



PlanMER Nationaal Programma Ruimte voor Defensie

Nadere analyse Behoefte IV
*Geluid- en
trillingsonderzoek
Kollumerwaard en Lelystad*

Bijlage B11

Antea Group

Understanding today.
Improving tomorrow.

projectnummer 0486487.100

1 mei 2025

PlanMER Nationaal Programma Ruimte voor Defensie

Bijlage B11 - Nadere analyse behoefte IV - Geluid- en trillingsonderzoek Kollumerwaard en Lelystad

projectnummer 0486487.100

1 mei 2025

Opdrachtgever

Ministerie van Defensie

datum	beschrijving	vrijgave
1 mei 2025	Definitief	Antea Group

Notitie

www.tno.nl

arno.eisses@tno.nl

+31651375382

Aan Antea Group
t.a.v. Peter Verhoeven

Van Erik Salomons, Arno Eisses

Onderwerp Prognose van geluid en trillingen voor twee
mogelijke locaties voor een nieuw springterrein:
Zoutkamp en Lelystad

Datum

27 januari 2025

Prognose van geluid en trillingen voor twee mogelijke locaties voor een nieuw springterrein: Zoutkamp en Lelystad

Inhoudsopgave

1 Inleiding	2
2 Aanpak	2
3 Beoordelingskader	3
4 Rekenmethodes	4
5 Resultaten voor locatie Zoutkamp	5
6 Resultaten voor locatie Lelystad	9
7 Conclusies	11

Bijlage A: Locaties Zoutkamp en Lelystad

Bijlage B: Geluidbronnen op het springterrein

Bijlage C: Rekenmethode voor geluid

Bijlage D: Rekenmethode voor trillingen

Bijlage E: Resultaten van berekeningen voor geluid

Bijlage F: Resultaten van berekeningen voor trillingen

1. Inleiding

Defensie is op zoek naar een locatie voor een tweede springterrein in Nederland, naast springterrein Schaijk. Er zijn vijf mogelijke locaties geselecteerd. Inmiddels zijn drie van de vijf locaties onwaarschijnlijk geworden. Om te beoordelen of de resterende twee locaties geschikt zijn, heeft TNO berekeningen uitgevoerd van geluid en trillingen in de omgeving van de locaties.

Het gaat om de volgende twee locaties:

- locatie bij Zoutkamp, aan de Willem van de Ploegweg in Munnekezijl,
- locatie in Flevoland, aan de Meeuwenweg bij Lelystad.

De resultaten van de berekeningen worden gepresenteerd in deze notitie. In de bijlagen staan details van de berekeningen. De twee locaties worden kortweg aangeduid als 'locatie Zoutkamp' en 'locatie Lelystad'.

2. Aanpak

We zijn ervan uitgegaan dat de voorgenomen bedrijfsvoering¹ op springterrein Schaijk 'gekopieerd' wordt naar het nieuwe springterrein. Er zijn rekenmodellen gemaakt voor de locaties Lelystad en Zoutkamp, en de geluidbronnen en afscherpende objecten van springterrein Schaijk zijn in deze modellen ingevoerd.

Vervolgens is gekeken waar de nabijgelegen woningen op de twee locaties liggen, met behulp van de BAG (Basisregistratie Adressen en Gebouwen). Voor deze woningen zijn berekeningen uitgevoerd van geluidniveaus ($B_{s,dan}$) en trillingsniveaus.

Figuur 1 toont een plattegrond van springterrein Schaijk. Explosieven worden gebruikt op vier plaatsen op het springterrein:

- binnen de 10 m hoge springwal,
- in het springbassin (explosies onder water),
- in het breach house,
- in de drie bunkers.

De vier plaatsen zijn aangegeven op de plattegrond. De meeste explosies vinden plaats binnen de springwal. Deze bestaat uit een 8 m hoge aarden wal, met daarop een 2 m hoog houten scherm. Van boven gezien heeft de springwal de vorm van een hark met vier tanden.

In bijlage B staat de lijst van geluidbronnen die worden gebruikt op het springterrein. De lijst is overgenomen van een geluidonderzoek van TNO aan springterrein Schaijk in 2024/2025. Bij de meeste bronnen gaat het om explosieven met verschillende waarden van het NEG (netto explosief gewicht). In de bijlage zijn ook de aantallen explosies per jaar gegeven, en de plaatsen op het springterrein waar de explosies plaatsvinden. Alle explosies vinden plaats in de dagperiode (7-19h).

¹ Dit is de situatie op springterrein Schaijk waarvoor een nieuwe vergunning wordt voorbereid. Hierbij wordt meer geluidruimte gevraagd dan de vigerende vergunning toelaat.

3. Beoordelingskader

Voor geluid geldt een voorkeursgrenswaarde voor de geluidbelasting bij geluidgevoelige bestemmingen (wonen, onderwijs en gezondheidszorg) van 50 dB. Als geen effectieve maatregelen mogelijk of 'doelmatig' zijn, is een geluidbelasting van maximaal 55 dB (met onderbouwing) vergunbaar. Voor drie defensierterreinen in Nederland (ASK, ISK en Schaijk) is de maximale waarde 60 dB.

Voor de beoordeling van trillinghinder bij vergunningverlening zijn geen wettelijke normen vastgesteld. Bij de beoordeling daarvan heeft het bevoegd gezag beoordelingsruimte². Wel bestaan er voor vergunningplichtige inrichtingen hulpmiddelen zonder wettelijke status voor het beoordelen van trillinghinder. De meest gebruikte hulpmiddelen zijn de SBR-richtlijn B³ en de *Handreiking industrielawaai en vergunningverlening 1998*⁴. Deze hulpmiddelen kunnen en hoeven niet persé als uitgangspunt te worden gebruikt bij het beoordelen van trillinghinder⁵.

Experts lijken het erover eens te zijn dat bovenstaande richtlijnen niet geschikt zijn voor de beoordeling van hinder door trillingen als gevolg van de activiteiten op oefenterreinen van Defensie waarbij herhaaldelijk explosies plaatsvinden. Dit probleem speelde in 2024 bij de vergunningaanvraag voor het Artillerie-schietkamp (ASK). TNO heeft toen voor de beoordeling van trillingen als gevolg van zware wapens en explosieven extern advies gevraagd bij Level Acoustics & Vibration (LAV). LAV is gekozen omdat dit bedrijf nauw betrokken is bij het bepalen en beoordelen van trillingen van spoorwegen en hiermee al enige jaren ervaring heeft opgedaan. De opdracht van TNO heeft LAV ruim opgevat, wat heeft geresulteerd in een voorstel voor een richtlijn voor de beoordeling van de blootstelling van mensen aan trillingen 'met een schokachtig karakter', waarbij de schok herhaald voorkomt. De schok is de trilling van een vloer, die dermate kort is dat er geen resonantie in de vloer optreedt.

De resultaten van de berekeningen in deze notitie worden vergeleken met de door LAV voorgestelde grenswaarden. Het gaat dan om de grenswaarden voor nieuwe situaties, die lager zijn dan de grenswaarden voor bestaande situaties. Daardoor vinden er voor de beoogde locaties die in deze notitie zijn onderzocht eerder overschrijdingen van de grenswaarden plaats dan bij woningen rondom het bestaande springterrein Schaijk.

² ABRvS 12 december 2007, ECLI:NL:RVS:2007:BB9936, ro. 2.33; en ABRvS 5 juni 2013, ECLI:NL:RVS:2013:CA2095, ro. 4.

³ SBR-richtlijn B: Meet- en Beoordelingsrichtlijn, deel B, Hinder voor personen in gebouwen, augustus 2013 (978-90-5367-429-1).

⁴ Handreiking industrielawaai en vergunningverlening, ministerie VROM, 1998

⁵ Rb. Gelderland 14 juli 2016, ECLI:NL:RBGEL:2016:3854, ro. 5.3.

4. Rekenmethodes

Voor geluid is de rekenmethode gebruikt die beschreven is in de *Handleiding ter bepaling van de geluidbelasting ten gevolge van schietactiviteiten* (zie bijlage C). De geluidbelasting wordt gerepresenteerd door de grootheid $B_{s,dan}$.

Voor trillingen is een recent ontwikkelde rekenmethode⁶ gebruikt, die wordt samengevat in bijlage D. Uitgangspunt hierbij is dat de trillingen in een woning worden veroorzaakt door laag-frequent geluid dat op de gevel van de woning valt. De trillingssnelheden worden bepaald op basis van berekende laagfrequente geluidniveaus bij de woning. Voor de geluidoverdracht van de bronnen op het springterrein naar de woningen worden elementen uit de rekenmethode voor schietgeluid toegepast.

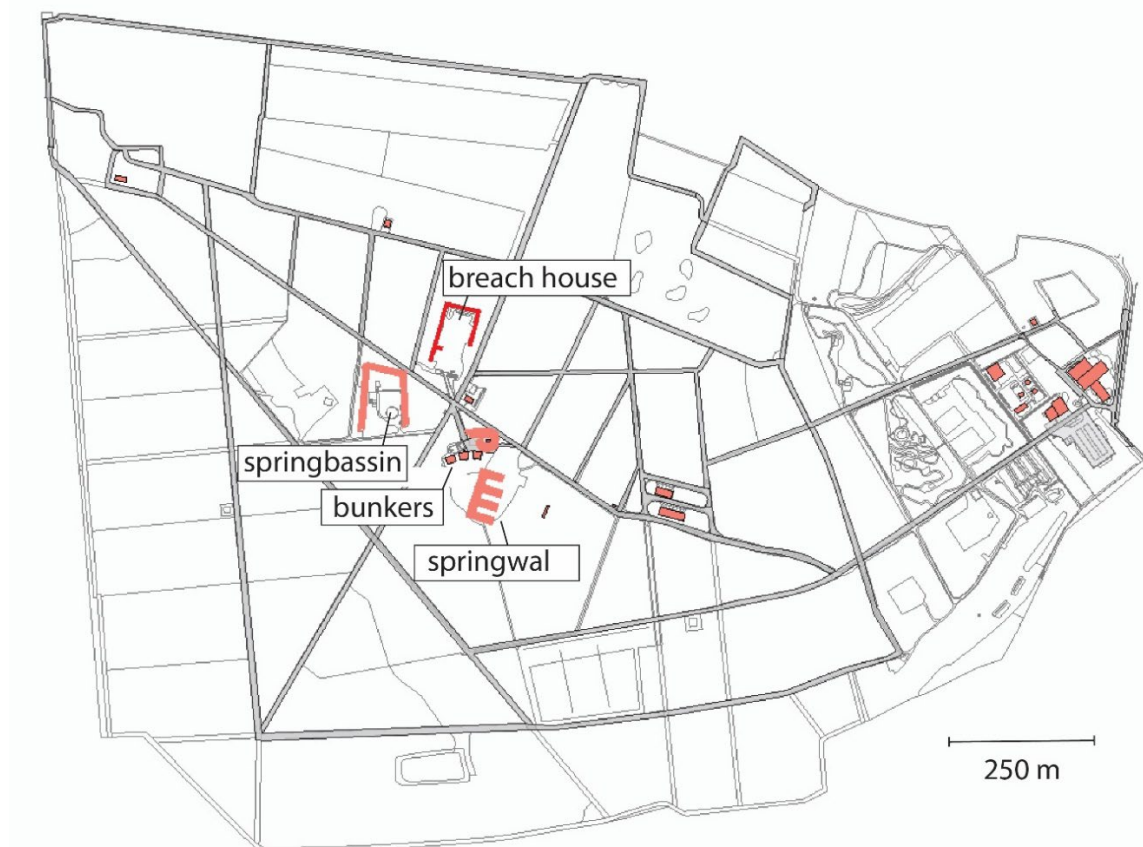
Bij de berekeningen bleken veel overschrijdingen op te treden van de grenswaarde voor hinder door de trillingen. Daarom is hier een verfijning toegepast van de oorspronkelijke rekenmethode voor trillingen. Door de verfijning werd het aantal overschrijdingen voor locatie Zoutkamp met een factor twee gereduceerd. De verfijning heeft te maken met de invloed van de atmosfeer op geluidoverdracht: in het algemeen zijn geluidniveaus bij meewind (wind van de bron naar de waarnemer) hoger dan geluidniveaus bij tegenwind. Dit wordt nader beschreven in bijlage D.

⁶ Notitie TNO 2024 M06059714-03. Beoordeling trillingsniveaus in woningen nabij het ASK voor de kans op schade en hinder, juli 2024.

