand, waardoor het zaagblad nauwelijks in axiale richting zal gaan trillen, met als gevolg een kleinere geluidafstraling [3].

HM-zaagbladen met een "sandwich" constructie veroorzaken bij het zagen een ca. 3 dB(A) lager geluidniveau dan de normale HM-zaagbladen, als gevolg van de onderdrukking van de axiale trillingen door het trillingdempende materiaal.

De dikte van het te zagen materiaal is mede van invloed op het geluidniveau van de zaagmachine. Bij dunne plaatmaterialen zijn steeds enkele tanden in aanraking met het materiaal, hetgeen een kleine aanstootkracht en een laag geluidniveau geeft. Bij dickere materialen worden meerdere tanden aangestoten, hetgeen een grotere axiale aanstootkracht geeft met als gevolg een hoger geluidniveau.

Tot ca. 30 mm dikte van het materiaal neemt het geluidniveau toe. Bij verdere toename in materiaaldikte wordt geen noemenswaardige verhoging van het geluidniveau geconstateerd. Dit is het gevolg van de trillingdempende werking van de lucht in de zaagsnede (zie figuur 5.6).



Figuur 5.6 : Invloed van de materiaaldikte op het geluidniveau van de zaagmachine met een HM-zaagblad ($D = 350$ mm) met 72 tanden (A) en met 54 tanden (B) [3].

(A) = spaanplaat (B) = vurehout.

Bij het zagen van vurehout kunnen verschillen optreden tot ca. 10 dB(A) als gevolg van de structuur van het hout, door met de houtnerf mee te zagen (schulpen) of dwars op de nerf te zagen (afkorten). Bij spaanplaat is de structuur van het materiaal homogener dan bij vurehout waardoor daar geringere niveauverschillen optreden. Bij het zagen van hardhout werd ten opzichte van vurehout een ca. 5 dB(A) hoger geluidniveau gemeten [3].

5.4 Geluidverminderende maatregelen

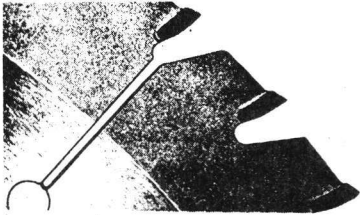
Een aantal maatregelen aan of bij het gereedschap is voor diverse machines toepasbaar. Deze maatregelen zullen daarom apart behandeld worden.

5.4.1 Algemeen toepasbare maatregelen

Het gereedschap voor de bewerking moet zorgvuldig worden gekozen, d.w.z.:

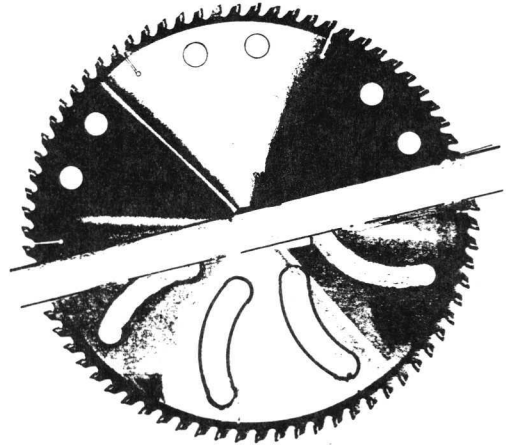
- de diameter van de zaag moet niet groter worden genomen dan strikt noodzakelijk is,
- het toerental van het zaagblad moet niet hoger worden genomen dan noodzakelijk, zodat de minimale snijsnelheid behorende bij de zaag en het te zagen materiaal wordt bereikt,
- de dikte van het zaagblad moet niet groter worden genomen dan strikt noodzakelijk is,
- indien mogelijk moet een zaagblad met veel tanden worden toegepast,
- indien mogelijk moet een HM-zaagblad worden toegepast i.p.v. een CV-zaagblad. HM-"sandwich" zaagbladen kunnen het geluidniveau nog iets meer verlagen, ca. 3 dB(A) t.o.v. normale HM-zaagbladen.

In figuur 5.7 zijn enkele voorbeelden gegeven van geluidarme zaagbladen, die door de leverancier van de zaagbladen als zodanig verkocht worden. In onbelaste toestand kunnen deze zaagbladen ca. 3-5 dB(A) stiller zijn dan vergelijkbare zagen. T.o.v. CV-zaagbladen ("fluitende") kan een grotere geluidreductie worden bereikt. Bij het zagen blijft de geluidreductie in de meeste gevallen beperkt tot maximaal 4 dB(A).



NSD Geluidsarme middelgetande afkort-
zaag voor massief hout en plaatmateriaal.

zaag A



zaag B

Figuur 5.7: Voorbeelden van zagen, die door de leveranciers als geluidarm worden verkocht.

A: hardmetaaltanden, spanningsgleuven aan de omtrek en een propje tegen het "fluiten".

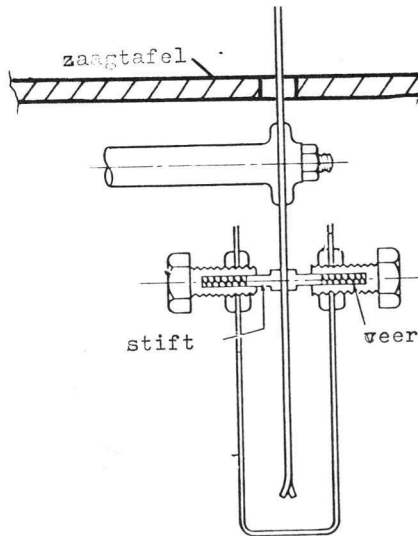
B: hardmetalen zaag met spanningsgleuven en gaten in het stamblad ter voorkoming van voorkeurfrequenties ("fluiten"). De zaag met de sleuven is alleen toegestaan op machines met mechanische aanvoer.

Bij de voorbeelden in figuur 5.7 ontbreekt het "sandwich" zaagblad. Dit ziet er echter niet anders uit dan een normaal HM-zaagblad.

Indien bij zaagbladen duidelijk hoorbare eigenfrequenties voorkomen, het zogenaamde "fluiten", kunnen de volgende extra maatregelen worden getroffen:

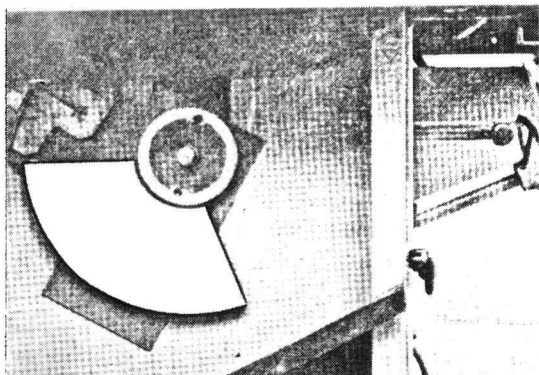
- CV-zaagblad vervangen door een HM-zaagblad of een geluidarm zaagblad,
- diameter van de opspanflenzen vergroten tot ca. $\frac{2}{3}$ van de diameter van het zaagblad,

- in de bestaande opspanflenzen tezamen met het zaagblad een extra schijf inspannen van een hard of veerkrachtig materiaal, met een diameter van ca. $\frac{2}{3}$ van de diameter van de zaag,
- het zaagblad bij de inklemming een extra voorspanning geven, bijv. door een geringe afschuining in de opspanflenzen, kloppen, walsen, of door het aanbrengen van gleuven of gaten in het stamblad,
- onder de zaagtafel een dempstift monteren die tegen het blad drukt en daardoor het trillingspatroon van het zaagblad beïnvloedt, zie figuur 5.8.

