

ONGERUBRICEERD

Technical SciencesLange Kleiweg 137
2288 GJ Rijswijk
Postbus 45
2280 AA Rijswijkwww.tno.nl

T +31 88 866 80 00

F +31 88 866 69 49

infodesk@tno.nl**TNO-rapport****TNO 2012 R10104 | 3****Analyse en advies met betrekking tot
potentiële WOII blindgangers in de Zwolse
wijk Holtenbroek**

Datum	7 juli 2012
Auteur(s)	Ir. E. Kroon Drs. N. van Ham
Aantal pagina's	23
Opdrachtgever	A. de Beus Gemeente Zwolle, Afdeling omgevingsadvies
Projectnaam	Risico analyse blindgangers Zwolle
Projectnummer	053.02406

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, foto-kopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belang-hebbenden is toegestaan.

© 2012 TNO

ONGERUBRICEERD

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Review informatie/documentatie	5
3	Kans op aanwezigheid van blindgangers	6
4	Kans op detonatie van een blindganger	16
4.1	Spontane detonatie.....	16
4.2	Accidentele detonatie	16
4.3	Veroudering van de springstof.....	17
5	Oordeel over de maatregelen van de gemeente.....	19
6	Conclusies.....	20
7	Advies	21
8	Referenties	22
9	Ondertekening	23

1 Inleiding

Op 29 oktober 1944 worden de IJsselbruggen nabij Zwolle gebombardeerd door Mitchell B-II bommenwerpers van de Royal Air Force 139 Wing. Vijf zogenaamde boxes met elk zes toestellen nemen deel aan dit bombardement. Een van de boxes heeft waarschijnlijk het verkeerde doel aangevallen; in plaats van de brug over de IJssel werd getracht de brug over het Zwarte Water te vernietigen. Waarschijnlijk als gevolg van slecht zicht door bewolking in combinatie met relatief primitieve technologie voor het richten van de lading en mogelijke belemmering van de vliegroute door luchtafweergeschut (flak), zijn de bommen ver van het doel terecht gekomen. Het merendeel van de bommen heeft een agrarisch gebied met weilanden geraakt dat thans deel uitmaakt van de wijk Holtenbroek in de gemeente Zwolle.

Op basis van de algemeen geaccepteerde stelregel dat rond de 10% van de in WOII afgeworpen munitie niet functioneerde, is er een kans dat blindgangers zijn achtergebleven na het bombardement. Op basis van historisch onderzoek en het bestuderen van foto en video materiaal, heeft Saricon geconcludeerd dat er mogelijk 5 blindgangers aanwezig zijn in de grond onder de wijk Holtenbroek. In opdracht van de gemeente Zwolle heeft Saricon vervolgens met behulp van grond radar technologie geprobeerd deze blindgangers op te sporen. Deze zoekactie heeft geen blindgangers opgeleverd. Er is echter niet gemeten onder de bestaande naoorlogse woningen omdat de kruipruimten onder de woningen te beperkt zijn voor onderzoek op een gebruikelijke manier, het onderzoek technisch gecompliceerd is en de kans op spontane detonatie van eventueel aanwezig blindgangers door de gemeente op nihil is ingeschat. Onder deze woningen blijft er dus een kans bestaan op niet gedetecteerde blindgangers.

De gemeente Zwolle wil nu het onderzoek gaan beëindigen. In dat kader wil de gemeente op enige wijze een verbod op sterke trillingen binnen 10 meter van de niet onderzochte locaties opleggen en tevens verbieden of ontraden om onder de betreffende woningen of schuren te graven dieper dan 1 meter beneden huidig maaiveld. Voor zover er op enig moment een vergunning verleend zou worden voor het aanleggen van een kelder op de niet onderzochte locaties, wil de gemeente na ontgraving tot 1 meter beneden omringend maaiveld een aanvullende detectie laten uitvoeren om de aanwezigheid van een blindganger ter plaatse uit te sluiten. Tevens wil de gemeente op enige wijze zeker stellen dat bij een toekomstige sloop van de nog niet onderzochte locaties, na sloop bovengrondse delen, alsnog een onderzoek naar mogelijke blindgangers zal worden uitgevoerd. Enkele bewoners hebben moeite met het voornemen van de gemeente; zij maken zich zorgen over hun veiligheid, de verkoopbaarheid en mogelijke waardedaling van hun woning.