5. Resultaten voor locatie Zoutkamp

5.1 Geluid

De mogelijke locatie voor het nieuwe springterrein bij Zoutkamp ligt aan de Willem van der Ploegweg in Munnekezijl (zie bijlage 1). Figuur 2 toont een kaart van de locatie, met daarop aangegeven de bronnen en objecten die zijn overgenomen van springterrein Schaijk. Figuur 3 toont een kaart van de omgeving, met daarop aangegeven de veertien woningen waarvoor gerekend is. De woningen 1 tot 7 staan ook op de kaart in figuur 2.

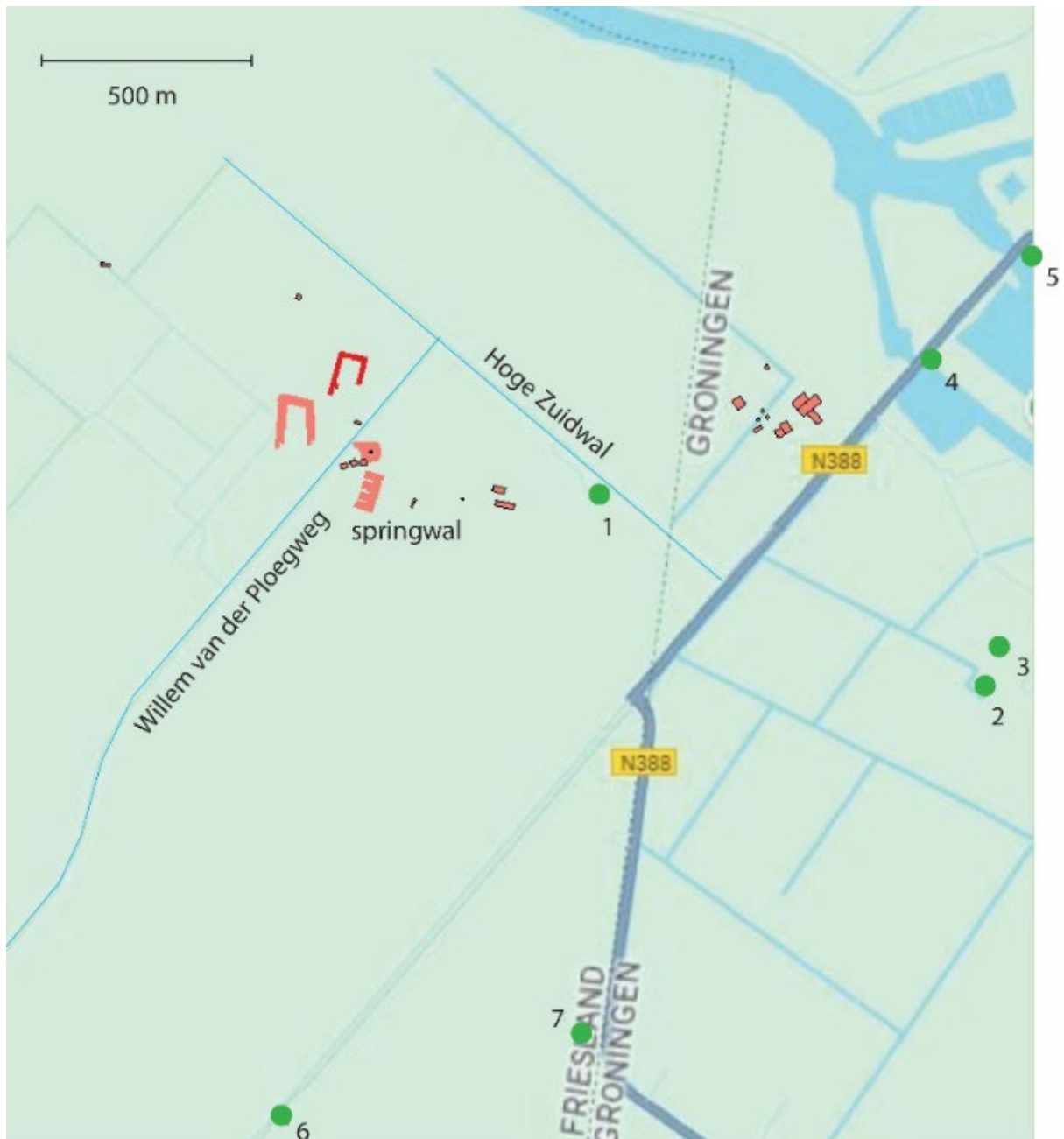


Figuur 1: Plattegrond van springterrein Schaijk, met de vier plaatsen waar explosies plaatsvinden: de springwal, het springbassin, de drie bunkers, en het breach house.

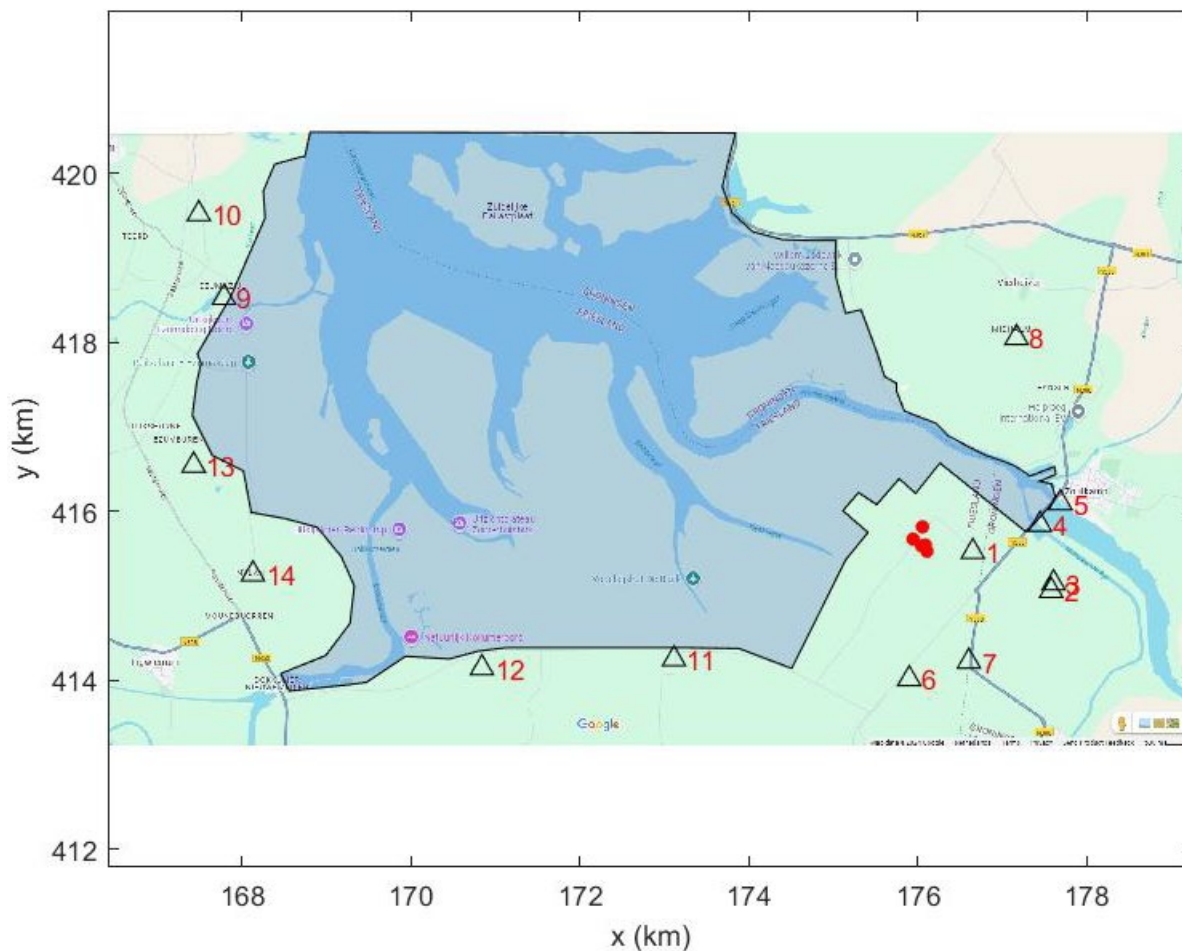
Bij de berekeningen is de oriëntatie van de springwal afgestemd op de plaats van de dichtstbijzijnde woningen. Deze woningen liggen vooral aan de zuidoostkant van het springterrein (woningen 1, 2 en 3). Daarom is de springwal 180 graden gedraaid ten opzichte van de oriëntatie op springterrein Schaijk (in figuur 1), zodat de open zijde van de 'hark' gericht is naar het noordwesten. Zie bijlagen C en E.

De woningen 9 en 10 liggen op een afstand van ongeveer 9 km van het springterrein. In het rekenmodel is een akoestisch reflecterend bodemvlak ingevoerd (blauw). Dit bodemvlak representeert moerasachtig land dat regelmatig onder water staat.

De berekende waarden van de geluidbelasting $B_{s,dan}$ voor de veertien woningen staan in tabel 1. Er zijn twee woningen waar de voorkeursgrenswaarde van 50 dB wordt overschreden: woning 1 met 61 dB en woning 4 met 51 dB. De geluidbelasting bij de andere woningen is 50 dB of lager. In bijlage 5 zijn berekende geluidcontouren weergegeven.



Figuur 2: Kaart van locatie Zoutkamp, met woningen 1 tot 7 (groene rondjes).



Figuur 3: Plattegrond van de omgeving van locatie Zoutkamp, met woningen 1 tot 14 (driehoekjes). De rode stippen zijn de locaties van de geluidbronnen.

Tabel 1: Geluidbelasting $B_{s,dan}$ bij de veertien woningen voor locatie Zoutkamp.

woning	$B_{s,dan}$ (dB)	woning	$B_{s,dan}$ (dB)
1 Hooge Zuidwal 1, Munnekezijl	61	8 Midhalmerweg 11, Het Hogeland	42
2 Nittersweg 2, Lauwerzijl	48	9 Ezumazijl 3, Eanjum	45
3 Nittersweg 3, Lauwerzijl	48	10 Healbeamswei 7, Eanjum	37
4 Nittersweg 5, Lauwerzijl	51	11 Ooster-Nieuwkrusland 8, Warfstermolen	43
5 Reitdiepskade 1, Zoutkamp	49	12 Kwelderweg 2, Kollumerpomp	42
6 Nittersweg 1, Munnekezijl	49	13 Nijlân 9, Ingwierrum	40
7 Stadsweg 55, Munnekezijl	50	14 Nijlân 10, Ingwierrum	37

5.2 Trillingen

Vervolgens hebben we berekeningen uitgevoerd van trillingssnelheden ($V_{\text{eff,max}}$) in de woningen, volgens de rekenmethode beschreven in bijlage D. De trillingen in de woningen ontstaan door laagfrequent geluid dat ter plaatse van de woningen de bodem en de gevel aanstoot. Maatgevend voor de trillingen is het laagfrequente geluidexpositieniveau ($L_{E,1-100\text{Hz}}$) op de gevel.

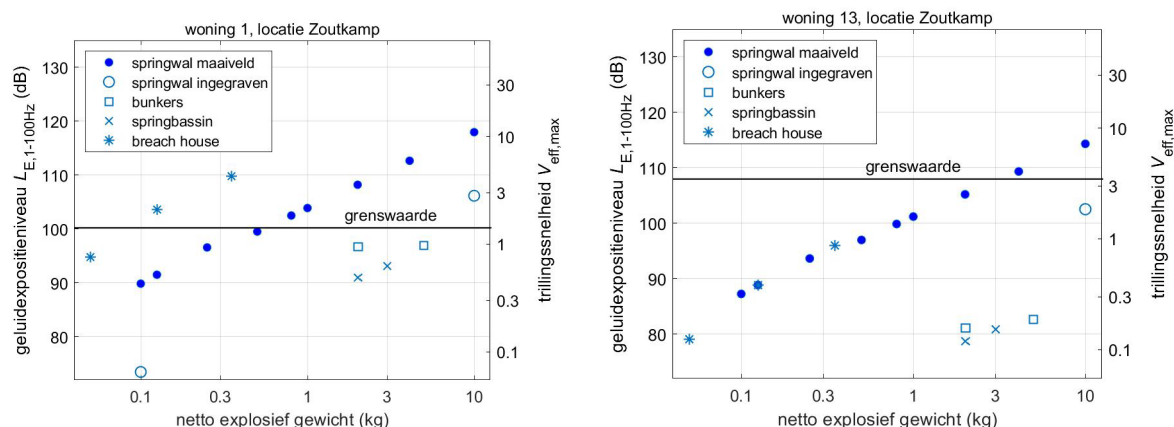
De trillingen kunnen schade en hinder veroorzaken. Om dit te voorkomen zijn grenswaarden gedefinieerd voor schade en hinder. De grenswaarde voor hinder is afhankelijk van het aantal knallen dat een bepaalde grens van de trillingssnelheid overschrijdt. Dit aantal is groter naarmate de waarden van het geluidexpositieniveau $L_{E,1-100\text{Hz}}$ hoger zijn. Er is dus niet een vaste grenswaarde voor de hinder door trillingen.