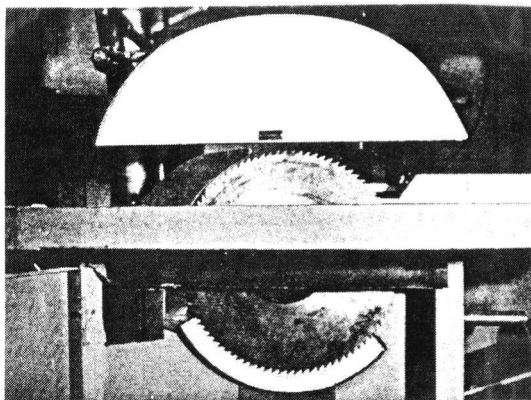


Figuur 5.8: Voorbeeld van een dempstift, gemonteerd onder de zaagtafel, t.b.v. het onderdrukken van de eigenfrequenties in het zaagblad.

- onder de zaagtafel op een korte afstand (ca. 2 mm) van het zaagblad een vaste demplaat monteren [23].
De opgesloten lucht tussen zaagblad en demplaat voorkomt de sterke trillingen bij de eigenfrequenties in het zaagblad. Een voorbeeld van een demplaat is gegeven in figuur 5.9.



A



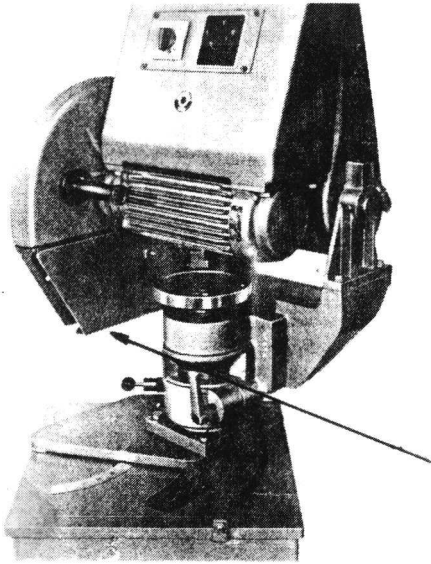
B

Figuur 5.9 : Voorbeeld van een vaste dempplaat onder de zaagtafel,
(A) zonder zaag, (B) met zaag [23].

De geluidreductie die met de genoemde maatregelen kan worden bereikt, hangt sterk af van de mate waarin de eigenfrequenties in het zaagblad worden beïnvloed. Indien het om "fluitende" zaagbladen gaat kan een aanzienlijke geluidreductie van ca. 10 dB(A) worden bereikt. "Fluiten" de bladen niet, dan is de geluidreductie maximaal 3 dB(A).

De bestaande beschermkap over het zaagblad, bijv. bij afkortaagmachines, kan aan de binnenzijde worden voorzien van een 25 mm dikke laag geluidabsorberend materiaal, eventueel afgedekt door een geperforeerde staalplaat. Zonodig moet een nieuwe afdekkap worden gemaakt. Ook kan de beschermkap zodanig over het zaagblad worden gemonteerd dat één zijkant op zeer korte afstand (ca. 2 mm) van het zaagblad staat, waardoor de opgesloten lucht in de spleet een dempende werking op de bladtrillingen kan uitoefenen.

Bij de afkortaagmachine kan op de plaats waar de beweegbare zaagbladen in onbelaste toestand draaien geluidabsorptie worden aangebracht of een extra beschermkap worden gemaakt die goed aansluit op de bovenste beschermkap. (zie figuur 5.10)



afschermkap voor
onbelaste toestand

Figuur 5.10: Voorbeeld van een afschermkap voor een draaiende cirkelzaag in onbelaste toestand bij een afkortmachine [22].

Openingen in het frame van de machine, waardoor geluid naar de omgeving wordt afgestraald kunnen worden afgedicht met een staalplaat. Ten behoeve van de koelluchtvoorziening van de motor kan een geluidisolierende aanzuigopening worden aangebracht. Voor de uitvoering wordt verwezen naar [1]. Indien onderdelen van het machineframe sterk trillen, bijv. vangkap voor zaagsel, kunnen deze worden voorzien van een ontdreuningsmateriaal of een "sandwich" constructie, zie basisrapport [1].

5.4.2 Specifieke maatregelen

5.4.2.1 Meerbladcirkelzaagmachines

Een aantal van de genoemde maatregelen in hoofdstuk 5.4.1 kan ook op de meerbladcirkelzaagmachines worden toegepast. In het algemeen zal het geluidniveau van deze machines te hoog blijven. Doordat deze machines ingebouwde aanvoermechanismen hebben kunnen ze worden omkast. De omkastening dient zoveel mogelijk gesloten te worden uitgevoerd. Ten behoeve van de afzuiging, koeling van de zaagbladen en de motor moet een geluidisolerende luchttoevoeropening worden opgenomen [21].

Ook moet extra aandacht worden gegeven aan de materiaaldoorvoeropeningen, zie voor verdere detaillering [2].

Met een goede omkastening kan een geluidreductie van 10-20 dB(A) worden bereikt, afhankelijk van de uitvoering van de omkastening en de daarin aanwezige openingen.

5.4.2.2 Verticale platenzaagmachine

De geluidverminderende maatregelen uit 5.4.1 kunnen ook bij dit type machine worden toegepast. Tijdens het zagen straalt het plaatmateriaal als gevolg van de aanstootkrachten veel geluid af. Dit wordt versterkt door het losliggen van de plaat tijdens het zagen. Alleen door de platen te klemmen, hetgeen in de praktijk op problemen kan stuiten, kan het geluidniveau worden verlaagd.

6. MACHINES VOOR HET MAKEN VAN GATEN

=====

6.1 Uitvoeringsvormen

Bij de machines voor het maken van gaten kunnen twee groepen worden onderscheiden, te weten:

- machines voor het maken van ronde gaten, bijv. deugelboormachines. Deze groep van machines veroorzaakt in het algemeen geen hoog geluidniveau en zal daarom in dit hoofdstuk niet worden behandeld.
- machines voor het maken van niet ronde gaten, bijv. oscillerende langgatsfreemachines, de oscillerende gatensteekmachine, de kettingfreemachine en de holle beitelboormachine. Deze machines veroorzaken een hoog geluidniveau en zullen voor zover gegevens bekend zijn in dit hoofdstuk worden besproken.

6.2 De geluidproductie in onbelaste toestand

Bij veel machines voor het maken van gaten is het aandrijfmechanisme van het gereedschap tijdens het niet verspanen uitgeschakeld. Even voordat de eigenlijke bewerking moet plaatsvinden wordt het gereedschap in beweging gebracht. De tijd dat het gereedschap in onbelaste toestand draait is dus tot een minimum beperkt.

In onbelaste toestand wordt het geluidniveau vooral bepaald door het aandrijfmechanisme van het gereedschap en niet door het gereedschap zelf. Door de oscillerende bewegingen van het gereedschap bij bepaalde machines ontstaan krachten, die het machineframe in trilling brengen, waardoor geluid door het machineframe wordt afgestraald naar de omgeving. In de beschikbare literatuur worden geen mogelijkheden genoemd om het geluidniveau te verlagen.

Bij de kettingfreemachine is de geleiding van de ketting en de ronddraaiende ketting oorzaak van een hoog geluidniveau tijdens het onbelast draaien.