De gemeente Zwolle heeft TNO gevraagd de uitgebrachte rapporten en conclusies daarin te toetsen, een oordeel te geven over de door de gemeente voorgenomen maatregelen en een uitspraak over de risico's van spontane detonatie van eventueel aanwezige blindgangers te doen. Voor zover nodig is tevens gevraagd om haar te ondersteunen in de communicatie richting haar burgers.

In dit rapport worden de volgende aspecten behandeld in hoofdstuk twee tot en met vijf:

- Review informatie/documentatie;
- Bepalen van de kans op aanwezigheid van blindgangers;
- Bepalen van de kans op detonatie van blindgangers;
- Oordelen over de voorgenomen maatregelen door de gemeente.

Hoofdstuk zes beschrijft de conclusies. Advies wordt gegeven in hoofdstuk zeven.

2 Review informatie/documentatie

TNO heeft de volgende door de gemeente Zwolle aangeleverde documenten bestudeerd:

1. Saricon, Adviesrapport Conventionele Explosieven (CE) probleemlocaties AK, WV en ZW, 72479-AR-04, 2-11-2009;
2. Saricon, Probleeminv. CE Hoofdwatereg. te Zwolle 72479-AR-03, 18-05-2009;
3. Saricon, Eindrapportage, 10S048-PVO-totaal, 15-12-2011;
4. Saricon, Aanvullend onderzoek CE Holtenbroek, 10S050-AR-04, 27-05-2010;
5. Luchtfoto's van vlucht 025, 187, 201 en 228 (van de TU Wageningen);
6. Luchtfoto's van 24 dec 1944, 22 jan en 20 apr 1945 (van de afd. Archeologie).

In de uitvoerige en gedetailleerde rapportages van Saricon worden stukken gepresenteerd en beschreven uit de National Archives te Londen UK en het Reconnaissance Report uit het Filmarchief van het Imperial War Museum te Duxford UK. Uit deze stukken kan het bombardement op de wijk Holtenbroek te Zwolle als volgt worden samengevat: Op 29 oktober 1944 rond 7:45 stijgen 30 Mitchell B-II bommenwerpers van de Royal Air Force 139 Wing op vanaf vliegveld Melsbroek nabij Brussel, België. Het doel is de spoorbrug over de IJssel ten Zuidwesten van Zwolle. De aanval wordt uitgevoerd door 18 vliegtuigen van het 98 squadron en 12 vliegtuigen van het 180 squadron. De bommenlast per vliegtuig bestaat uit 8 x 500 lbs Medium Capacity met Time Delay (TD) of tijdsvertraging van 0.025 s. Onderweg en boven Zwolle worden de vliegtuigen beschoten door luchtafweergeschut (flak). De aanval wordt rond 9:00 uitgevoerd door 5 boxes van 6 vliegtuigen. De afwerphoogte ligt tussen de 12000 – 13000 ft (3600 – 4000 m) en het zicht wordt belemmerd door 80% bewolking op 8000 ft (2400 m). De 1^e box maakt 3 runs, de 2^e en 3^e box 2 runs, de 4^e en 5^e box maken 1 run.

Op basis van het aantal inslagen, door Saricon vastgesteld op 43, kan worden geconcludeerd dat zes vliegtuigen, dus uit 1 box, hun bommen gelost hebben op Holtenbroek en omgeving.