De resultaten van de berekeningen voor trillingen staan in bijlage F. De berekende grenswaarden voor $V_{\text{eff,max}}$ voor de veertien woningen liggen tussen 1,4 en 3,5. De corresponderende grenswaarden voor het geluidexpositieniveau $L_{E,1-100\text{Hz}}$ liggen tussen 100 en 108 dB.

Figuur 4 toont de resultaten van de berekeningen voor woning 1 en woning 13. De berekende waarden van $L_{E,1-100\text{Hz}}$ en $V_{\text{eff,max}}$ zijn weergegeven als functie van het netto explosief gewicht (NEG). Voor woning 1 zijn er acht bronnen die de grenswaarde overschrijden: vijf explosieven op maaiveld in de springwal, een ingegraven explosief in de springwal, en twee explosieven in het breach house. Voor woning 13 zijn er twee bronnen die de grenswaarde overschrijden. Uit de grafieken blijkt dat ingraven van een explosief de kans op hinder door trillingen aanzienlijk vermindert, maar voor het zwaarste explosief (10 kg NEG) wordt de grenswaarde bij woning 1 toch nog overschreden.

Er zijn in totaal 23 bronnen. Uit de resultaten in bijlage F blijkt dat voor één van de 23 bronnen geldt dat de grenswaarde wordt overschreden bij alle 14 woningen. Dit is bron 41, met 10 kg NEG (zie bijlage B). Voor zeven van de 23 bronnen treedt overschrijding op bij een deel van de woningen. De resterende vijftien bronnen veroorzaken geen overschrijding.

Voor schade door trillingen gaan we uit van een grenswaarde van 105 dB voor het geluidexpositieniveau $L_{E,1-100\text{Hz}}$. Deze ligt in alle gevallen boven de grenswaarde voor hinder, dus de grenswaarde voor hinder is maatgevend.



Figuur 4: Resultaten van de berekeningen voor hinder door trillingen, voor woning 1 (links) en woning 13 (rechts). De resultaten voor alle veertien woningen staan in tabel F4 in bijlage F.

6. Resultaten voor de locatie Lelystad

6.1 Geluid

De mogelijke locatie voor het nieuwe springterrein in Flevoland ligt aan de Meeuwenweg in Lelystad (zie bijlage A). Figuur 5 toont een kaart van de locatie, met daarop aangegeven de bronnen en objecten die zijn overgenomen van springterrein Schaijk. Ook aangegeven zijn de zestien woningen waarvoor gerekend is.

De berekende waarden van de geluidbelasting $B_{s,dan}$ bij de zestien woningen staan in tabel 2. Er zijn drie woningen met een geluidbelasting hoger dan 60 dB en twaalf woningen met een geluidbelasting hoger dan 50 dB. De hoogste geluidbelasting treedt op bij woning 5, die vlak bij de springwal ligt. In bijlage E zijn berekende geluidcontouren weergegeven.



Figuur 5: Kaart van locatie aan de Meeuwenweg (Lelystad), met woningen 1 tot 16 (groene rondjes).

Tabel 2: Geluidbelasting $B_{s,dan}$ bij de zestien woningen voor locatie Lelystad.

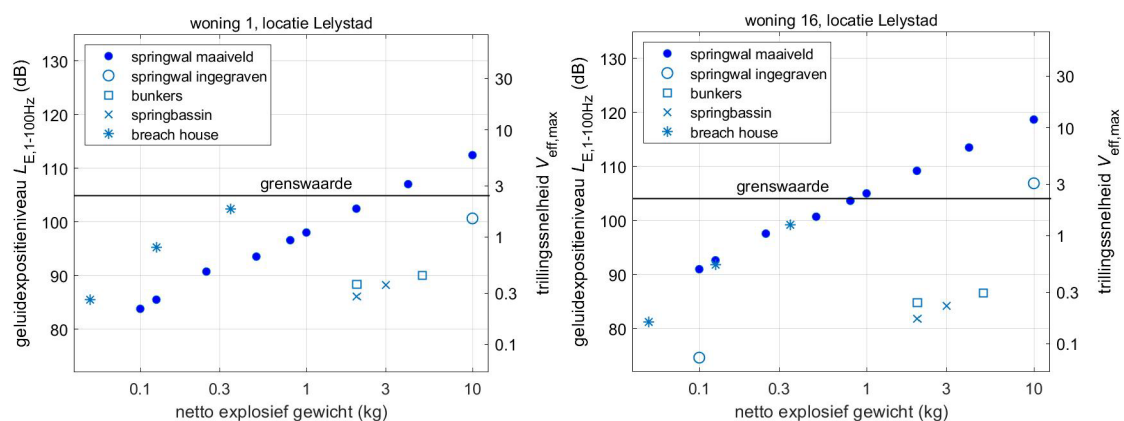
woning	$B_{s,dan}$ (dB)	woning	$B_{s,dan}$ (dB)
1 Meeuwenweg 28, Lelystad	49	9 Meeuwenweg 7, Lelystad	49
2 Meeuwenweg 23, Lelystad	53	10 Meeuwenweg 8, Lelystad	48
3 Meeuwenweg 22, Lelystad	60	11 Vogelweg 20, Lelystad	52
4 Meeuwenweg 19, Lelystad	71	12 Vogelweg 14, Lelystad	51
5 Meeuwenweg 18, Lelystad	81	13 Vogelweg 10, Lelystad	48
6 Meeuwenweg 13, Lelystad	65	14 Pijlstaartweg 14, Lelystad	54
7 Meeuwenweg 12, Lelystad	57	15 Pijlstaartweg 9, Lelystad	53
8 Meeuwenweg 9, Lelystad	55	16 Pijlstaartweg 10, Lelystad	53

6.2 Trillingen

Voor locatie Lelystad hebben we berekeningen uitgevoerd van trillingssnelheden $V_{eff,max}$ in de woningen, op dezelfde wijze als voor locatie Zoutkamp (zie paragraaf 5.2). De resultaten van de berekeningen staan in bijlage F.

De berekende grenswaarden voor $V_{eff,max}$ liggen tussen 1,3 en 2,4. De corresponderende grenswaarden voor $L_{E,1-100Hz}$ liggen tussen 100 en 105 dB.

Figuur 6 toont de resultaten van de berekeningen voor woning 1 en woning 16. De berekende waarden van $L_{E,1-100Hz}$ en $V_{eff,max}$ zijn weergegeven als functie van het netto explosief gewicht (NEG). Voor woning 1 zijn er twee bronnen die de grenswaarde overschrijden: twee explosieven op maaiveld in de springwal. Voor woning 16 zijn er vijf bronnen die de grenswaarde overschrijden. Net als bij locatie Zoutkamp worden de trillingen aanzienlijk verminderd door ingraven van een explosief, maar voor het zwaarste explosief (10 kg NEG) wordt de grenswaarde bij woning 16 toch nog overschreden.



Figuur 6: Resultaten van de berekeningen voor hinder door trillingen, voor woning 1 (links) en woning 16 (rechts). De resultaten voor alle zestien woningen staan in tabel F9 in bijlage F.

Uit de resultaten in bijlage F blijkt dat voor twee van de 23 bronnen geldt dat de trillingen de grenswaarde overschrijden bij alle zestien woningen. Dit zijn de bronnen 39 en 41, met respectievelijk 4,1 en 10 kg springstof (zie bijlage B). Voor achttien van de 23 bronnen treedt overschrijding op bij een deel van de woningen. De resterende drie bronnen veroorzaken geen overschrijding.

7. Conclusies

Uit de resultaten van dit onderzoek blijkt dat de grenswaarde voor trillingen bij veel woningen worden overschreden. Dit geldt voor beide mogelijke locaties, zowel bij Zoutkamp als bij Lelystad. Voor geluid wordt de voorkeursgrenswaarde van 50 dB $B_{s,dan}$ ook overschreden bij een aantal woningen.

De berekende waarden van de geluidbelasting $B_{s,dan}$ bij woningen rond de locatie bij Zoutkamp zijn minder hoog dan bij Lelystad. Bij Zoutkamp is er één woning met een geluidbelasting van 61 dB, één woning met een geluidbelasting van 51 dB, terwijl bij de andere woningen de voorkeursgrenswaarde van 50 dB niet wordt overschreden. Bij Lelystad zijn er drie woningen met een geluidbelasting hoger dan 60 dB en twaalf woningen met een overschrijding van de voorkeursgrenswaarde van 50 dB.

Het laagfrequente geluid van de explosieven veroorzaakt trillingen in de woningen. Voor veel van de gebruikte explosieven geldt dat de grenswaarde voor hinder door trillingen wordt overschreden. Hierbij is uitgegaan van de grenswaarde voor nieuwe situaties. De hoogste waarden van de trillingsnelheid zijn afkomstig van explosieven in de springwal met 4,1 en 10 kg NEG (netto explosief gewicht). Ingraven van de explosieven reduceert het geluid en de trillingen aanzienlijk.

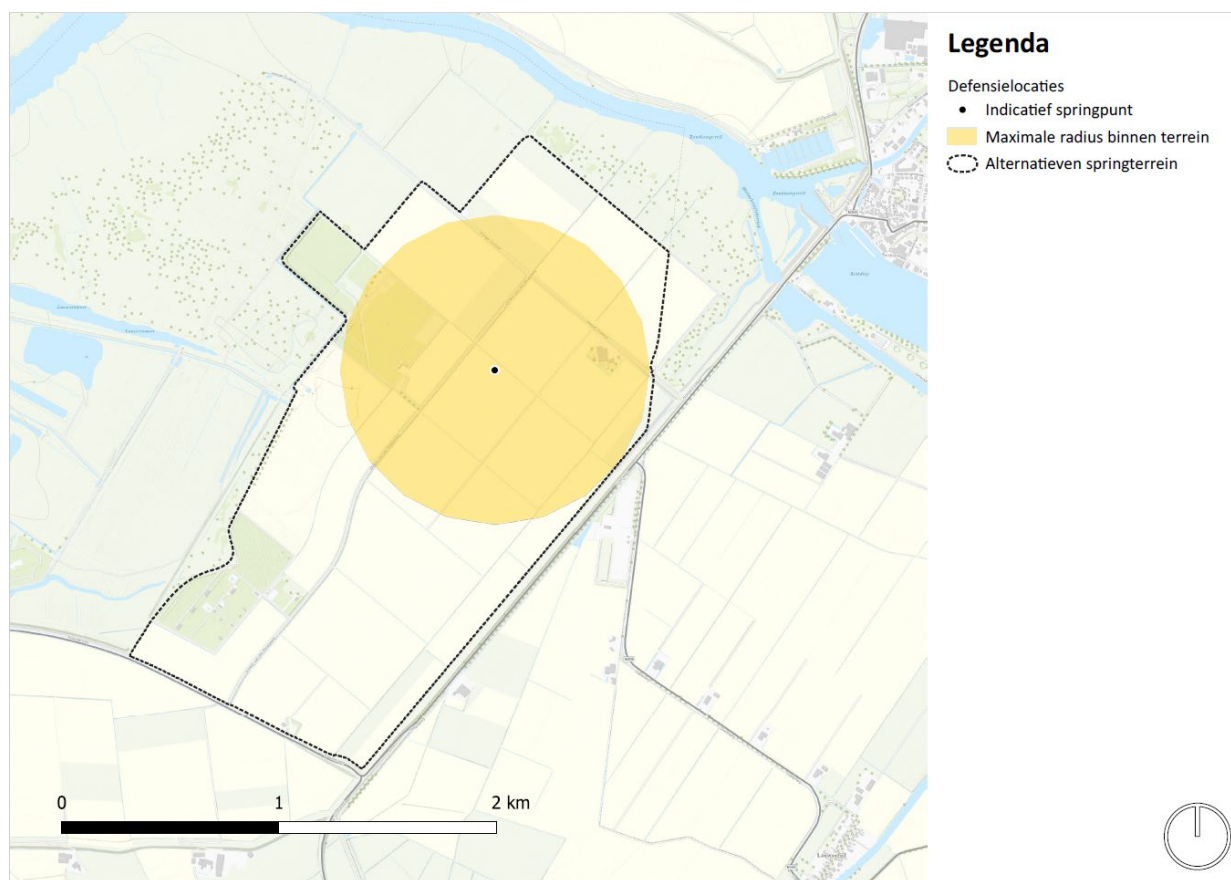
Op de locatie bij Zoutkamp zorgt één van de 23 explosieven voor een overschrijding bij alle veertien woningen. Zeven van de 23 explosieven zorgen voor een overschrijding bij een deel van de woningen. De resterende vijftien explosieven veroorzaken geen overschrijding.