6.3 Bijkomende geluidoorzaken tijdens het maken van gaten

Bij vele typen machines voor het maken van gaten is ook in belaste toestand het aandrijfmechanisme van het gereedschap bepalend voor het geluidniveau. Bij de oscillerende gatensteekmachines is dit niet het geval. Hier neemt door het snijden van het gereedschap het geluidniveau duidelijk toe.

Ook bij de kettingfreemachine neemt het geluidniveau toe tijdens het bewerken. Dit wordt veroorzaakt door het ingrijpen van de snijkanten in het hout. Primaire maatregelen om de geluidproductie tijdens de bewerking te verlagen worden in de beschikbare literatuur niet gegeven.

6.4 Geluidverminderende maatregelen

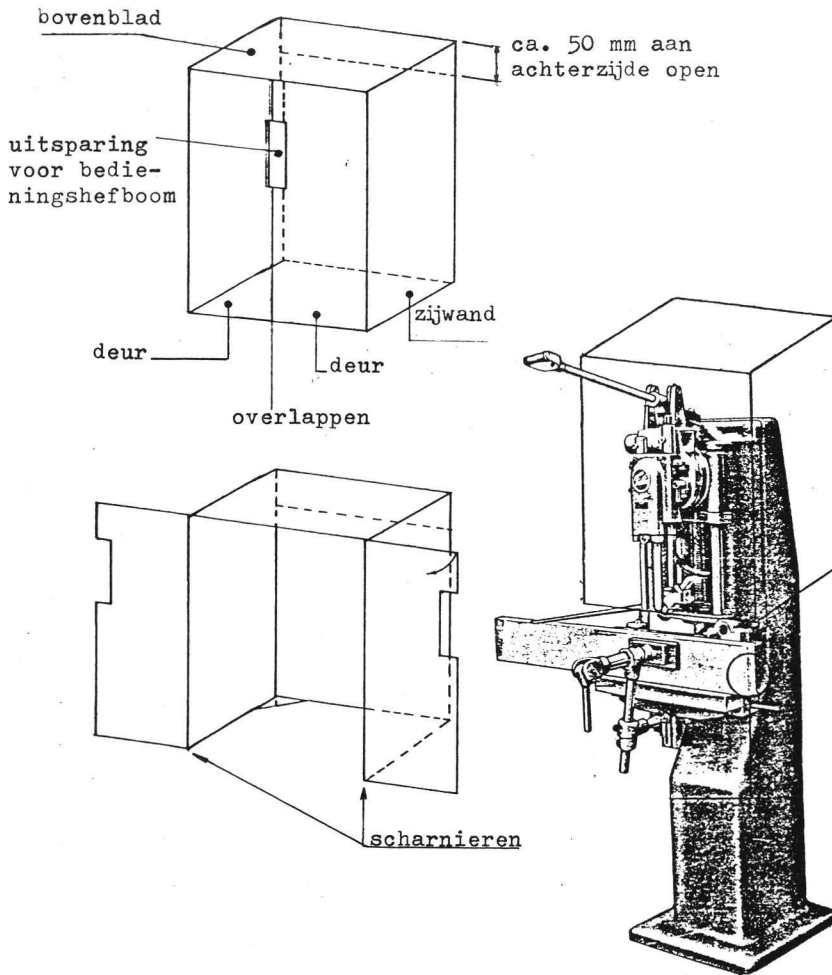
6.4.1 Algemeen toepasbare maatregelen

In de beschikbare literatuur wordt geen melding gemaakt over maatregelen aan en/of bij het gereedschap om het geluidniveau te verlagen. Omdat het geluidniveau in vele gevallen in hoofdzaak bepaald wordt door het aandrijfmechanisme van het gereedschap, moet hieraan bij het construeren veel aandacht worden besteed. Aan de hand van [1] kunnen de mogelijkheden worden onderzocht.

6.4.2 Specifieke maatregelen

6.4.2.1 De kettingfreesmachine

Bij de kettingfreesmachine wordt het hoge geluidniveau veroorzaakt door de rondlopende ketting en de snijkanten die in het hout slaan. Door middel van een afschermkap over het aandrijfmechanisme van de freesmachine, kan het geluidniveau op de bedieningsplaats ca. 5 dB(A) worden verlaagd. De kap moet zoveel mogelijk los van de machine worden gehouden, bijv. door bevestiging tegen een massieve wand of via trillingdempers op de machine. Hierdoor wordt voorkomen dat de kap te sterk gaat trillen en geluid gaat afstralen. In figuur 6.1 is een voorbeeld van een dergelijke afschermkap gegeven.



Figuur 6.1: Voorbeeld van een afschermkap voor een kettingfreesmachine ter afscherming van het geluid van het aandrijfmechanisme [22].

7. SCHUURMACHINES =====

7.1 Uitvoeringsvormen

Enkele typen schuurmachines zijn:

- walsenschuurmachine
- breedbandcontactschuurmachine met walsen of met schoen
- (lange) bandschuurmachine

Bij vrijwel alle schuurmachines wordt schuurpapier of schuurlijnen toegepast.

7.2 De geluidproductie in onbelaste toestand

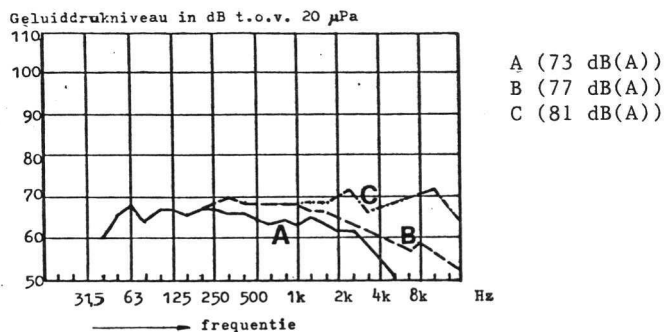
Het aandrijfmechanisme is in de meeste gevallen de hoofdoorzaak van de geluidproductie. Bouw- en uitvoeringswijze van de machine zijn hierbij van invloed. Bij enkele typen bandschuurmachines kan door het klapperen van de band de geluidproductie toenemen.

De afzuiging van de schuurmachine kan eveneens voor een toename van de geluidproductie zorgen, als gevolg van de wijze waarop de lucht wordt afgezogen en geleid.

7.3 Bijkomende geluidoorzaken tijdens het schuren

Het geluid bij het schuren ontstaat zodra contact met een werkstuk plaatsvindt. Wanneer schuurpapier zonder korrels wordt gebruikt, wrijft dit over het werkstuk waardoor een hoogfrequent geluid ontstaat in het frequentiegebied van 4000 - 12000 Hz [21]. Wordt schuurpapier met korrel gebruikt dan neemt in het genoemde frequentiegebied het geluidniveau toe. In de proefomstandigheden zoals vermeld in figuur 7.1 is de geluidniveautoename t.o.v. de vrijloop ca. 8 dB(A).

In de figuur zijn de geluidspectra gegeven van het schuren met schuurpapier zonder korrel en met korrel.