Het bombardement op Holtenbroek is gefilmd door F/Sgt Easton in een vliegtuig van het 180 squadron dat werd gevlogen door F/O Bateson. De vliegrichting is Noordoost naar Zuidwest. De beelden laten zien dat er 8 bommen geclusterd met dezelfde snelheid omlaag vallen, dat 3 bommen geclusterd en een enkele bom afzonderlijk neerdalen, en dat er 2 bommen tuimelend vallen waarvan er 1 lijkt over te gaan in een stabiele vlucht. Vervolgens is een cluster aan detonaties te zien in de wijk Holtenbroek, 1 inslag in de uiterwaarden van het Zwarte Water en een versterking van het wateroppervlak van het Zwarte Water. Uit de beelden stelt TNO vast dat de bommenlast van elk vliegtuig niet noodzakelijkerwijs geclusterd per 8 acht is ingeslagen. Interessant is ook dat er voor het 180 squadron melding wordt gemaakt van 5 vliegtuigen met minor flak damage en 1 met major flak damage. Dit laatste vliegtuig, de FW135 met bemanning Bruce, Kerans, Banes en Dennis, is binnengekomen op 1 motor en heeft een buiklanding gemaakt (met ingetrokken landingsgestel). Omdat de "down time" voor het landen op Melsbroek gelijk is aan die van de FW185 gevlogen door Bateson met de filmcamera aan boord (namelijk rond 10:00), concludeert TNO dat het toestel met major flak damage zeer waarschijnlijk deel uitmaakte van de box die zijn bommen heeft gelost op Holtenbroek¹.

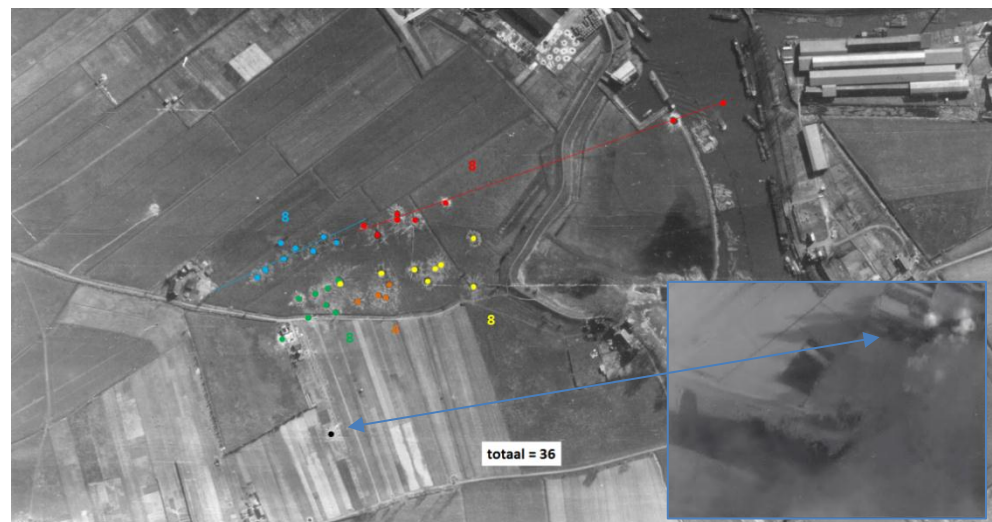
¹ De andere box van het 180 squadron landde rond 9:40.

3 Kans op aanwezigheid van blindgangers

TNO heeft de beschikbare luchtopnames bestudeerd en onderling vergeleken om de kans op de aanwezigheid van blindgangers te kunnen inschatten in Holtenbroek als gevolg van het bombardement van 29 oktober 1944. De luchtopnames, bestudeerd met behulp van een hoge resolutie beeldscherm, zijn:

- 6 oktober 1944 (voor het bombardement);
- 29 november 1944;
- 1 januari 1945;
- 15 maart 1945;
- 20 april 1945.