Op de locatie bij Lelystad zorgen twee van de 23 explosieven voor een overschrijding bij alle zestien woningen. Achttien van de 23 explosieven zorgen voor een overschrijding bij een deel van de woningen. De resterende drie explosieven veroorzaken geen overschrijding.

BIJLAGE A

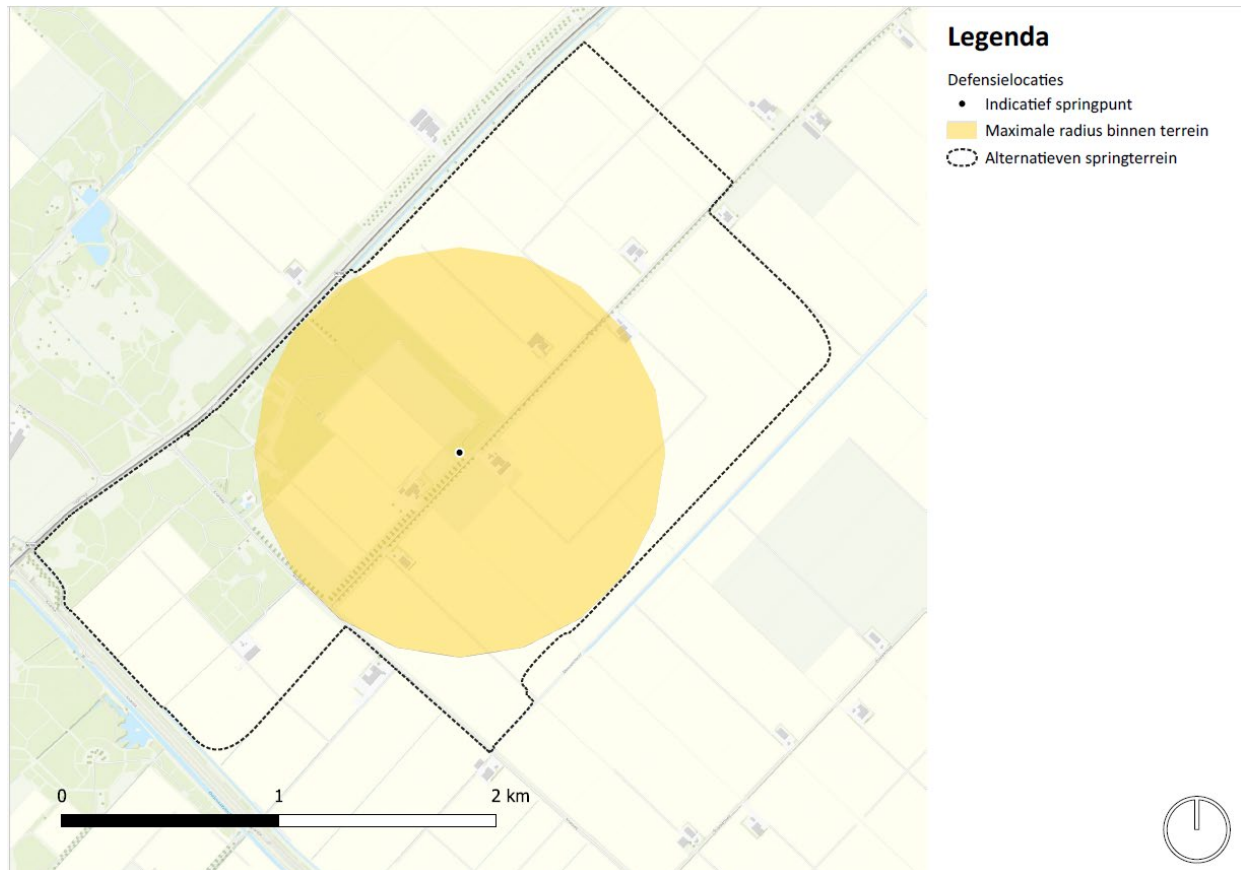
Locaties bij Zoutkamp en Lelystad

Voor de mogelijke locatie bij Zoutkamp zijn we uitgegaan van het cirkelvormige gebied op de kaart in figuur A1, afkomstig van Antea. De bronnen en objecten van springterrein Schaijk zijn naar dit gebied 'gekopieerd', zodanig dat de springwal op het middelpunt van de cirkel ligt. De coördinaten van de veertien woningen voor locatie Zoutkamp zijn gegeven in tabel A1.



Figuur A1: Kaart van locatie Zoutkamp, afkomstig van Antea. Het middelpunt van de cirkel ligt ongeveer 200 m ten oosten van de Willem van der Ploegweg in Munnekezijl, ten zuidwesten van Zoutkamp.

Voor locatie Lelystad zijn we uitgegaan van het cirkelvormige gebied op de kaart in figuur A2, afkomstig van Antea. De bronnen en objecten van springterrein Schaijk zijn naar dit gebied 'gekopieerd', zodanig dat de springwal op het middelpunt van de cirkel ligt. De coördinaten van de zestien woningen voor locatie Lelystad zijn gegeven in tabel A2.



Figuur A2: Kaart van locatie bij Lelystad, afkomstig van Antea. Het middelpunt van de cirkel ligt op de Meeuwenweg in Lelystad.

Tabel A1: Coördinaten (rijksdriehoeksstelsel) van de veertien woningen voor de locatie bij Zoutkamp.

Woning	X (m)	Y (m)
1 Hooge Zuidwal 1, Munnekezijl	176.652	415.522
2 Nittersweg 2, Lauwerzijl	177.581	415.060
3 Nittersweg 3, Lauwerzijl	177.609	415.151
4 Nittersweg 5, Lauwerzijl	177.448	415.844
5 Reitdiepskade 1, Zoutkamp	177.690	416.099
6 Nittersweg 1, Munnekezijl	175.899	414.015
7 Stadsweg 55, Munnekezijl	176.606	414.222
8 Midhalmerweg 11, Het Hogeland	177.170	418.056
9 Ezumazijl 3, Eanjum	167.783	418.532
10 Healbeamswei 7, Eanjum	167.484	419.522
11 Ooster-Nieuwkruisland 8, Warfstermolen	173.113	414.251
12 Kwelderweg 2, Kollumerpomp	170.838	414.145
13 Nijlân 9, Ingwierrum	167.423	416.545
14 Nijlân 10, Ingwierrum	168.126	415.257

Tabel A2: Coördinaten (rijksdriehoeksstelsel) van de zestien woningen voor de locatie bij Lelystad.

woning	X (m)	Y (m)
1 Meeuwenweg 28, Lelystad	175.088	414.530
2 Meeuwenweg 23, Lelystad	175.418	414.715
3 Meeuwenweg 22, Lelystad	175.644	415.167
4 Meeuwenweg 19, Lelystad	176.019	415.308
5 Meeuwenweg 18, Lelystad	176.076	415.624
6 Meeuwenweg 13, Lelystad	176.464	415.820
7 Meeuwenweg 12, Lelystad	176.695	416.252
8 Meeuwenweg 9, Lelystad	176.890	416.250
9 Meeuwenweg 7, Lelystad	177.277	416.652
10 Meeuwenweg 8, Lelystad	177.269	416.821
11 Vogelweg 20, Lelystad	175.155	416.201
12 Vogelweg 14, Lelystad	175.804	416.789
13 Vogelweg 10, Lelystad	176.231	417.205
14 Pijlstaartweg 14, Lelystad	177.632	414.275
15 Pijlstaartweg 9, Lelystad	177.914	414.415
16 Pijlstaartweg 10, Lelystad	178.052	414.719

BIJLAGE B

Geluidbronnen op het springterrein

Bij geluidberekeningen wordt de geluidemissie van een bron gerepresenteerd door een bronspectrum. Het bronspectrum bestaat uit geluidexpositieniveaus voor de negen octaafbanden 16 Hz – 4 kHz. TNO heeft een database van bronspectra voor een groot aantal vuurwapens en explosieven. De database is gebaseerd op geluidmetingen door TNO.

In tabel B1 staan de geluidbronnen waarvan is uitgegaan voor het hier beschreven onderzoek. De lijst is overgenomen uit een geluidonderzoek van TNO aan springterrein Schaijk in 2024/2025.

Tabel B1: Geluidbronnen waar in dit onderzoek vanuit is gegaan. Gegeven zijn i) NEG van de explosieven (en een vuurwapen: bron 30), ii) de aantallen explosies of schoten per jaar, en iii) de plaatsen op het springterrein waar de explosies of schoten plaatsvinden.

NEG explosief / vuurwapen	aantal explosies / schoten per jaar	plaats op het springterrein
1) NEG 1 g	2000	springwal
2) NEG 500 g	500	springwal
3) NEG 250 g	100	springwal
4) NEG 100 g	100	springwal
5) NEG 100 g, 30 cm ingegraven	200	springwal
6) NEG 10 kg, 100 cm ingegraven	100	springwal
8) NEG 125 g	900	springwal
9) NEG 125-250 g	500	springwal
10) NEG 250-500 g	500	springwal
11) NEG 2000 g	600	bunker S3
12) NEG 5000 g	1200	bunkers S1 en S2
13) NEG 300-800 g	500	springwal
15) NEG 2000 g	105	springwal
18) NEG 1000 g	85	springwal
25) NEG 2000 g onder water	250	springbassin
26) NEG 350 g	100	breach house
27) NEG 125 g	750	breach house
28) NEG 50 g	750	breach house
29) NEG 25 g	750	breach house
30) operationele munitie (Shotgun)	2000	breach house
39) NEG 3000-4100 g	45	springwal
40) NEG 3000 g onder water	15	springbassin
41) NEG 10 kg	20	springwal

Er zijn 23 verschillende geluidbronnen, die hier genummerd zijn op dezelfde wijze als in het geluid-onderzoek aan springterrein Schaijk. Bij 22 bronnen gaat het om explosieven met verschillende waarden van het NEG (netto explosief gewicht). Bij één bron gaat het om het vuurwapen Shotgun, waarmee wordt geschoten in het breach house.

Bij sommige bronnen is een interval van het NEG aangegeven. Voor het geluid van deze bronnen wordt uitgegaan van de hoogste waarde van het interval. Bijvoorbeeld, voor bron 39 is het interval 3000 – 4100 g, en er wordt uitgegaan van de waarde van 4100 g.

In de tabel zijn ook de aantallen explosies per jaar gegeven, en de plaatsen op het springterrein waar de explosies plaatsvinden. Alle explosies vinden plaats in de dagperiode (7-19h).

BIJLAGE C

Rekenmethode voor geluid

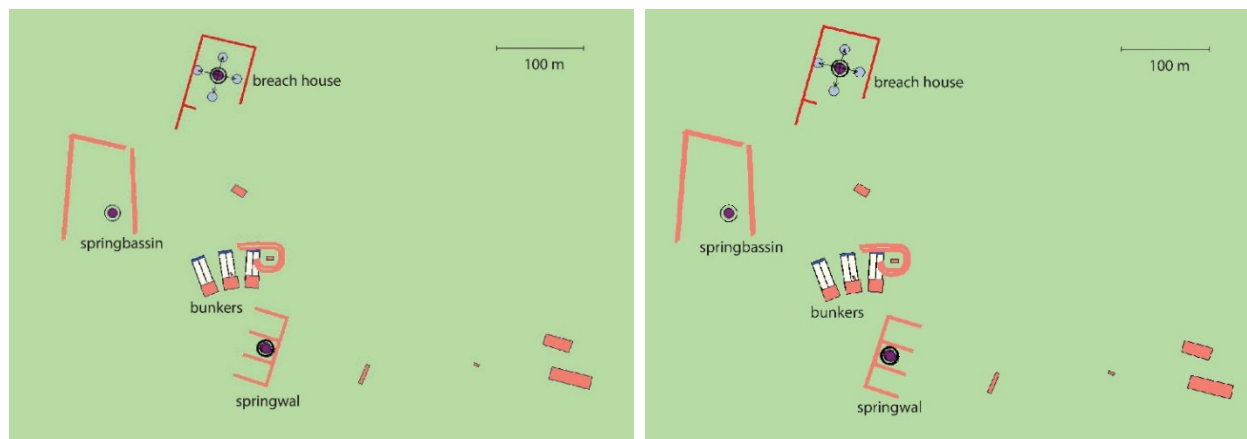
De geluidbelasting $B_{s,dan}$ is bepaald volgens de rekenmethode beschreven in de *Handleiding ter bepaling van de geluidbelasting ten gevolge van schietactiviteiten* [1]. De rekenmethode is opgenomen in bijlage 9 van de Activiteitenregeling milieubeheer [2].