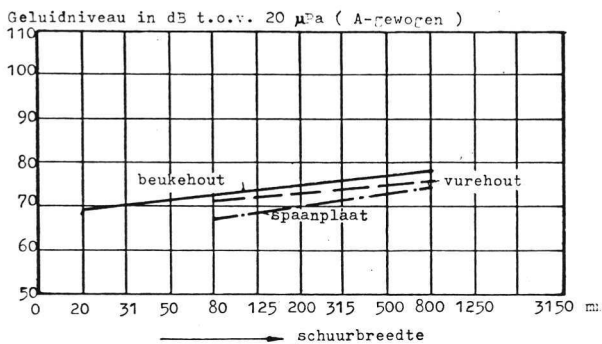
Figuur 7.1: Geluidspectra van een walsenschuurmachine in vrijloop (A) en tijdens het schuren van een spaanplaat, met schuurpapier zonder korrel (B) en met korrel (C) [21].

De toename van de geluidproductie wordt veroorzaakt door het contact van de schuurkorrel met het werkstuk. Het verschil in geluidproductie bij schuurpapier met korrelgrootte tussen 80 en 500 bedroeg maximaal 2 dB(A). Tevens bleek bij het onderzoek dat er in het geluidsspectrum geen voorkeurfrequenties voorkomen.

De scherpte van de schuurkorrels heeft invloed op het geluidniveau. Door het dichtslibben van het schuurpapier neemt de wrijving tussen papier en werkstuk toe. Hierdoor stijgt de temperatuur van het papier en de kans op scheuren van het schuurpapier [21]. De geluidproductie neemt toe met ca. 5 dB(A).

De schuursnelheid heeft slechts een geringe invloed op de geluidproductie. Door verhoging van de snelheid van het schuurpapier van 14 naar 28 m/s blijkt het geluidniveau ca. 3 dB(A) toe te nemen. Bij het vergroten van de oscillerende beweging van het schuurpapier van 0 tot 10 mm is geen verschil in geluidniveau waargenomen.

Ook bij het verhogen van de aandrukkracht, de houtafname en het verhogen van de aanvoersnelheid van het werkstuk zijn bij de proefomstandigheden geen duidelijk waarneembare effecten op het geluidniveau geconstateerd. De breedte van het te schuren werkstuk is van invloed op de geluidproductie. Globaal neemt het geluidniveau toe met ca. 2 dB(A) per breedteverdubbeling. Het effect van de schuurbreedte en de te schuren houtsoort is gegeven in figuur 7.2.



snelheid van het
schuurpapier bij:
beukehout 27 m/s
vurehout 20 m/s
spaanplaat 14 m/s

Figuur 7.2: Invloed van de schuurbreedte en de te bewerken houtsoort op het geluidniveau van een walsenschuurmachine gemeten op de bedieningsplaats [21].

In de grafiek is tevens te zien dat het verschil in geluidniveau tussen het schuren van vure- en beukehout ca. 2 dB(A) is. Bij het schuren van spaanplaat is het geluidniveau ca. 2 dB(A) lager dan bij het schuren van vurehout. Dit is het gevolg van de structuur en het bindmiddel in de spaanplaat.

7.4 Geluidverminderende maatregelen

7.4.1 Algemeen toepasbare maatregelen

Geluidverminderende maatregelen aan of bij het gereedschap zijn vrijwel niet mogelijk. Alleen het tijdig vervangen van het dichtgeslibde schuurpapier of linnen voorkomt dat het geluidniveau extra toeneemt.

Een belangrijk aandeel in de geluidproductie bij de kleinere machines wordt geleverd door de aandrijving en de afzuiging.

Hoge luchtsnelheden en ongunstig gevormde vangkappen kunnen het geluidniveau eveneens sterk doen toenemen. Verlaging van de luchtsnelheid en het optimaliseren van de vangkappen voorkomt dit.

Ook kunnen onderdelen van de staalplaat-constructie van het machineframe geluid afstralen. Dit laatste kan worden voorkomen door op de platen een ontdreuningsmateriaal aan te brengen of een "sandwich" constructie toe te passen [1].

7.4.2 Specifieke maatregelen

7.4.2.1 Walsenschuurmachines en de grote bandschuurmachines

Wanneer de genoemde maatregelen niet mogelijk of niet afdoende zijn kunnen de walsenschuurmachines en de grote bandschuurmachines van een omkasting worden voorzien [2].

Deze machines worden wel toegepast in automatische bewerkingsstraten in combinatie met andere bewerkingen. De omkastingen kunnen worden ontworpen voor zowel alleen de schuurmachines als voor alle bewerkingseenheden tezamen.

Aan de hand van [2] kunnen dergelijke omkastingen worden ontworpen.

8 EINDPROFILEERMACHINES =====

8.1 Uitvoeringsvormen

Onder eindprofileren wordt verstaan het uitvoeren van een verspanende bewerking, waarbij een bepaald gewenst profiel wordt verkregen en waarbij geen, of nagenoeg geen, massief houtafval ontstaat.

Voorbeelden van machines die dergelijke bewerkingen uitvoeren zijn:

- enkele en dubbele pennensbank
- enkele en dubbele contramalbank
- enkele en dubbele eindprofileermachine
- alleskunner
- dubbele formaatzaagmachine met verspaners.

In dit hoofdstuk wordt alleen op de dubbele formaatzaagmachine ingegaan.

8.2 De geluidproductie in onbelaste toestand

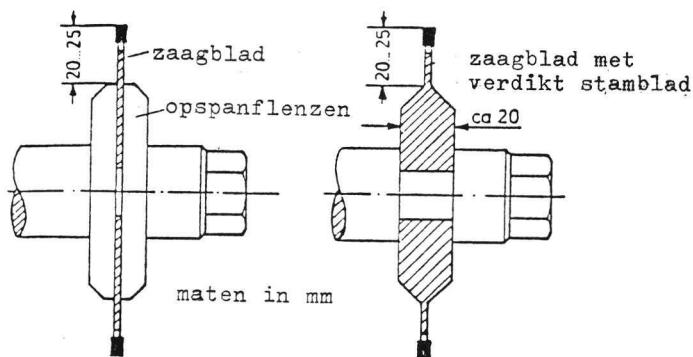
De gereedschappen die op deze machines voorkomen zijn: cirkelzagen, frezen, verspaners en in enkele gevallen boren. De ontstaansmechanismen van geluid in onbelaste toestand bij cirkelzagen en frezen zijn uitvoerig in de afzonderlijke hoofdstukken behandeld. De ontstaansmechanismen van geluid bij de ritszaag en de verspaners worden apart behandeld.

8.3 De geluidproductie van de dubbele formaatzaagmachine met kettingaanvoer

8.3.1 De ritszaag -----

De ritszaag is een kleine zaag die aan de onderzijde van de te zagen plaat een groef zaagt. Hierdoor wordt voorkomen dat bij de bewerking met de hoofdzaag met verspaner de onderzijde van de zaagsnede gaat rafelen. Het ontstaansmechanisme van het geluid van de ritszaag is beschreven in hoofdstuk 5.

Met de ritszaag worden slechts ondiepe groeven in het materiaal gezaagd. Hierdoor is het mogelijk de zaag te voorzien van grote inklemlenzen. Ook kan men het stamblad van de zaag dikker maken (ca. 20 mm dik) waardoor eigentrillingen van het zaagblad worden onderdrukt. De diameter van de opspanflenzen of het dikkere stamblad moet ca. 40 mm kleiner zijn dan de zaagdiameter (zie figuur 8.1).