In Figuur 1 tot en met Figuur 5 zijn de zichtbare inslagen weergegeven waarvan met zekerheid kan worden gesteld dat er daadwerkelijk een detonatie heeft plaatsgevonden. In Figuur 1 zijn in totaal 36 inslagen zichtbaar². De kleuren zijn ter verduidelijking van de telling aangebracht; zij geven een mogelijke maar (vanwege de zichtbare spreiding in inslagen) niet per definitie juiste combinatie van afgeworpen bommen per vliegtuig weer. Moeilijk interpreteerbare inslagen in de sloot (blauw linksboven), op de weg (groen) en een dubbele inslag op nagenoeg de zelfde locatie (groen en geel) worden bevestigd met behulp van de luchtopname in Figuur 2. De inslag (in rood, geheel rechts) in het Zwarte Water wordt bevestigd door de versterking van het wateroppervlak die zichtbaar is op de filmbeelden (zie Hoofdstuk 2). De ogenschijnlijke krater ten noorden van het cluster met inslagen (op de foto ten zuiden van het cluster en aangegeven in zwart), blijkt bij nadere inspectie geen inslag te zijn omdat er op de filmbeelden geen detonatie zichtbaar is in dit gebied (zie insert in Figuur 1, met rechts in de insert het cluster van inslagen).



Figuur 1 Luchtfoto van 15 maart 1945 met in totaal 36 zichtbare inslagen. De insert met stilstaand beeld uit de film (genomen vanuit een andere hoek dan de luchtfoto) laat rechts het cluster inslagen zien.

² Op basis van grondradar detectie telt Saricon 1 extra krater tussen de inslagen die in Figuur 1 geel zijn gemarkeerd (zie Paragraaf 4.5 Aanvullend onderzoek CE Holtenbroek, 10S050-AR-04). Deze krater wordt door TNO en Saricon niet waargenomen op de luchtfoto's.



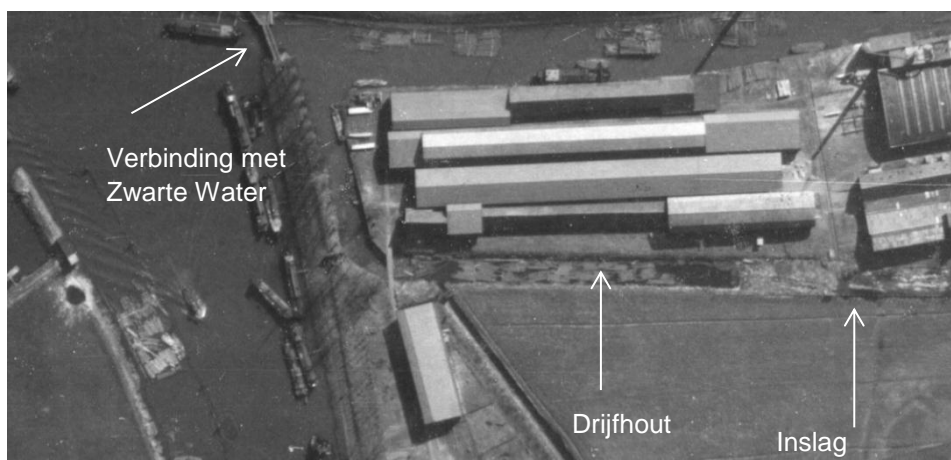
Figuur 2 Luchtfoto van 29 november 1944 met zichtbare dubbele inslag, inslag in sloot en op de weg.

Op de luchtfoto in Figuur 3 zijn in totaal 5 inslagen zichtbaar. De inslag nabij de houthandel is moeilijk zichtbaar omdat deze waarschijnlijk heeft plaatsgevonden in een kanaal met drijfhout dat in verbinding stond met het Zwarte Water, zie Figuur 4. De detonatie nabij de houthandel wordt echter bevestigd in een proces verbaal van de hoofdinspectie van de luchtbescherming van 29 oktober 1944 12:20 (circa 3 uur na het bombardement), dat door Saricon is gevonden in het archief van het Nederlands Instituut voor Oorlogs Documentatie (NIOD).