De geluidbelasting is bepaald met het door TNO ontwikkelde rekenprogramma Cogel-Bs, versie 6.0.2.12. Dit programma rekent volgens de procedure die beschreven is in referenties [1] en [2].

Figuur C1 toont een afbeelding van het Cogel-model voor de locatie Zoutkamp. Figuur C2 toont een afbeelding van het Cogel-model voor de locatie Lelystad. Voor Zoutkamp is de springwal gedraaid over 180° (zie paragraaf 3), terwijl voor Lelystad de originele oriëntatie van de springwal op springterrein Schaijk is aangehouden.

Op het terrein bevinden zich de volgende afschermende / reflecterende objecten.

- Springwal:
 - 8 m hoge aarden wal + 2 m hoog scherm,
 - tophoek 40 graden
 - absorberend
- Wal rond springbassin:
 - hoogte 2 m (oost en west) / hoogte 3 m (noord),
 - tophoek 60 graden
 - absorberend
- Scherm rond breach house
 - hoogte 4,3 m
 - absorberend
- Wal munitie-uitgifte (nabij bunkers)
 - hoogte 3 m
 - tophoek 60 graden
 - absorberend
- Bunkers S1 (west), S2 (midden), S3 (oost)
 - Hoogte 5,75 m
 - reflecterend
- Diverse gebouwen op het terrein
 - reflecterend



Figuur C1: Afbeelding van het rekenmodel voor geluid op de locaties bij Zoutkamp (links) en Lelystad (rechts). Het enige verschil is de oriëntatie van de springwal.

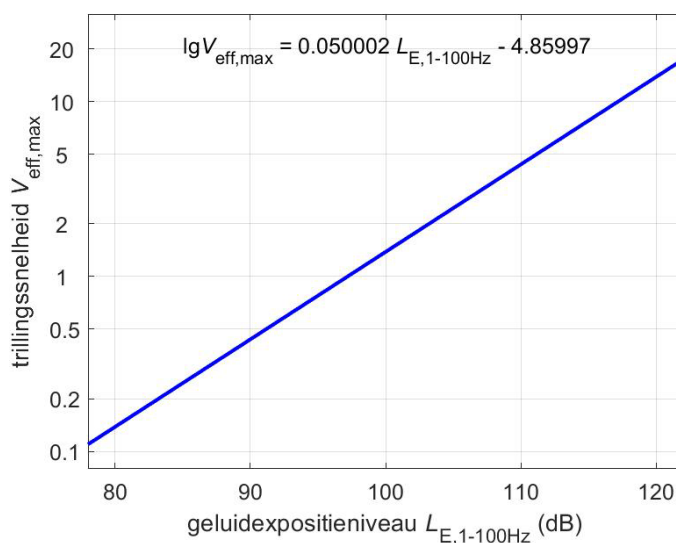
Referenties

- [1] Staatscourant Jaargang 2014, Nr. 20654, gepubliceerd op 6 augustus 2014.
Voorhang ontwerpregeling Activiteitenregeling milieubeheer en enkele andere regelingen (nieuwe activiteiten).
Bijlage 9: Rekenvoorschrift buitenschietsbanen
<https://zoek.officielebekendmakingen.nl/dossier/34527/stcrt-2014-20654.html>
- [2] Activiteitenregeling milieubeheer, bijlage 9: *Rekenvoorschrift buitenschietsbanen*
Regeling van de Minister van VROM, handelende in overeenstemming met de Minister van Verkeer en Waterstaat, van 9 november 2007, nr. DJZ2007104180.
<http://wetten.overheid.nl/BWBR0022830/2018-04-05>

BIJLAGE D

Rekenmethode voor trillingen

De trillingen in een woning ontstaan door laagfrequent geluid dat ter plaatse van de woning de bodem en de gevel aanstoot. In een TNO-notitie uit 2024 [1] is beschreven dat de trillingssnelheid in de woning kan worden bepaald op basis van het geluidniveau voor de gevel. Het gaat hierbij om het geluidexpositieniveau $L_{E,1-100\text{Hz}}$, waarbij bijdragen worden meegenomen van de tertsbanden in het frequentiegebied van 1 tot 100 Hz. Figuur D1 toont de relatie tussen het geluidexpositieniveau $L_{E,1-100\text{Hz}}$ en de genormeerde trillingssnelheid $V_{\text{eff,max}}$.



Figuur D1: Relatie tussen het geluidexpositieniveau $L_{E,1-100\text{Hz}}$ en de trillingssnelheid $V_{\text{eff,max}}$.

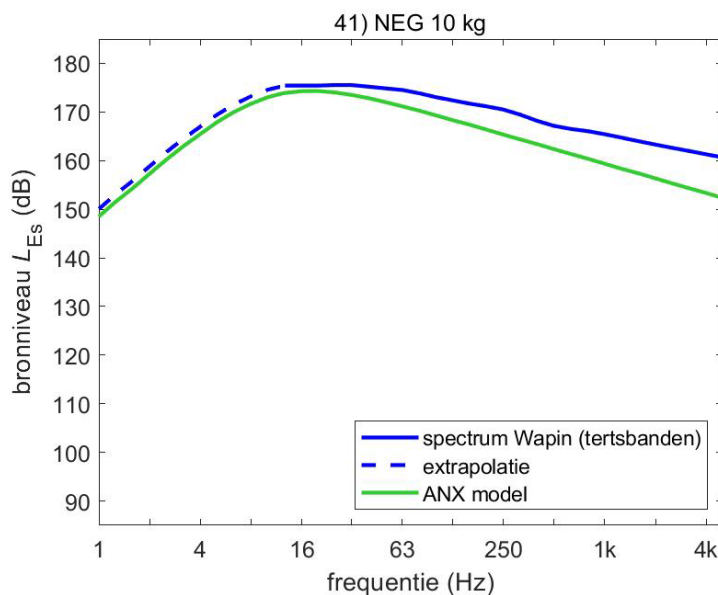
De rekenmethode voor trillingen bestaat uit de volgende drie stappen.

- 1) Bepaling van de bronspectra van de geluidbronnen voor het frequentiegebied 1-100 Hz.
- 2) Berekening van geluidexpositieniveaus $L_{E,1-100\text{Hz}}$ voor alle combinaties van bronnen en woningen.
- 3) Berekening van de trillingssnelheden en grenswaarden.

De drie stappen worden hieronder toegelicht.

Stap 1. Bepaling van de bronspectra van de geluidbronnen voor het frequentiegebied 1-100 Hz.

Stap 1 is geïllustreerd in figuur D2, voor bron 41, met 10 kg NEG (zie bijlage B). Het uitgangspunt is een bronspectrum voor de negen octaafbanden 16 Hz – 4 kHz, gebaseerd op geluidmetingen door TNO (zie bijlage B). Dit octaafbandspectrum wordt eerst omgerekend naar een tertsbandspectrum, met 27 tertsbanden 12,5 Hz – 5 kHz. Dit spectrum wordt vervolgens geëxtrapoleerd naar het frequentiegebied 1 – 12,5 Hz, met behulp van een theoretisch rekenmodel [2] voor het bronspectrum van een explosief met een willekeurige waarde van het NEG.



Figuur D2: Bronspectrum van bron 41, inclusief extrapolatie naar lage frequentie met behulp van het theoretische ANX-model [2] voor explosieven.

Stap 2. Berekening van geluidexpositieniveaus $L_{E,1-100\text{Hz}}$ voor alle combinaties van bronnen en woningen

Voor de berekening van de geluidniveaus $L_{E,1-100\text{Hz}}$ bij de woningen is gebruik gemaakt van elementen uit de rekenmethode voor schietgeluid (zie bijlage C):

- Een databank met numerieke resultaten voor geluidoverdracht over verschillende (homogene) bodemtypes en verschillende atmosferische condities.
- Een algoritme voor de berekening van geluidoverdracht over heterogene bodems, met name bodems met land-waterovergangen (voor de locatie bij Zoutkamp).
- Een algoritme voor de afscherming van geluid door een geluidwal (voor de springwal).

Bij de afscherming wordt rekening gehouden met geluidpaden over de top en langs de verticale randen van de geluidwal.

In de rekenmethode voor schietgeluid worden 27 verschillende atmosferische condities onderscheiden, zowel 'meewindcondities' (goede geluidoverdracht, hoge geluidniveaus) als 'tegenwindcondities' (slechte geluidoverdracht, lage geluidniveaus). Hierbij wordt rekening gehouden met de hoogteprofielen van de windsnelheid en de temperatuur in de atmosfeer, die beide van invloed zijn op de geluidsoverdracht.

In de originele rekenmethode voor trillingen [1] werd bij de berekening van de geluidniveaus $L_{E,1-100\text{Hz}}$ uitgegaan van één typerende meewindconditie. Dit is een benadering. De aanname in referentie [1] was dat de overschatting door deze benadering beperkt is, maximaal een factor 2 in aantallen relevante knallen (zie stap 3). Bij de berekeningen voor de locatie bij Zoutkamp bleek echter dat de overschatting maximaal een factor 4 bedroeg, met als gevolg een aanzienlijke overschatting van het aantal overschrijdingen van de grenswaarde voor hinder door trillingen. Dit heeft te maken met de asymmetrische windroos in Nederland (zie bijlage F).

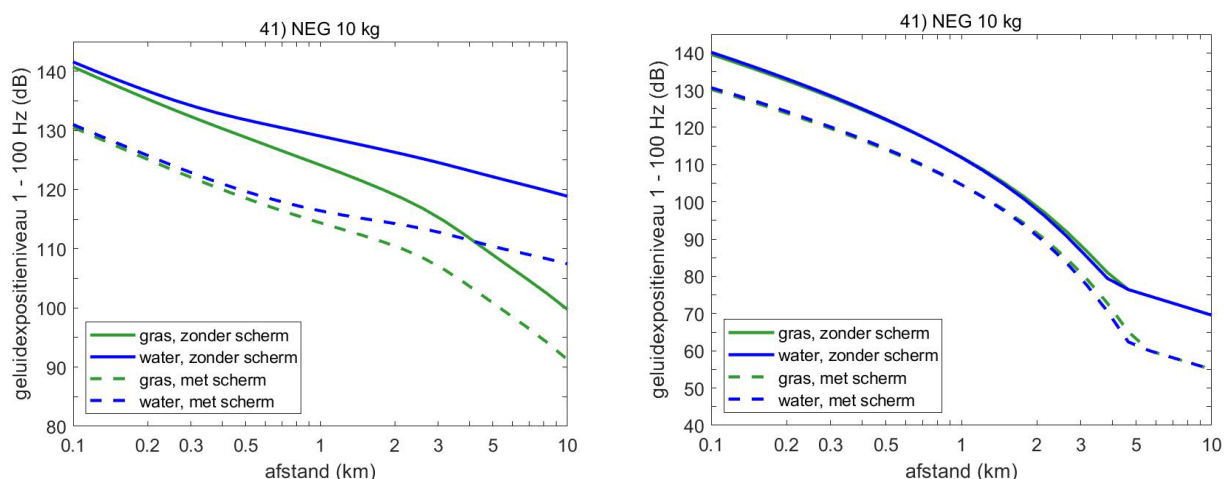
We hebben daarom in dit onderzoek een verfijning van de rekenmethode ontwikkeld. Hierdoor is het aantal 'onterechte' overschrijdingen van de grenswaarde gereduceerd. Bij de verfijnde rekenmethode wordt onderscheid gemaakt tussen twee atmosferische condities:

- een representatieve meewindconditie,
- een representatieve tegenwindconditie.

Voor beide condities worden geluidniveaus $L_{E,1-100\text{Hz}}$ bij de woningen berekend. Bijbehorende statistische percentages van voorkomen van de twee condities worden berekend met een statistisch model voor de meteorologie in Nederland, dat ook onderdeel is van de rekenmethode voor schietgeluid. In Nederland komt westenwind vaker voor dan oostenwind, zodat de percentages meewindcondities voor geluidoverdracht in westelijke richting lager zijn dan voor geluidoverdracht in oostelijke richting. De verfijnde rekenmethode verschilt dus van de originele rekenmethode doordat van twee atmosferische condities wordt uitgegaan in plaats van één. De verfijnde methode is meer in balans met de rekenmethode voor geluid, die ook uitgaat van verschillende atmosferische condities⁷.