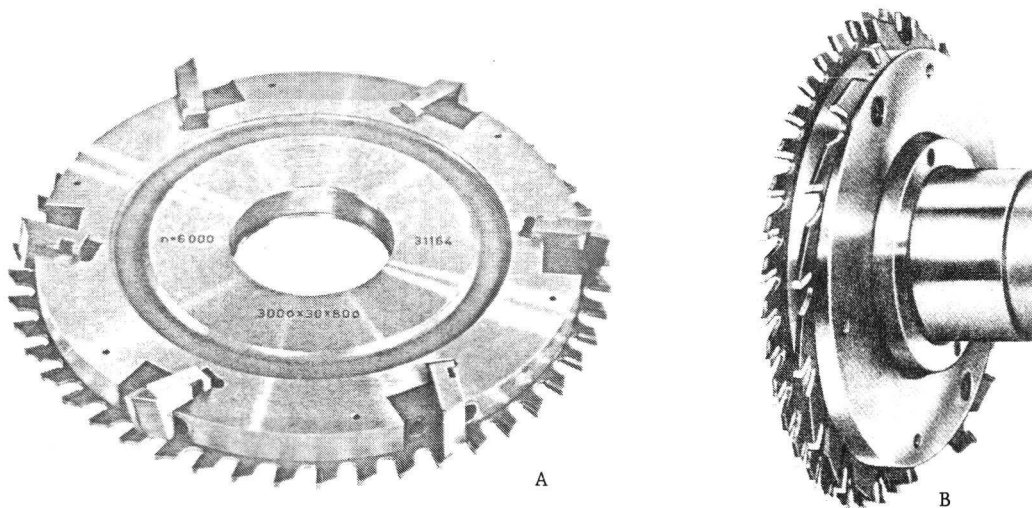


Figuur 8.1: Voorbeeld van een ritszaag voorzien van extra dikke inspanflenzen en een ritszaag (frees) met een dik stamblad [3].

Met deze zagen is een geluidreductie van 3 - 5 dB(A) mogelijk [3].

8.3.2 Hoofdzaag met verspaner

De hoofdzaag zaagt het materiaal op de juiste maat. De verspaner verkleint het overtollige materiaal tot spanen. Zaag en verspaner zijn tegen elkaar gemonteerd. In figuur 8.2 is een voorbeeld gegeven van een lawaaiige verspaner en een stillere verspaner.



Figuur 8.2: Voorbeelden van een hoofdzaag met verspaner

A: veel geluidveroorzakende verspaner (wordt weinig meer toegepast)

B: een geluidarme verspaner

Doordat de zaag en de verspaner tegen elkaar zijn gemonteerd worden de trillingen in het zaagblad onderdrukt. Door de wijze waarop de plaat door de hoofdzaag met verspaner wordt aangestoten ontstaat in de richting loodrecht op de plaat een aanstootkracht. Juist in deze richting heeft het plaatmateriaal de minste weerstand, waardoor deze gemakkelijk in trilling kan raken. Dat heeft tot gevolg dat hierdoor veel geluid door de plaat wordt afgestraald.

Verspaners met enkele snijkanten over de volle breedte van de verspaner produceren veel geluid. Door een verspaner met veel snijkanten toe te passen kan het geluidniveau worden verlaagd. Bij een verspaner met een breedte van 20 mm werd het geluidniveau met 3 dB(A) verlaagd door het aantal snijkanten te vermeerderen van 5 naar 20. Ook kunnen de snijkanten worden opgedeeld in de breedte van de verspaner en worden verdeeld over de omtrek, zoals te zien is in figuur 8.2. Ten opzichte van een verspaner met 6 rechte snijkanten over de volle breedte werd bij de verspaner met de snijkanten in 6 groepen van 6 smalle snijkanten verdeeld over de omtrek een verlaging van het geluidniveau van 10 dB(A) geconstateerd. Dergelijke verspaners zijn normaal in de handel verkrijgbaar.

De platen worden meestal via kettingbanen langs de bewerkingseenheden getransporteerd. Hierbij steken de platen buiten de kettingbanen uit. De afstand, die de platen buiten de kettingbaan steken, is van invloed op de geluidafstraling van de plaat [21]. Wordt de afstand van 80 mm verkleind tot 15 mm, dan is een geluidreductie van de plaatafstraling met ca. 10 dB(A) mogelijk. Dit kan ook worden bereikt door een goede ondersteuning van de plaat ter plaatse van de verspaner, waardoor de weerstand ter plaatse van de bewerking wordt vergroot en de plaat minder zal trillen.

Bij het onderhavige onderzoek is geen effect van de plaatafmetingen op het geluidniveau gevonden. Met de verspaner werd zowel in de lengte als in de breedte 20 mm van een plaat afgenomen.

Door de hoeveelheid te verspanen materiaal te verkleinen, bijv. door een kleinere overmaat aan materiaal te bestellen, kan ook een geluidreductie worden bereikt. Door de spaanbreedte van 18 mm te verkleinen naar 3 mm daalde het geluidniveau met ca. 15 dB(A). Globaal neemt het geluidniveau af met 1 dB(A) per 1 mm kleinere verspaningsbreedte [21].

Het verlagen van de snijsnelheid van de verspaner kan een verlaging van het geluidniveau geven. Of dit mogelijk is hangt af van de gewenste kwaliteit van de zaagsnede. Tijdens de bewerking, waarbij het toerental van de verspaner van 6000 naar 3000 omw./min. werd verlaagd, werd geen niveauverlaging geconstateerd. Bij het onbelast draaien werd een 16 dB(A) lager geluidniveau gemeten [3]

8.3.3 Frezen

In plaats van een hoofdzaag met verspaner is het ook mogelijk het plaatmateriaal te bewerken door middel van frezen met rechte snijkanten.

De eerste frees verwijdert het meeste materiaal, waarna de tweede frees de zijkant van de plaat nabewerkt. Ten opzichte van de veel geluid veroorzakende verspaners is bij dezelfde machine voorzien van freeskoppen een ca. 10 dB(A) lager geluidniveau gemeten [3].

De ontstaansmechanismen van het geluid bij frezen zijn uitgebreid behandeld in hoofdstuk 3.

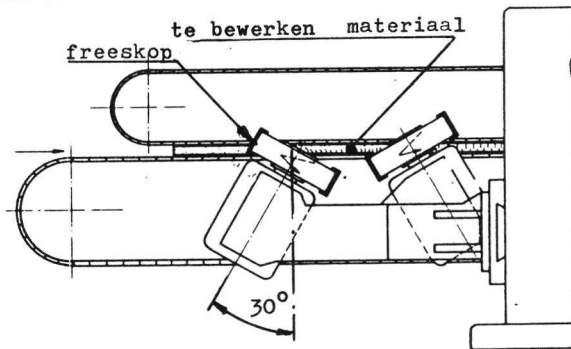


Fig. 8.3: Voorbeeld van schuin geplaatste freesassen.

Het is mogelijk de frezen schuin te plaatsen. In de proefomstandigheden werden de freesassen onder een hoek van 30° t.o.v. de verticale as geplaatst. Bij het bewerken van het materiaal bleek dat het schuin plaatsen van de frezen geen verlaging van het geluidniveau gaf. Als de assen met de frezen recht staan is de aanstootkracht in de langsrichting van de plaat. Juist in deze richting is de weerstand van de plaat het hoogst. De plaat zal hierdoor moeilijk in trilling raken en weinig geluid afstralen. Door de assen met de frezen schuin te plaatsen wordt door de schuingeplaatste snijkanten de krachtverdeling tijdens de bewerking gunstiger, hetgeen een verlaging van het geluidniveau geeft. Er wordt echter ook een krachtcomponent loodrecht op de plaat geïntroduceerd, die de plaat weer gemakkelijker in trilling kan brengen. Hierdoor wordt de geluidniveauverlaging als gevolg van de gunstige snijkracht teniet gedaan door de verhoogde geluidafstraling van het plaatmateriaal [3].