In Figuur 5 is een enkele inslag zichtbaar die in lijn ligt met de vliegroute. De vliegroute kan worden vastgesteld door vanaf de inslag in de uiterwaarden van het Zwarte Water via de geclusterde bommen in Holtenbroek een lijn te extrapoleren naar het noordoosten. De procedure voor bombarderen hield in dat alle vliegtuigen al hun bommen losten in een zo dicht mogelijke formatie op het moment dat de box leader al zijn bommen loste [1]. Afwijkende inslagen, dat wil zeggen inslagen buiten het cluster, worden vanwege de vertraging tussen de box leader en de overige toestellen dus eerder verwacht na het cluster van inslagen (in de richting van de houthandel) dan ervoor. Het is echter mogelijk dat de enkele inslag in Figuur 5 is veroorzaakt doordat de box leader zijn bommen niet geclusterd per 8 heeft afgeworpen (bijvoorbeeld eerst 1 dan 7) of door een tuimelende bom van de box leader of een van de andere toestellen (zoals zichtbaar op de filmbeelden).



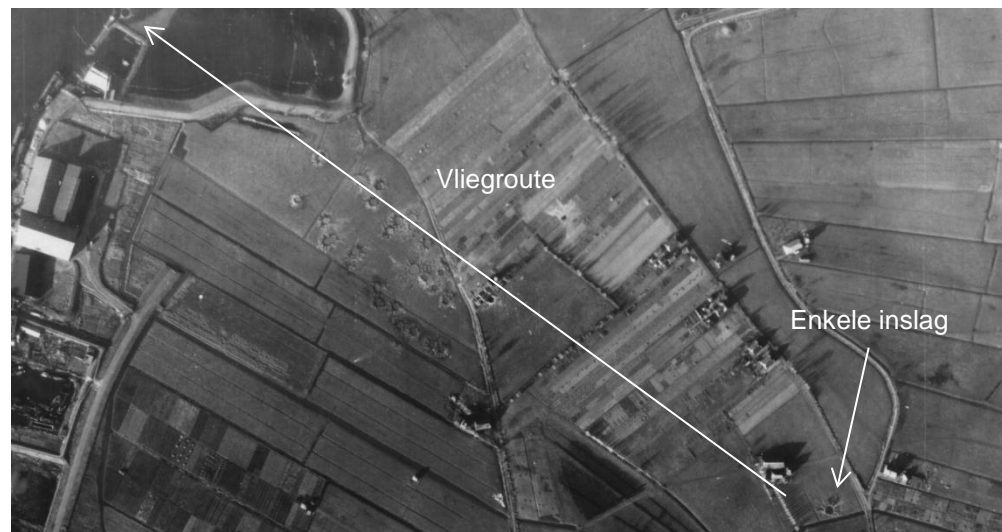
Figuur 3 Luchtfoto van 29 november 1944 met een inslag nabij de houthandel en vier inslagen naar het zuid westen (foto is gespiegeld ten opzichte van de OW-as).