In figuur D3 worden de invloeden van bodemtype, afscherming, en de atmosfeer op de geluidoverdracht geïllustreerd. De grafieken tonen het geluidniveau $L_{E,1-100\text{Hz}}$ als functie van de afstand, voor de representatieve meewindconditie (links) en de representatieve tegenwindconditie (rechts). Bij de grootste afstanden loopt het verschil tussen meewind en tegenwind op tot 40-60 dB.

De invloed van de afscherming is ook aanzienlijk. Er is uitgegaan van een 10 m hoog geluidscherm op een afstand van 15 m van de bron. Deze geometrie is relevant voor de springwal.



Figuur D3: Geluidexpositieniveaus $L_{E,1-100\text{Hz}}$ als functie van de afstand voor bron 41, voor de representatieve meewindconditie (links) en de representatieve tegenwindconditie (rechts).

⁷ In principe kan men de invloed van de tegenwindconditie ook bij benadering meenemen door een factor toe te voegen aan het aantal relevante knallen. Een probleem van deze benadering is dat de factor aanzienlijk varieert met de afstand (zie figuur D3) en met de richting (zie bijlage F). Dit probleem treedt niet op bij de hier beschreven verfijnde methode.

Stap 3. Berekening van de trillingssnelheden en grenswaarden

Nadat de geluidexpositieniveaus $L_{E,1-100\text{Hz}}$ bij de woningen zijn bepaald, kunnen de bijhorende trillings-snelheden $V_{\text{eff,max}}$ bepaald worden met de relatie weergegeven in figuur D1. Deze snelheden kunnen worden vergeleken met grenswaarden. De grenswaarden voor schade en hinder door trillingen zijn als volgt [1].

- Voor schade geldt de grenswaarde van 105 dB voor het geluidexpositieniveau $L_{E,1-100\text{Hz}}$. De bijbehorende grenswaarde voor de trillingssnelheid $V_{\text{eff,max}}$ volgt uit de relatie weergegeven in figuur D1.
- Voor hinder is de grenswaarde voor $V_{\text{eff,max}}$ voor nieuwe situaties⁸ $2,4/\sqrt{N}$, waarbij N gelijk is aan 0,15 maal het aantal knallen (per dag) die voor trillinghinder relevant zijn. 'Relevant' betekent dat $V_{\text{eff,max}}$ groter is dan 0,2. De bijbehorende grenswaarde voor het geluidexpositieniveau $L_{E,1-100\text{Hz}}$ volgt uit de relatie weergegeven in figuur D1.

Referenties

- [1] Notitie TNO 2024 M06059714-03
Beoordeling trillingsniveaus in woningen nabij het ASK voor de kans op schade en hinder, juli 2024.
- [2] E.M. Salomons, "Analytical model of sound of explosives and firearms", Journal of the Acoustical Society of America 156 (2024) 2034-2044.

⁸ Voor bestaande situaties is de grenswaarde voor $V_{\text{eff,max}}$ gelijk aan $4,8/\sqrt{N}$.

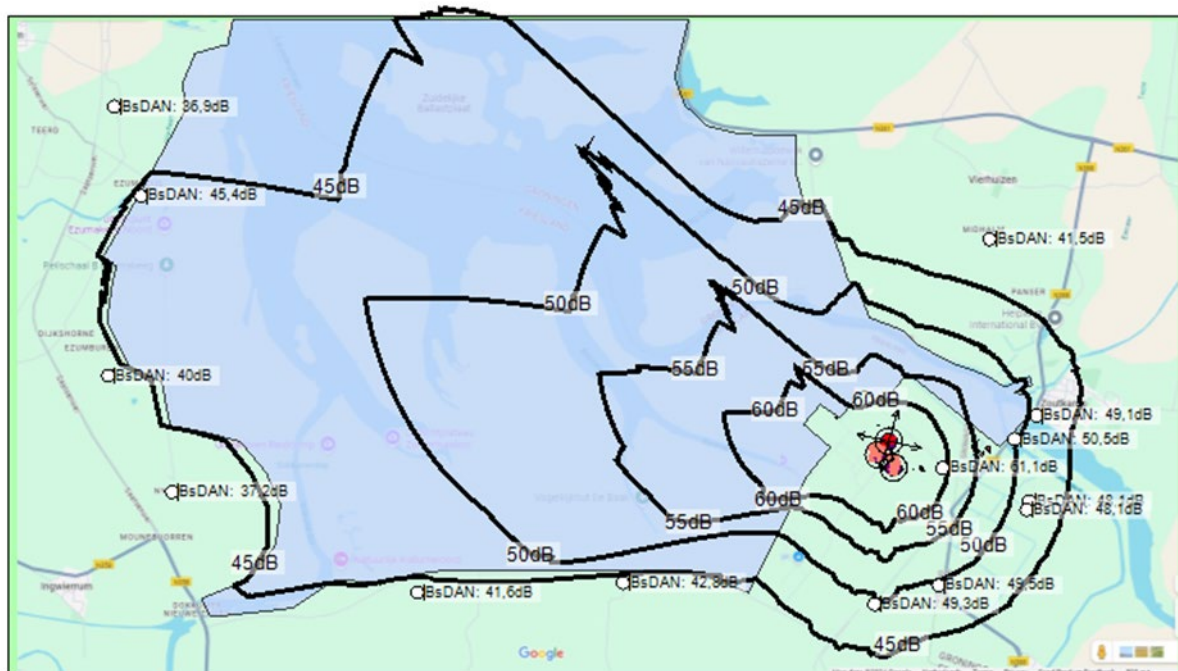
BIJLAGE E

Resultaten van berekeningen voor geluid

Locatie Zoutkamp

De resultaten van de geluidberekeningen voor locatie Zoutkamp zijn gepresenteerd in figuur E1. Weergegeven zijn geluidcontouren van $B_{s,dan}$ met waarden van 45, 50, 55, en 60 dB. Op de kaart zijn ook de berekende geluidniveaus $B_{s,dan}$ voor de veertien woningen gegeven. Deze staan ook in tabel E1. Het hoogste niveau treedt op bij woning 1, die op ongeveer 500 m afstand van de springwal ligt.

Om hoge geluidniveaus bij woningen 2 en 3 te beperken is de springwal 180 graden gedraaid ten opzichte van de oriëntatie op springterrein Schaijk (zie bijlage C). Dit betekent dat de open zijde van de springwal naar het noordwesten is gericht. Met de oorspronkelijke oriëntatie zijn de niveaus bij woningen 2 en 3 circa 58 dB. Met de gedraaide springwal zijn deze niveaus 10 dB lager (zie tabel E1).



Figuur E1: Berekende geluidniveaus $B_{s,dan}$ bij de woningen en geluidcontouren ($B_{s,dan}$ = 45, 50, 55, 60 dB) voor de locatie bij Zoutkamp.

Tabel E1: Berekende geluidniveaus $B_{s,dan}$ bij de veertien woningen voor de locatie bij Zoutkamp.

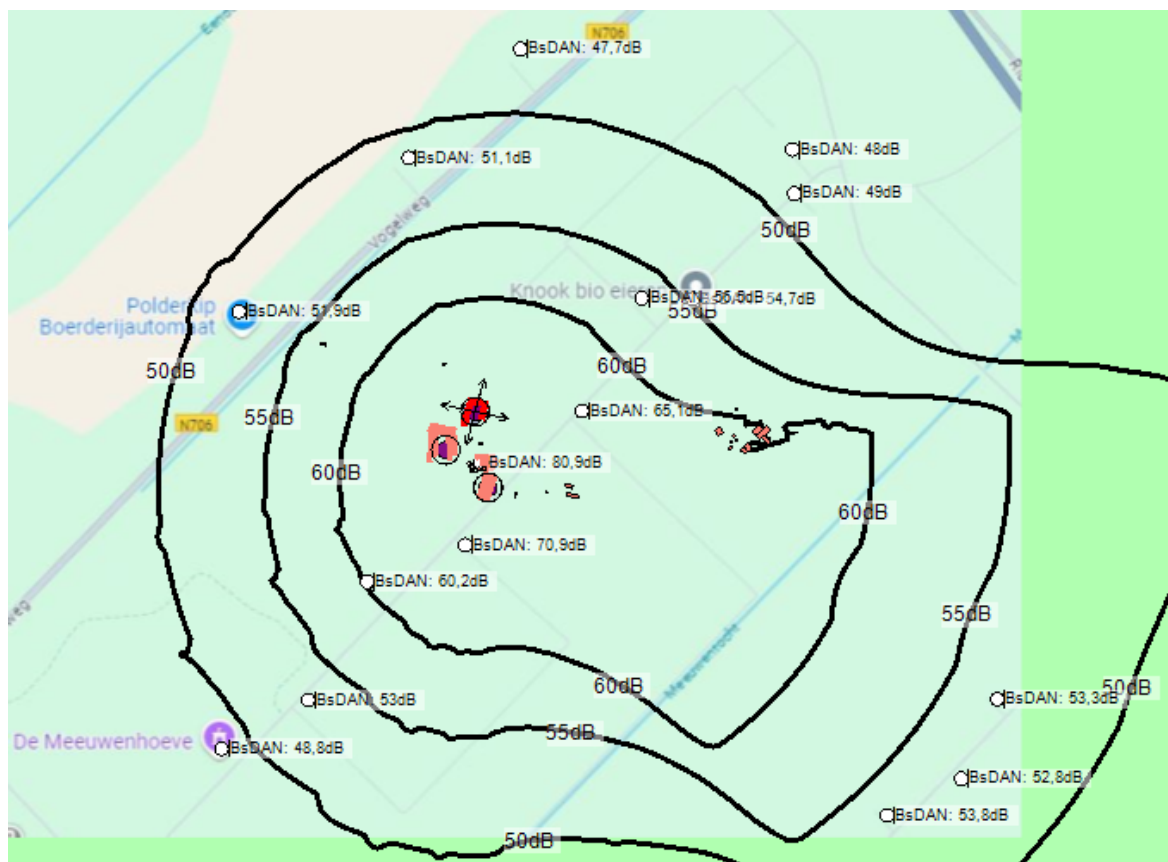
woning	$B_{s,dan}$ (dB)	woning	$B_{s,dan}$ (dB)
1 Hooge Zuidwal 1, Munnekezijl	61,1	8 Midhalmerweg 11, Het Hogeland	41,5
2 Nittersweg 2, Lauwerzijl	48,1	9 Ezumazijl 3, Eanjum	45,4
3 Nittersweg 3, Lauwerzijl	48,1	10 Healbeamswei 7, Eanjum	36,9
4 Nittersweg 5, Lauwerzijl	50,5	11 Ooster-Nieuwkruisland 8, Warfstermolen	42,8
5 Reitdiepskade 1, Zoutkamp	49,1	12 Kwelderweg 2, Kollumerpomp	41,6
6 Nittersweg 1, Munnekezijl	49,3	13 Nijlân 9, Ingwierrum	40,0
7 Stadsweg 55, Munnekezijl	49,5	14 Nijlân 10, Ingwierrum	37,2

Locatie Lelystad

De resultaten van de geluidberekeningen voor locatie Lelystad zijn gepresenteerd in figuur E2. Weergegeven zijn berekende geluidniveaus $B_{s,dan}$ voor de zestien woningen en geluidcontouren van $B_{s,dan}$ met waarden van 50, 55, en 60 dB. De waarden van $B_{s,dan}$ voor de zestien woningen zijn ook gegeven in tabel E2. Het hoogste niveau treedt op bij woning 5, die vlak bij de springwal ligt.

Tabel E1: Berekende geluidniveaus $B_{s,dan}$ bij de zestien woningen voor de locatie bij Lelystad.

Woning	$B_{s,dan}$ (dB)	woning	$B_{s,dan}$ (dB)
1 Meeuwenweg 28, Lelystad	48,8	9 Meeuwenweg 7, Lelystad	49,0
2 Meeuwenweg 23, Lelystad	53,0	10 Meeuwenweg 8, Lelystad	48,0
3 Meeuwenweg 22, Lelystad	60,2	11 Vogelweg 20, Lelystad	51,9
4 Meeuwenweg 19, Lelystad	70,9	12 Vogelweg 14, Lelystad	51,1
5 Meeuwenweg 18, Lelystad	80,9	13 Vogelweg 10, Lelystad	47,7
6 Meeuwenweg 13, Lelystad	65,1	14 Pijlstaartweg 14, Lelystad	53,8
7 Meeuwenweg 12, Lelystad	56,5	15 Pijlstaartweg 9, Lelystad	52,8
8 Meeuwenweg 9, Lelystad	54,7	16 Pijlstaartweg 10, Lelystad	53,3



Figuur E2: Berekende geluidniveaus $B_{s,dan}$ bij de zestien woningen voor de locatie bij Lelystad, met de geluidcontouren ($B_{s,dan}$) van 50, 55 en 60 dB.