Door het verlagen van de snijsnelheid van de freeskoppen bijv. door toerentalverlaging kan het geluidniveau worden verlaagd. Door halvering van de snijsnelheid van de frezen daalt het geluidniveau met ca. 3 dB(A). Verlaging van de aanvoersnelheid met 3 m/min. geeft een geluidniveauverlaging van 1,5 dB(A) [3].

8.4 Geluidverminderende maatregelen

8.4.1 Algemeen toepasbare maatregelen

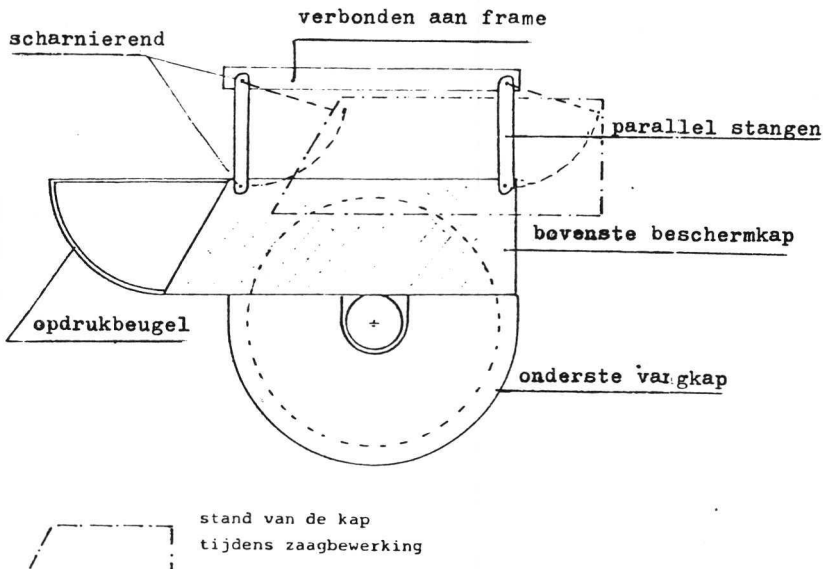
Eindprofileermachines zijn voorzien van cirkelzagen en frezen en in enkele gevallen van boren. De afzonderlijke geluidbronnen kunnen stiller worden gemaakt aan de hand van de voorstellen voor geluidvermindering voor frezen, zie hoofdstuk 3 en voor cirkelzagen, zie hoofdstuk 5. De geluidproductie van de boren is ondergeschikt aan de andere geluidbronnen en wordt verder niet behandeld.

Afschermen of gedeeltelijk omkassen van de verschillende geluidbronnen is in vele gevallen mogelijk.

8.4.2 Specifieke maatregelen

8.4.2.1 Pennenbank

Een voorbeeld voor het afschermen van een afkortzaag bij een pennenbank is gegeven in figuur 8.4.



Figuur 8.4: Voorstel voor een afschermkap t.b.v. de afkortzaak van de pennenbak [22].

De afkortzaag draait in belaste toestand van de pennenbank slechts een fractie van de totale bewerkingstijd. Het aanbrengen van een volledige omkasting is bij handaanvoer, zoals vaak voorkomt bij enkele pennenbanken, niet eenvoudig te realiseren. Als gevolg van de noodzakelijke doorvoeropening voor het product over de volle lengte van de machine zal het geluidniveau op de bedieningsplaats slechts in geringe mate gereduceerd worden. Eindprofileermachines met automatische aanvoer zijn geschikt voor het aanbrengen van een omkasting. Aan de hand van [2] is hiervoor een omkasting te ontwerpen.

8.4.4.2 Dubbele formaatzaagmachine met kettingaanvoer

De ritszagen die veel geluid veroorzaken kunnen worden vervangen door geluidarme uitvoeringen of door middel van dikke inspanflenzen stiller worden gemaakt, zie figuur 8.1. Hiermee is een geluidreductie van 3-5 dB(A) te bereiken.

Bij de hoofdzaag met verspaner kan een geluidreductie worden bereikt door verspaners toe te passen waarbij de zaag veel tanden heeft en de verspaner is voorzien van veel smalle tanden die zowel in de omtrek als in de breedte regelmatig verdeeld zijn. Hiermee is een geluidreductie van ca. 10 dB(A) mogelijk. Door de hoeveelheid te verspanen materiaal bij de verspaner te verkleinen, bijv. door het materiaal met een kleinere overmaat te bestellen, kan een extra geluidreductie worden verkregen.

Ook kan door een betere ondersteuning van het materiaal ter plaatse van de bewerking of door het verkleinen van de uitsteek van het materiaal over de kettingbaan, ofwel door inklemming van de te bewerken plaat een geluidreductie van ca. 10 dB(A) worden bereikt.

Tenslotte kan door verlaging van de aanvoersnelheid een geluidreductie worden bereikt. Elke verlaging van 3 m/min. geeft een daling van het geluidniveau van 0,5 - 1 dB(A) [21].

Indien frezen worden toegepast kan een geringe geluidniveaulowering worden bereikt door de frezen een lagere snijsnelheid te geven. Het toepassen van frezen met schuine snijkanten geeft geen verlaging van het geluidniveau, omdat hierdoor de geluidafstraling van de te bewerken plaat toeneemt, waardoor de geluidreductie van de schuine snijkanten wordt teniet gedaan.

De bouwvorm van deze machine en de automatische aanvoer van het materiaal geven de mogelijkheid de machine te voorzien van een omkasting. Enkele fabrikanten leveren voor deze machines reeds gedeeltelijke omkastingen. Als dit niet het geval is kan aan de hand [2] een omkasting worden ontworpen.

9. HOUTAFVALVERKLEININGSMACHINES

=====

9.1 Uitvoeringsvormen

Enkele typen houtafvalverkleiningsmachines zijn:

- beetelblok met rechte snijkanten,
- beetelblok met scherend opgestelde of segmentsnijkanten,
- langzaam roterende snijmessen,
- hamermolen.

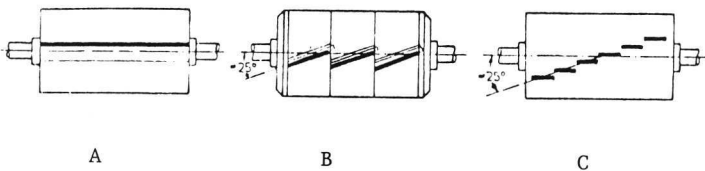
Verspaners met langzaam roterende snijmessen veroorzaken weinig lawaai en worden verder buiten beschouwing gelaten. Dit wil niet zeggen dat deze verspaner als vervanger voor de andere verspaners kan dienen. Dit hangt af van de eisen die aan het verkregen product worden gesteld.

9.2 De geluidproductie in onbelaste toestand

In onbelaste toestand wordt het geluid bij verspaners veroorzaakt door het aerodynamisch geluid van het snel ronddraaiende gereedschap, zoals beschreven in hoofdstuk 3.

Het geluid van verkleiningsmachines heeft een duidelijke richtingskarakteristiek als gevolg van de invoeropening van het hout. Aan de invoerzijde ligt het geluidniveau 5 tot 10 dB(A) hoger dan aan de andere zijde van de machine.