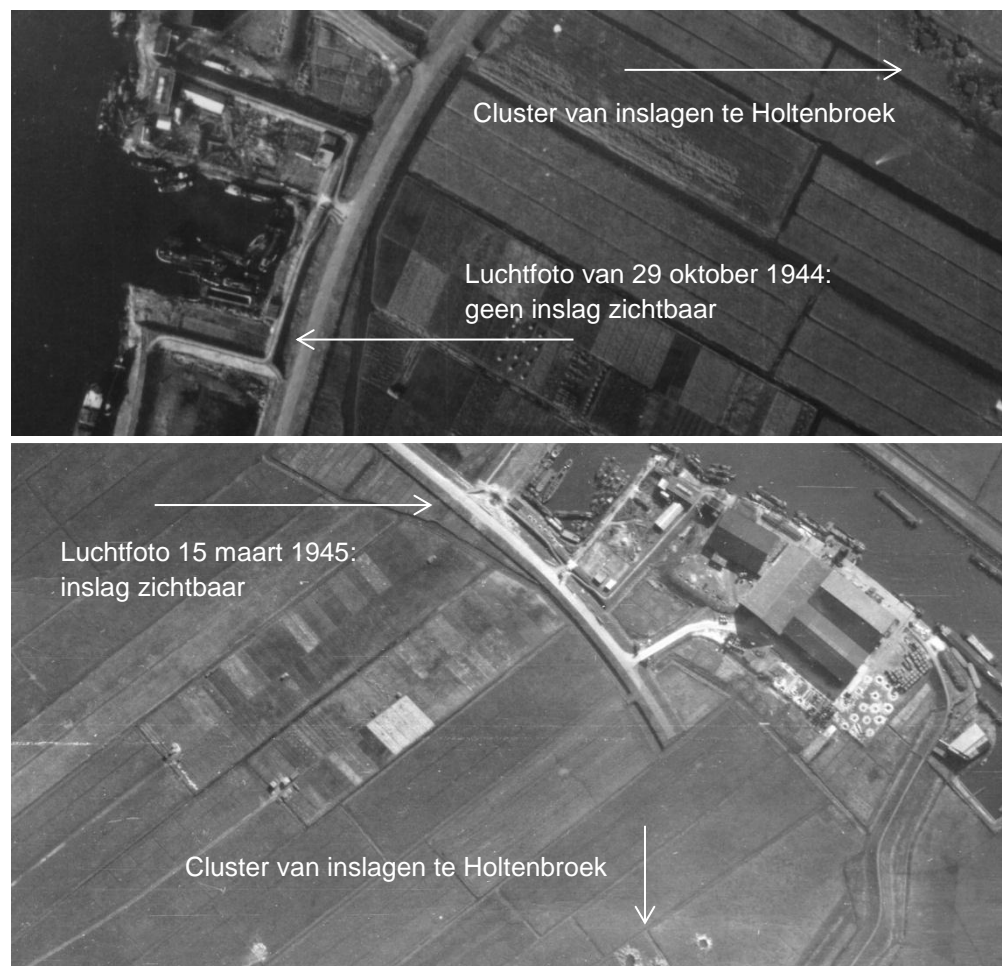
Figuur 4 Luchtfoto van 15 maart 1945 (uitvergroot) met zichtbare inslag nabij de houthandel.

Het aantal zichtbare inslagen op de luchtopnamen in Figuur 1 tot en met Figuur 5 waarvan met zekerheid kan worden gesteld dat er een detonatie heeft plaatsgevonden is gelijk aan 42. Dit is conform de conclusie van Saricon op basis van luchtopnamen. Hierbij wordt nog opgemerkt dat:

- de inslag die zichtbaar is nabij de Industrieweg ter hoogte van de huidige Willaertstraat niet is meegeteld omdat deze afkomstig moet zijn van een ander bombardement dat heeft plaatsgevonden na 29 oktober 1944; de inslag, zichtbaar op de luchtfoto van 15 maart 1945, is namelijk niet zichtbaar op de foto van 29 november 1944, zie Figuur 6;
- Saricon 1 extra krater telt op basis van grondradar detectie (dus 43 in totaal).



Figuur 5 Luchtfoto van 29 november 1944 met een enkele inslag in lijn met de vliegroute.