BIJLAGE F

Resultaten van de berekeningen voor trillingen

In deze bijlage worden de resultaten gepresenteerd van de berekeningen voor trillingen. De berekeningen zijn uitgevoerd volgens de methode beschreven in bijlage D.

Zoutkamp

In tabel F1 staan de berekende grenswaarden van $V_{\text{eff,max}}$ en $L_{E,1-100\text{Hz}}$ voor de veertien woningen rond de locatie bij Zoutkamp. De grenswaarde voor $V_{\text{eff,max}}$ ligt tussen 1,4 (woning 1) en 3,5 (woning 14). De corresponderende grenswaarden voor $L_{E,1-100\text{Hz}}$ zijn respectievelijk 100 dB en 108 dB. De grenswaarden in tabel F1 zijn gebaseerd op de aantallen relevante knallen bij de woningen. Relevant betekent dat de trillingssnelheid $V_{\text{eff,max}}$ de waarde van 0,2 overschrijdt (zie bijlage D).

Voor de berekening van de geluidniveaus $L_{E,1-100\text{Hz}}$ bij de woningen is gebruik gemaakt van elementen uit de rekenmethode voor schietgeluid, zoals beschreven in bijlage D. Bij de afscherming door de springwal wordt rekening gehouden met geluidpaden over de top en langs de zijranden van de geluidwal. Voor de woningen 1-8 is het geluidpad over de top van de springwal bepalend. Voor de woningen 11 en 12 is het geluidpad langs een verticale zijrand van de springwal bepalend. Voor de woningen 9, 10, 13, en 14 treedt geen afscherming door de springwal op.

Voor de berekening van de geluidniveaus $L_{E,1-100\text{Hz}}$ is als benadering onderscheid gemaakt tussen twee atmosferische condities: een representatieve meewindconditie en een representatieve tegenwindconditie (zie bijlage D). Tabel F2 geeft de statistische percentages van optreden van de twee condities, voor geluidoverdracht van het springterrein naar de veertien woningen. De percentages zijn berekend met een statistisch model voor de meteorologie in Nederland. In Nederland komt westenwind vaker voor dan oostenwind, zodat de percentages meewindcondities voor geluidoverdracht in westelijke richting (naar woningen 9-14) lager zijn dan voor geluidoverdracht in oostelijke richting (naar woningen 1-8) (zie tabel F2).

In tabel F3 staan de berekende aantallen relevante knallen voor de veertien woningen. De aantallen bij de meewindconditie zijn groter dan de aantallen bij de tegenwindconditie. Bij de woningen 9-14, die op de grootste afstanden van het springterrein liggen, zijn de aantallen relevante knallen bij de tegenwindconditie gelijk aan nul.

In tabel F4 staan de berekende waarden van de geluidniveaus $L_{E,1-100\text{Hz}}$ bij de meewindconditie, voor alle combinaties van de veertien woningen en 23 bronnen. In tabel F5 staan de berekende waarden van de geluidniveaus $L_{E,1-100\text{Hz}}$ bij de tegenwindconditie. De waarden die de grenswaarden uit tabel F1 overschrijden zijn geel gemarkeerd.

Voor één van de 23 bronnen geldt dat de grenswaarde wordt overschreden bij alle 14 woningen. Dit is bron 41, met 10 kg NEG (zie bijlage B). Voor zeven van de 23 bronnen treedt overschrijding op bij een deel van de woningen. De resterende vijftien bronnen veroorzaken geen overschrijding.

In totaal zijn er 34 combinaties van bronnen en woningen waarvoor de grenswaarde wordt overschreden. Met de oorspronkelijke rekenmethode voor trillingen, die uitgaat van alleen de meewindconditie (zie bijlage D), zijn de grenswaarden van $V_{\text{eff,max}}$ lager (maximaal een factor 2) en is het totaal aantal overschrijdingen 64. Met de hier toegepaste verfijnde rekenmethode is het aantal overschrijdingen dus bijna gehalveerd.

Tabel F1: Grenswaarden van $V_{\text{eff,max}}$ en $L_{E,1-100\text{Hz}}$ voor de veertien woningen op de locatie bij Zoutkamp.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$V_{\text{eff,max}}$	1,418	2,054	2,027	1,854	1,930	2,443	2,292	2,562	3,037	3,398	2,851	3,409	3,466	3,497
$L_{E,1-100\text{Hz}}$	100,2	103,4	103,3	102,6	102,9	105,0	104,4	105,4	106,8	107,8	106,3	107,8	108,0	108,1

Tabel F2: Statistische percentages van optreden van de meewindconditie en de tegenwindconditie voor geluidoverdracht van het springterrein op de locatie bij Zoutkamp naar de veertien woningen.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
meewind	48,4	44,5	45,8	50,6	51,0	30,3	34,2	47,2	27,6	28,2	27,9	28,0	27,1	26,5
tegenwind	51,6	55,5	54,2	49,4	49,0	69,7	65,8	52,8	72,4	71,8	72,1	72,0	72,9	73,5
totaal	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabel F3: Aantallen relevante knallen bij de veertien woningen voor de locatie bij Zoutkamp, bij de meewindconditie en de tegenwindconditie. Relevant betekent dat de trillingssnelheid $V_{\text{eff,max}}$ de waarde van 0,2 overschrijdt (zie bijlage D).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
meewind	3808	3174	3264	3606	3582	2160	2435	2125	1520	1214	1710	1206	1167	1146
tegenwind	3159	149	146	471	181	188	234	11	0	0	14	0	0	0
totaal	6967	3323	3410	4077	3763	2348	2669	2136	1520	1214	1724	1206	1167	1146

Tabel F4. Geluidexpositieniveaus $L_{E,1-100\text{Hz}}$ (in dB) bij de meewindconditie voor locatie Zoutkamp, voor veertien woningen en 23 bronnen. Waardes die de grenswaarden uit tabel F1 overschrijden zijn geel gemarkeerd.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	50,8	43,1	43,1	44,0	42,4	43,2	43,9	38,0	52,5	46,8	48,1	47,9	49,1	46,5
2	99,5	93,0	93,0	93,8	92,5	93,1	93,7	88,6	99,2	95,1	97,6	96,4	97,0	95,0
3	96,6	90,3	90,3	91,0	89,7	90,3	90,9	86,0	95,7	91,9	94,5	93,3	93,7	91,9
4	89,9	83,3	83,3	84,0	82,7	83,4	83,9	78,9	89,7	85,4	87,8	86,7	87,3	85,3
5	73,5	66,9	66,9	67,6	66,3	67,0	67,6	62,5	73,3	69,0	71,4	70,3	70,9	68,9
6	106,2	100,2	100,2	100,9	99,7	100,3	100,8	96,2	103,9	101,1	104,1	102,6	102,5	101,2
8	91,5	85,0	85,0	85,7	84,5	85,1	85,7	80,6	91,2	87,0	89,4	88,3	88,9	86,9
9	96,6	90,3	90,3	91,0	89,7	90,3	90,9	86,0	95,7	91,9	94,5	93,3	93,7	91,9
10	99,5	93,0	93,0	93,8	92,5	93,1	93,7	88,6	99,2	95,1	97,6	96,4	97,0	95,0
11	96,7	87,7	87,7	89,0	87,1	87,6	88,4	82,5	83,2	79,3	84,9	81,0	81,1	79,2
12	97,0	89,1	89,1	90,2	88,6	89,3	89,9	84,5	84,5	81,1	86,6	82,9	82,7	81,2
13	102,5	96,1	96,1	96,8	95,5	96,2	96,7	91,7	102,0	98,1	100,6	99,4	99,9	97,9
15	108,2	102,0	102,0	102,7	101,5	102,1	102,6	97,7	107,1	103,6	106,2	104,9	105,2	103,5
18	103,9	97,5	97,5	98,3	97,0	97,6	98,2	93,2	103,3	99,4	102,0	100,7	101,2	99,3
25	91,0	84,4	84,4	85,6	84,2	84,9	85,2	80,4	80,4	77,2	82,7	78,9	78,7	77,2
26	109,8	101,9	102,0	103,7	102,1	101,3	102,0	98,2	97,9	94,3	99,7	96,0	96,0	94,2
27	103,6	94,8	94,9	96,8	95,1	94,2	94,9	90,9	91,3	87,1	92,5	88,7	88,9	86,9
28	94,8	84,8	84,9	87,2	85,1	84,1	84,9	80,0	82,1	76,8	82,5	78,3	79,1	76,4
29	90,5	79,6	79,7	82,2	80,0	78,8	79,7	74,6	77,3	71,5	77,2	72,9	73,9	71,0
30	59,5	48,3	48,4	50,7	48,6	47,6	48,4	43,9	45,9	40,1	45,9	41,7	42,4	39,8
39	112,7	106,6	106,6	107,3	106,1	106,7	107,2	102,5	111,0	107,8	110,7	109,2	109,4	107,8
40	93,1	86,6	86,6	87,8	86,4	87,1	87,4	82,7	82,5	79,4	84,9	81,2	80,9	79,4
41	118,0	112,0	112,0	112,7	111,5	112,1	112,6	108,0	115,7	112,9	115,9	114,4	114,3	113,0

Tabel F5. Geluidexpositieniveaus $L_{E,1-100\text{Hz}}$ (in dB) bij de tegenwindconditie voor locatie Zoutkamp, voor veertien woningen en 23 bronnen. Waardes die de grenswaarden uit tabel F1 overschrijden zijn geel gemarkeerd.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	45,3	31,3	31,3	32,8	30,2	31,5	32,6	24,7	13,3	12,6	23,2	18,1	13,4	14,3
2	94,1	78,3	78,3	80,3	76,7	78,5	80,0	67,8	55,6	55,0	66,9	60,1	55,7	56,6
3	91,3	75,6	75,6	77,7	74,1	75,8	77,4	64,8	52,3	51,6	64,0	56,8	52,4	53,3
4	84,5	68,9	68,9	70,8	67,4	69,1	70,6	59,1	47,1	46,4	58,0	51,6	47,2	48,1
5	68,1	52,5	52,5	54,4	51,0	52,7	54,2	42,7	30,7	30,0	41,7	35,3	30,8	31,7
6	101,1	85,4	85,4	87,5	83,8	85,6	87,3	73,0	58,9	58,2	72,5	63,2	59,0	59,8
8	86,2	70,5	70,5	72,5	69,0	70,7	72,3	60,5	48,4	47,7	59,5	52,9	48,5	49,4
9	91,3	75,6	75,6	77,7	74,1	75,8	77,4	64,8	52,3	51,6	64,0	56,8	52,4	53,3
10	94,1	78,3	78,3	80,3	76,7	78,5	80,0	67,8	55,6	55,0	66,9	60,1	55,7	56,6
11	88,5	70,0	70,0	72,8	68,9	69,9	71,5	58,3	42,1	41,4	53,9	46,6	42,2	43,0
12	89,0	71,8	71,8	74,5	70,7	72,2	73,6	60,0	42,3	41,6	55,4	46,8	42,4	43,3
13	97,2	81,3	81,2	83,3	79,7	81,5	83,1	70,4	58,1	57,4	69,6	62,5	58,2	59,0
15	103,0	87,1	87,1	89,2	85,5	87,4	89,0	75,6	62,7	62,0	75,0	67,1	62,8	63,6
18	98,6	82,7	82,6	84,7	81,1	82,9	84,5	71,7	59,2	58,5	70,9	63,6	59,3	60,1
25	81,1	65,4	65,5	68,4	64,8	66,5	67,4	55,0	35,5	34,9	50,5	39,9	35,6	36,4
26	99,6	83,0	83,2	87,1	83,6	81,7	83,2	74,1	54,3	53,7	66,8	58,6	54,4	55,2
27	92,5	75,3	75,5	79,5	75,9	74,0	75,5	66,6	48,6	47,9	59,9	52,9	48,6	49,4
28	82,5	63,5	63,6	67,9	64,1	62,1	63,7	54,9	39,7	39,1	49,7	44,1	39,8	40,6
29	77,4	57,5	57,7	61,9	58,1	56,1	57,7	49,6	35,9	35,2	45,4	40,2	35,9	36,7
30	46,1	27,6	27,8	31,4	28,1	26,5	27,8	20,9	7,4	6,7	17,1	12,0	7,5	8,4
39	107,5	91,8	91,7	93,9	90,1	92,0	93,6	79,7	66,3	65,6	79,2	70,7	66,4	67,2
40	83,3	67,8	67,9	70,8	67,2	68,9	69,8	57,5	37,6	36,9	52,8	41,9	37,7	38,5
41	112,9	97,2	97,2	99,3	95,6	97,4	99,1	84,8	70,7	70,0	84,3	75,0	70,8	71,6

Lelystad

In tabel F6 staan de berekende grenswaarden van $V_{\text{eff,max}}$ en $L_{E,1-100\text{Hz}}$ voor de zestien woningen rond de locatie bij Lelystad. De grenswaarde voor $V_{\text{eff,max}}$ ligt tussen 1,3 en 2,4. De corresponderende grenswaarden voor $L_{E,1-100\text{Hz}}$ zijn respectievelijk 100 dB en 105 dB.