Door het beetelblok met rechte snijkanten te vervangen door een beetelblok met scherpende snijkanten of segmentsnijkanten, die onder een hoek van 25° over de omtrek van het beetelblok zijn aangebracht, kan een niveauverlaging tot ca. 10 dB(A) worden bereikt. Voorbeelden van beetelblokken worden gegeven in figuur 9.1.



Figuur 9.1: Voorbeelden van beetelblokken

- A = beetelblok met rechte snijkanten
- B = beetelblok met scherend geplaatste snijkanten
- C = beetelblok met segmentsnijkanten onder een hoek van 25° over de omtrek van het beetelblok verdeeld.

9.3 Bijkomende geluidoorzaken bij het verkleinen (verspanen)

Door de snijdende werking in het hout en in bepaalde omstandigheden ook door het klapperen van het te verspanen materiaal neemt het geluidniveau toe. In belaste toestand hebben schuin geplaatste snijkanten en de segmentsnijkanten een gunstige invloed op het geluidniveau.

Daarentegen heeft het verlagen van het toerental of snijsnelheid bij het verkleinen weinig effect. Door het botter worden van de snijkanten kan het geluidniveau met ca. 5 dB(A) toenemen.

9.4 Geluidverminderende maatregelen

Een aanmerkelijke geluidreductie kan worden bereikt door het beetelblok met rechte snijkanten te vervangen door een beetelblok met schuin geplaatste snijkanten of segmentsnijkanten, zoals is gegeven in figuur 9.1.

Eventueel kan door toerentalverlaging van het beetelblok met 1000 omw./min. nog een verlaging van het geluidniveau tijdens onbelast draaien van ca. 4 dB(A) worden bereikt.

Het is ook mogelijk een afvalverkleiningsmachine met langzaam roterende snijmessen toe te passen. Dit is echter alleen mogelijk indien aan de kwaliteit van het eindproduct geen hoge eisen worden gesteld.

Verdere verlaging van het geluidniveau wordt bereikt door de machine te voorzien van een omkasting of deze separaat op te stellen. Bij de hamermolen is dit de enige mogelijkheid. Zowel bij een omkasting als bij een separate opstelling moet extra aandacht worden gegeven aan de materiaaltoevoeropening, opdat het effect van de omkasting of de separate opstelling niet verloren gaat. Aan de hand van [2] kan dit verder worden uitgewerkt.

10. AFZUIGINSTALLATIES =====

Afzuiginstallaties kunnen veel geluid veroorzaken. Zowel de ventilator als de hoge luchtsnelheid in het afzuigstelsel kunnen hiervoor verantwoordelijk zijn. Maatregelen om het geluid te verlagen zullen bij elke installatie opnieuw moeten worden bekeken. In het algemeen moet op het volgende worden gelet of kunnen de volgende maatregelen worden overwogen:

- Verplaats de ventilator/filterkast vanuit de werkplaats naar een afzonderlijke ruimte of plaats deze achter een scherm. Wanneer de ventilator of filterkast naar buiten wordt verplaatst, voorkom dan hinder voor de omwonenden.
- Dringt er ventilatorgeluid via het afzuigstelsel tot de werkplaats door, plaats dan een geluiddemper in het stelsel*.
(Let op druk- en luchtsnelheidsverlies en op vervuiling)
- Ontkoppel het kanaalsysteem van de ventilator d.m.v. een flexibele aansluiting.
- Voorkom onnodig hoge luchtsnelheden. Snelheden boven de 28 m/s zijn vrijwel nooit noodzakelijk.
- Zorg voor een aerodynamisch gunstige aansluiting op de machine. Voorkom haakse bochten, plotselinge vernauwingen en scherpe kanten, etc.. Zet kleppen geheel open of geheel dicht. Openingen en gaten in de kanalen moeten worden gedicht, bv. met een sterk plakband.
- Rammelende staalplaat-onderdelen van het kanaalsysteem of kanaaldelen die veel geluid afstralen kunnen worden voorzien van een ontbreuningsmateriaal, of worden geïsoleerd door een bekleding met mineraalwol en een deklaag van bv. staalplaat (zie hiervoor [1]).
- Voorkom zoveel mogelijk overdracht van trillingen op de bouwkundige constructie (zie hiervoor [2]).

* Het selecteren van geluiddempers wordt behandeld in [2].

11. INDELING VAN DE WERKPLAATS

=====

Bij de indeling van de werkplaats kan ook rekening worden gehouden met het geluid op de arbeidsplaats. Stille werkzaamheden moeten, indien mogelijk, buiten de ruimte van de machinale bewerking worden gehouden. Plaats een machine zodanig dat de bedieningsplaats van deze machine niet te dicht bij een lawaaiproducerend onderdeel van een andere machine staat. Is dit niet mogelijk probeer dan d.m.v. het plaatsen van schermen, gedeeltelijk of gehele omkastingen het geluid van het lawaaiproducerende onderdeel af te schermen.

Plaats hulpapparatuur, zoals afzuiginstallaties, filterkasten en compressoren zoveel mogelijk buiten de werkruimten.

Voorkom lawaaiige transportmiddelen.

In rapport "Geluidarm installeren" [2] staat eveneens een aantal aanbevelingen.

12. SLIJPEN VAN GEREEDSCHAP

=====

Gereedschappen zijn onderhevig aan slijtage. Als de gereedschappen in de werkplaats worden geslepen kan dit een extra geluidniveau veroorzaken.

Het slijpen van beitels en frezen met een slijpsteen veroorzaakt in de meeste gevallen in verhouding tot de houtbewerkingsmachines een laag geluidniveau. Hiervoor hoeven geen extra maatregelen te worden getroffen.

Ter voorkoming van extra geluid in de werkplaats, als gevolg van het slijpen van het gereedschap, kunnen enkele maatregelen worden genomen:

- Zet de slijpmachines in een aparte ruimte of scherm de machine af van de rest van de werkplaats.
- Bandzagen worden geslepen op een machine met automatische doorvoer voor de band. Indien het slijpen van de bandzaag met hoge geluidniveaus gepaard gaat kan worden overwogen het slijpgedeelte te voorzien van een gedeeltelijke omkasting. Voor uitvoering hiervan zie [2].
- Cirkelzagen worden geslepen op speciale slijpmachines met een automatische verplaatsing voor het zaagblad. Als gevolg van de wijze van inklemming straalt het zaagblad tijdens het slijpen veel geluid af. Dit kan worden voorkomen door op het zaagblad een magnetische rubberen folie aan te brengen. Na de bewerking kan dit weer worden verwijderd. De slijpmachine kan ook in een omkasting worden geplaatst, zie voor de uitvoering hiervan [2].

Delft, 10 februari 1984

Technisch Fysische Dienst




ir. B. van Steenbrugge A.M. van Noort

LITERATUURLIJST

1. Tukker J.C.
Inventarisatie basiskennis geluidarm construeren, TPD-rapport 307.854,
1983, ICG-project LA-03-02, wordt ICG-rapport LA-HR-03-02, 1984
2. v. Steenbrugge B.
Inventarisatie basiskennis geluidarm installeren, TPD-rapport 307.853,
1983, ICG-project LA-03-01, wordt ICG-rapport LA-HR-03-01, 1984
3. Heydt F., Schwarz H.J.
Geräuschemission von Holzbearbeitungsmaschinen und Massnahmen zur
Lärminderung
Forschungsbericht NR-150, Dortmund 1976
4. Pahlitzsch G., Liegmann E.
Geräuschuntersuchungen an einer Abrichtobelmaschine
Holz als Roh- und Werkstoff (1956, NR-14)
5. Edmondson A.J., Milligan M.W., Speckhart F.H.
Wood Planer Noise
ASME-publication 75-WA/PID-6
6. Heydt F., Schwarz H.J.
Geräuschemission von mehrseitigen Hobel- und Fräsmaschinen für
Holzbearbeitung und Massnahmen zur Lärminderung
Forschungsbericht NR-171, Dortmund 1978
7. Gösele K., Lakalos B.
Minderung des Leerlaufgeräusches bei Abricht-Holzhobelmaschinen
Werkzeugmaschine International (1973, NR-6)
8. Keusch S.
Untersuchung über die Auswirkung verschiedenen Tischlippenkonstruktionen
auf die Schallabstrahlung bei Holzabrichtmaschinen
H.O.B.-1 (1969, NR-27)
9. Fukui H., Kimura S., Yamashrita T.
Noise reduction properties of helical cutting edge in router bit
Faculty of Agriculture, Nagoy University, oct. 1973

10. Stewart J.
A theoretical and experimental study of woodplaner noise and its control
North Carolina State University, Aug. 1972
11. Pahlitzsch G., Eckert U.
Geräuschuntersuchungen an einer Bandsägemaschine
Holz und Kunststoffverarbeitung, 7/75
12. Pahlitzsch G., Friebe E.
Ursachen diskreter Frequenzen im Leerlaufgeräuschspektrum von
Kreissägeblättern
Holz als Roh- und Werkstoff, Januar 1971
13. Friebe E.
Steifheit und Schwingungsverhalten von Kreissägeblätter für die
Holzbearbeitung
Diss. TH Braunschweig, 1973
14. Pahlitzsch G., Rowinski B.
Ermittlung und Auswirkungen der kritischen Drehzahlen und Eigenfrequenzen
der Sägeblätter
Holz als Roh- und Werkstoff, 1966, NR-14
15. Pahlitzsch G., Friebe E.
Kreissägen mit Innerleben
Maschinenmarkt Industrie Journal 1977, NR-17
16. Hutser H., Münz U.V.
Lärminderung an Baustellenkreissägemaschinen
Einfluss Zahnform und Zähnezahl
Institut für Werkzeugforschung, Remscheid, 1982
17. Meins W.
Geräuschuntersuchungen an Kreissägemaschinen für die Holzbearbeitung
Diss. TH Braunschweig, 1963

18. Kirschner F.
Noise reduction at the source with new vibration damping materials
Noise-con 73 proceedings
19. Scherger A.
Geräuschminderung scheibenförmiger Werkzeugen über Verlustfaktor-
steigerung, Maschinenmarkt Würzburg 86, 1980
20. Rowinski B.
Schwingungsverhalten und Schwingungsursachen von Kreissägeblättern
Diss. TH Braunschweig, 1967
21. Heydt F., Schwarz H.J.
Geräuschemission - Geräuschimmission - Lärminderung von Holz-
bearbeitungsmaschinen
Forschungsbericht 209, Dortmund 1979
22. Kramer J., Iping P.J.M.
Lawaaibestrijding op de arbeidsplaatsen
rapport nr. H-80-65
Houtinstituut TNO, februari 1980
23. Manh-Trung Ho, Pierre Mistrot, Jean Claude Serieys
Het geluid van cirkelzagen
De Veiligheid 54, 1978
24. VDI 3740 Blatt 1
Holzbearbeitungsmaschinen, Rahmen-Richtlinie
mei 1982
25. VDI 3740 Blatt 2
Holzbearbeitungsmaschinen, Hobelmaschinen für einseitige Bearbeitung
mei 1982
26. VDI 3740 Blatt 3
Holzbearbeitungsmaschinen, Tischkreissägemaschinen
juni 1983

27. VDI 3740 Blatt 4

Holzbearbeitungsmaschinen, Tischfräsmaschinen
juni 1983

28. W.F. Reiter and R.F. Keltie

On the nature of idling noise of circular sawblades
Journal of Sound and Vibration (1976)

Bijlage A: Geluidniveau in dB(A) van houtbewerkingsmachines gemeten op de bedieningsplaats [3,6,21,22,25,26,27]

De geluidniveaus bij de machines zijn afhankelijk van de plaats in de opstellingsruimte, de aankleding van deze ruimte, de bouw van de machine, het te bewerken materiaal, het gebruikte gereedschap en de gekozen bewerkingsomstandigheden (spaanafname, snijsnelheid etc.). Het is hierdoor onmogelijk over exacte geluidgegevens te beschikken. Geluidgegevens zijn afkomstig van metingen, literatuur of geschat uit vergelijking met overeenkomstige machines of bewerkingen.

type machine	Geluidniveau in dB(A)		opmerking
	onbelast	bewerken	
<u>Schaaf- en freesmachines</u>			
vlakbank	80-105	90-110	
vandiktebank	70-105	85-105	
meerzijdige schaaftank	85-95	90-100	principe vandiktebank
tafelreemachine	75-100	80-100	geluidafstraling machineframe
enkele bovenreemachine	85-95	90-100	
meervoudige ,, ,,	85-95	90-100 (*)	
rondom profielreemach.	85-95	90-100 (*)	
1-zijdige copiereemachine.	85-95	90-100	
2- ,, ,, ,,	85-95	90-100	
4-zijdige reemachine	80-100	85-105	
,, ,,	80-100	85-105	met strooplade
,, ,,	80-100	100	met Rotaplan
,, ,,	80-100	85-105	met vlaktafel

* geschatte geluidniveaus

type machine	geluidniveau in dB(A)		opmerking
	onbelast	bewerken	
<u>Zaagmachines</u>			
lintzaagmachine	75-85	80-90	
bandzaagmachine	75-90	90-100	
blokbandzaagmachine	80-90	90-100	
herzaagmachine	80-90	90-100	
raamzaagmachine	80-90	90-100	
decoupeerzaagmachine	-	-	
enkele afkortzaagmachine	80-95	90-100	
tafelcirkelzaagmachine	75-95	85-100	
enkele platenzaagmachine	75-90	90-100	
verticale platenzaagmach.	80-85	90- 95	
dubbele afkortzaagmach.	80-95	90-100	
meervoudige schulpzaagm.	80-95	90-100	
dubbele platenzaagmach.	80-90	85-100	
<u>Machines voor het maken van gaten</u>			
enkele oscillerende gatensteekmachine	90-100	90-100	
dubbele oscillerende gatensteekmachine	90-100	90-100	
kettingfreemachine	90-100	90-100	

type machine	geluidniveau in dB(A)		opmerking
	onbelast	bewerken	
<u>Schuurmachines</u>			
vlakschuurmachine	80-90	80-95	
walsenschuurmachines	80-90	80-95	
breedband schuurmachines	75-90	85-95	
<u>Eindprofileermachines</u>			
enkele pennenbank	85-100	90-100	afgeronde pen
dubbele ,,	85-100	90-100	,, ,,
enkele ,,	85-100	90-100	rechte pen
dubbele ,,	85-100	90-100	,, ,,
enkele contramalbank	85-100	90-100	
dubbele ,,	85-100	90-100	
alleskunner		92-107	
enkele formaatzaagmachine met kettingaanvoer	80-100	90-105	
dubbele formaatzaagmachine met kettingaanvoer	80-100	90-105	
<u>Afvalverkleiningsmachines</u>			
hamermolen	90-100	90-100	
trommelhakker	90-100	90-100	
beitelblokverspaner	90-100	90-100	