Tabel F7 geeft de statistische percentages van optreden van de twee atmosferische condities, voor geluidoverdracht van het springterrein naar de zestien woningen. Hierbij is voor de bronlocatie uitgegaan van de springwal. Dit is een benadering voor de andere bronlocaties dan de springwal. Voor woning 5 is deze benadering niet goed, maar woning 5 ligt op kleine afstand en de invloed van meewind en tegenwind is daar klein, zodat de benadering irrelevant is.

In tabel F8 staan de berekende aantallen relevante knallen voor de zestien woningen. Voor de woningen 3 tot 5 zijn de aantallen bij de tegenwindconditie groter dan de aantallen bij de meewindconditie, doordat de tegenwindconditie vaker voorkomt. In de andere gevallen zijn de aantallen bij de meewindconditie groter dan de aantallen bij de tegenwindconditie.

In tabel F9 staan de berekende waarden van de geluidniveaus $L_{E,1-100\text{Hz}}$ bij de meewindconditie, voor alle combinaties van de zestien woningen en 23 bronnen. In tabel F10 staan de berekende waarden van de geluidniveaus $L_{E,1-100\text{Hz}}$ bij de tegenwindconditie. De waarden die de grenswaarden uit tabel F6 overschrijden zijn geel gemarkeerd.

Voor twee van de 23 bronnen geldt dat de grenswaarde wordt overschreden bij alle zestien woningen. Dit zijn de bronnen 39 en 41, met respectievelijk 4,1 en 10 kg NEG (zie bijlage B). Voor achttien van de 23 bronnen treedt overschrijding op bij een deel van de woningen. De resterende drie bronnen veroorzaken geen overschrijding.

In totaal zijn er 100 combinaties van bronnen en woningen waarvoor de grenswaarde wordt overschreden. Met de oorspronkelijke rekenmethode voor trillingen, die uitgaat van alleen de meewindconditie (zie bijlage D), zijn de grenswaarden van $V_{\text{eff,max}}$ lager (maximaal een factor 2) en is het totaal aantal overschrijdingen 121. Met de hier toegepaste verfijnde rekenmethode is het aantal overschrijdingen dus kleiner.

Tabel F6: Grenswaarden van $V_{\text{eff,max}}$ en $L_{\text{E},1-100\text{Hz}}$ voor de zestien woningen op locatie Lelystad.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$V_{\text{eff,max}}$	2,432	1,959	1,436	1,382	1,318	1,335	1,583	1,622	1,934	1,946	1,967	1,851	2,085	2,290	2,271	2,207
$L_{\text{E},1-100\text{Hz}}$	104,9	103,0	100,3	100,0	99,6	99,7	101,2	101,4	102,9	103,0	103,1	102,5	103,6	104,4	104,3	104,1

Tabel F7: Statistische percentages van optreden van de meewindconditie en de tegenwindconditie voor geluidoverdracht van het springterrein op locatie Lelystad naar de zestien woningen.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
meewind	28,7	28,7	28,7	29,4	38,7	51,1	50,1	50,8	50,8	50,8	31,1	38,7	42,9	40,2	41,8	44,5
tegenwind	71,3	71,3	71,3	70,6	61,3	48,9	49,9	49,2	49,2	49,2	68,9	61,3	57,1	59,8	58,2	55,5
totaal	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		

Tabel F8: Aantallen relevante knallen bij de zestien woningen voor locatie Lelystad, bij de meewindconditie en de tegenwindconditie. Relevant betekent dat de trillingssnelheid $V_{\text{eff,max}}$ de waarde van 0,2 overschrijdt (zie bijlage D).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
meewind	2045	2260	2260	2314	3125	4023	3947	3999	3567	3567	2449	3048	3013	2459	2560	2729
tegenwind	324	1392	4540	5027	4945	3847	1646	1331	182	133	1175	1044	211	213	157	149
totaal	2369	3652	6800	7341	8070	7870	5593	5330	3749	3700	3624	4092	3224	2672	2717	2878

Tabel F9. Geluidexpositieniveaus $L_{E,1-100\text{Hz}}$ (in dB) bij de meewindconditie voor locatie Lelystad, voor zestien woningen en 23 bronnen. Waardes die de grenswaarden uit tabel F6 overschrijden zijn geel gemarkeerd.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	43,7	46,0	50,2	57,1	63,8	52,0	46,9	46,0	42,7	42,1	45,3	44,5	42,4	53,2	52,4	52,4
2	93,6	95,3	99,0	105,4	112,0	100,6	96,2	95,4	92,7	92,3	94,8	94,2	92,5	101,4	100,6	100,7
3	90,8	92,5	96,1	102,5	109,1	97,7	93,2	92,5	90,0	89,5	91,9	91,3	89,7	98,2	97,5	97,6
4	83,8	85,6	89,4	95,9	102,4	91,0	86,4	85,6	83,0	82,5	85,1	84,4	82,7	91,7	90,9	91,0
5	67,4	69,2	73,0	79,5	86,0	74,6	70,0	69,2	66,6	66,1	68,7	68,0	66,3	75,3	74,5	74,6
6	100,7	102,2	105,7	112,0	118,6	107,3	103,0	102,2	100,0	99,6	101,8	101,2	99,7	107,4	106,8	106,9
8	85,5	87,3	91,0	97,5	104,1	92,7	88,1	87,3	84,7	84,2	86,8	86,1	84,5	93,3	92,6	92,6
9	90,8	92,5	96,1	102,5	109,1	97,7	93,2	92,5	90,0	89,5	91,9	91,3	89,7	98,2	97,5	97,6
10	93,6	95,3	99,0	105,4	112,0	100,6	96,2	95,4	92,7	92,3	94,8	94,2	92,5	101,4	100,6	100,7
11	88,4	90,9	95,9	101,6	118,3	98,8	92,9	91,6	87,7	87,0	90,9	90,1	87,5	85,3	84,6	84,8
12	90,1	92,4	97,0	102,4	117,8	98,9	93,7	92,6	89,1	88,6	92,3	91,4	89,1	87,1	86,4	86,5
13	96,6	98,4	102,0	108,4	115,0	103,6	99,2	98,4	95,8	95,3	97,8	97,2	95,6	104,3	103,6	103,7
15	102,5	104,2	107,7	114,1	120,7	109,3	104,9	104,2	101,7	101,3	103,7	103,0	101,5	109,8	109,1	109,2
18	98,0	99,8	103,4	109,8	116,4	105,0	100,6	99,8	97,2	96,8	99,3	98,6	97,0	105,7	105,0	105,0
25	86,1	88,1	92,5	95,6	102,8	93,0	89,1	88,0	84,9	84,4	89,1	87,9	85,4	82,4	81,8	81,9
26	102,4	104,5	108,6	111,8	119,0	113,5	108,6	107,0	103,2	102,6	106,6	106,4	103,6	99,5	99,0	99,2
27	95,3	97,6	102,2	105,8	113,1	107,5	102,2	100,4	96,2	95,6	100,1	99,8	96,7	92,2	91,6	91,8
28	85,5	88,2	93,4	97,0	104,3	98,8	93,3	91,4	86,5	85,8	91,0	90,7	87,2	81,6	80,9	81,2
29	80,3	83,3	88,9	92,9	100,4	94,7	88,9	86,8	81,4	80,6	86,3	86,0	82,1	76,2	75,5	75,8
30	49,0	51,8	57,9	62,2	71,3	64,4	57,8	55,5	50,0	49,2	55,0	54,7	50,7	45,3	44,7	44,9
39	107,1	108,7	112,2	118,5	125,1	113,8	109,4	108,7	106,3	105,9	108,2	107,6	106,1	114,1	113,5	113,5
40	88,3	90,3	94,5	97,6	104,8	95,1	91,2	90,2	87,1	86,6	91,2	90,0	87,6	84,7	84,1	84,2
41	112,5	114,0	117,5	123,8	130,4	119,1	114,8	114,0	111,8	111,4	113,6	113,0	111,5	119,2	118,6	118,7

Tabel F10. Geluidexpositieniveaus $L_{E,1-100\text{Hz}}$ (in dB) bij de tegenwindconditie voor locatie Lelystad, voor zestien woningen en 23 bronnen. Waardes die de grenswaarden uit tabel F6 overschrijden zijn geel gemarkeerd.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	32,3	36,2	44,3	56,8	64,6	47,7	38,0	36,2	30,7	29,8	35,0	33,6	30,2	31,2	29,9	30,0
2	79,7	84,5	93,1	103,9	111,9	96,3	86,6	84,6	77,4	76,1	83,1	81,3	76,7	80,0	78,3	78,5
3	77,0	81,9	90,3	100,9	109,0	93,4	83,9	81,9	74,7	73,5	80,4	78,7	74,1	77,3	75,6	75,8
4	70,2	75,0	83,5	94,4	102,4	86,7	77,0	75,0	68,0	66,8	73,6	71,8	67,4	70,4	68,7	68,9
5	53,8	58,6	67,1	78,0	86,1	70,3	60,6	58,6	51,6	50,4	57,2	55,4	51,0	54,0	52,3	52,5
6	86,9	91,8	100,2	110,3	118,3	103,1	93,9	91,9	84,5	83,1	90,4	88,6	83,8	87,3	85,6	85,8
8	71,9	76,7	85,2	96,0	104,1	88,3	78,7	76,7	69,7	68,4	75,2	73,5	69,0	72,1	70,4	70,6
9	77,0	81,9	90,3	100,9	109,0	93,4	83,9	81,9	74,7	73,5	80,4	78,7	74,1	77,3	75,6	75,8
10	79,7	84,5	93,1	103,9	111,9	96,3	86,6	84,6	77,4	76,1	83,1	81,3	76,7	80,0	78,3	78,5
11	71,6	76,8	87,0	98,1	118,5	92,8	80,9	78,3	70,0	68,6	76,8	75,1	69,7	64,7	63,1	63,4
12	74,1	79,2	89,0	99,3	118,0	92,7	82,2	79,7	71,8	70,5	79,2	77,2	71,7	66,6	65,0	65,3
13	82,7	87,6	96,2	106,8	114,8	99,2	89,7	87,6	80,4	79,1	86,1	84,3	79,7	83,0	81,3	81,5
15	88,6	93,5	102,0	112,4	120,4	105,0	95,6	93,5	86,2	84,9	92,1	90,3	85,5	89,0	87,3	87,5
18	84,1	89,0	97,6	108,1	116,2	100,7	91,1	89,0	81,8	80,5	87,6	85,8	81,1	84,5	82,8	82,9
25	69,6	74,5	84,0	90,0	100,9	85,2	76,8	74,2	66,6	65,4	76,8	73,9	67,8	60,2	58,6	58,9
26	84,2	88,8	97,3	103,5	115,7	106,6	97,3	94,1	85,9	84,6	93,4	93,0	87,0	77,2	75,9	76,4
27	76,5	81,2	90,1	96,6	109,6	99,9	90,1	86,7	78,2	77,0	86,0	85,5	79,3	69,5	68,3	68,8
28	64,7	69,7	79,8	86,9	100,5	90,5	79,7	76,0	66,6	65,2	75,1	74,7	67,8	57,6	56,4	56,9
29	58,7	63,9	74,5	82,2	96,4	86,0	74,5	70,5	60,6	59,2	69,6	69,1	61,8	51,9	50,9	51,3
30	28,6	33,1	43,1	51,3	67,3	55,6	43,1	39,2	30,3	29,1	38,3	37,8	31,3	22,9	22,1	22,4
39	93,2	98,2	106,6	116,8	124,8	109,6	100,2	98,2	90,8	89,5	96,7	94,9	90,1	93,6	91,9	92,1
40	71,9	76,8	86,2	92,2	103,0	87,4	79,2	76,6	69,0	67,8	79,1	76,3	70,2	62,7	61,1	61,3
41	98,7	103,6	112,0	122,1	130,1	114,9	105,7	103,7	96,3	94,9	102,2	100,4	95,6	99,1	97,4	97,6