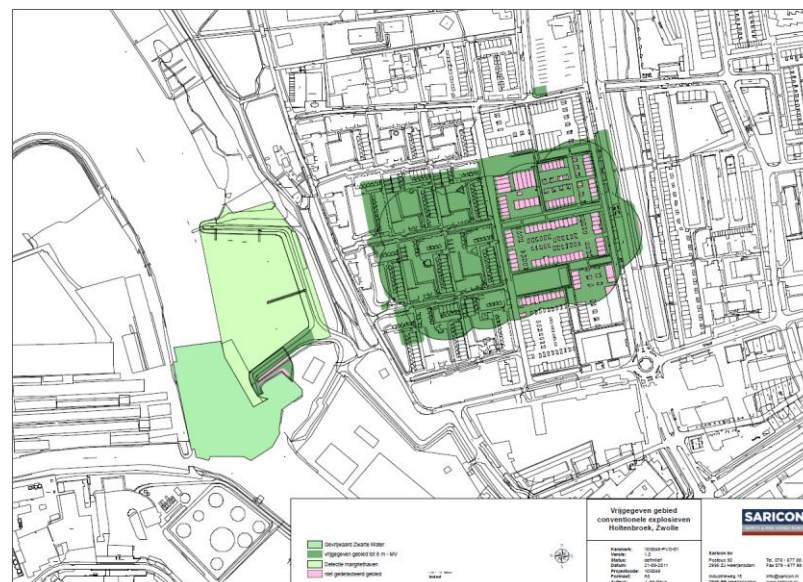


Figuur 6 Inslag ter hoogte van de huidige Willaertstraat; niet zichtbaar op de luchtfoto van 29 november 1944, wel zichtbaar op de luchtfoto van 15 maart 1945.

Saricon stelt terecht dat het waarschijnlijk is dat alle 6 vliegtuigen van de box hun bommenlast volledig hebben afgeworpen omdat er in de logboeken van het 180 squadron geen melding is gemaakt van “hang ups”, het afwerpen van bommen in de safe position, of het niet afwerpen van een aantal bommen³. Omdat er dus mogelijk sprake is van blindgangers, heeft Saricon in opdracht van de gemeente Zwolle een uitgebreid detectieonderzoek uitgevoerd met behulp van grondradartechnologie met een penetratiediepte tot 8.5 m beneden maaiveld.

TNO stelt vast dat deze penetratiediepte voldoende is: voor “high-altitude bombing” (10000 ft, 3000 m, of hoger) worden bommen normaliter afgeworpen wanneer het vliegtuig horizontaal vliegt op ongeveer 1 km vanaf het doel. Typische bom impact snelheden liggen tussen de 800 – 1100 ft/s (240 – 340 m/s) met een impact hoek van 70° ten opzichte van de horizon [2]. De penetratiediepte is afhankelijk van de grondsoort en grondopbouw. De maximale diepte van een 500 lbs (225 kg) blindganger of bom in de safe position, die inslaat met maximale snelheid, is [3]: 4.1 – 4.6 m voor een zandbodem; 5.0 – 5.5 m voor een zand/leembodem; 5.7 – 6.3 m voor een leembodem; 7.8 – 8.7 m voor een kleibodem. De penetratiediepte van de gebruikte methode is dus toereikend voor het opsporen van blindgangers ongeacht de grondsoort ter plaatse van Holtenbroek.

Het grootste deel van de wijk Holtenbroek is afgezocht met grondradar technologie. Met uitzondering van 1 woning is detectie onder woningen/schuren niet uitgevoerd vanwege de (ARBO-)technische en fysieke beperkingen. De oppervlakte van het niet geïnspecteerde oppervlakte is ongeveer 10% van het totale oppervlak, zie groen gearceerde gebied in Figuur 7. Het feit dat er in ongeveer 90% van het totale gebied, inclusief het gebied tussen de niet geïnspecteerde oppervlakken, geen blindgangers zijn aangetroffen met behulp van grondradar is een indicatie dat er mogelijk helemaal geen blindgangers aanwezig zijn in Holtenbroek.



Figuur 7 Vrijgegeven gebied in Holtenbroek in groen, na uitvoering van detectiewerkzaamheden. Het niet geïnspecteerde gebied is weergegeven in roze.

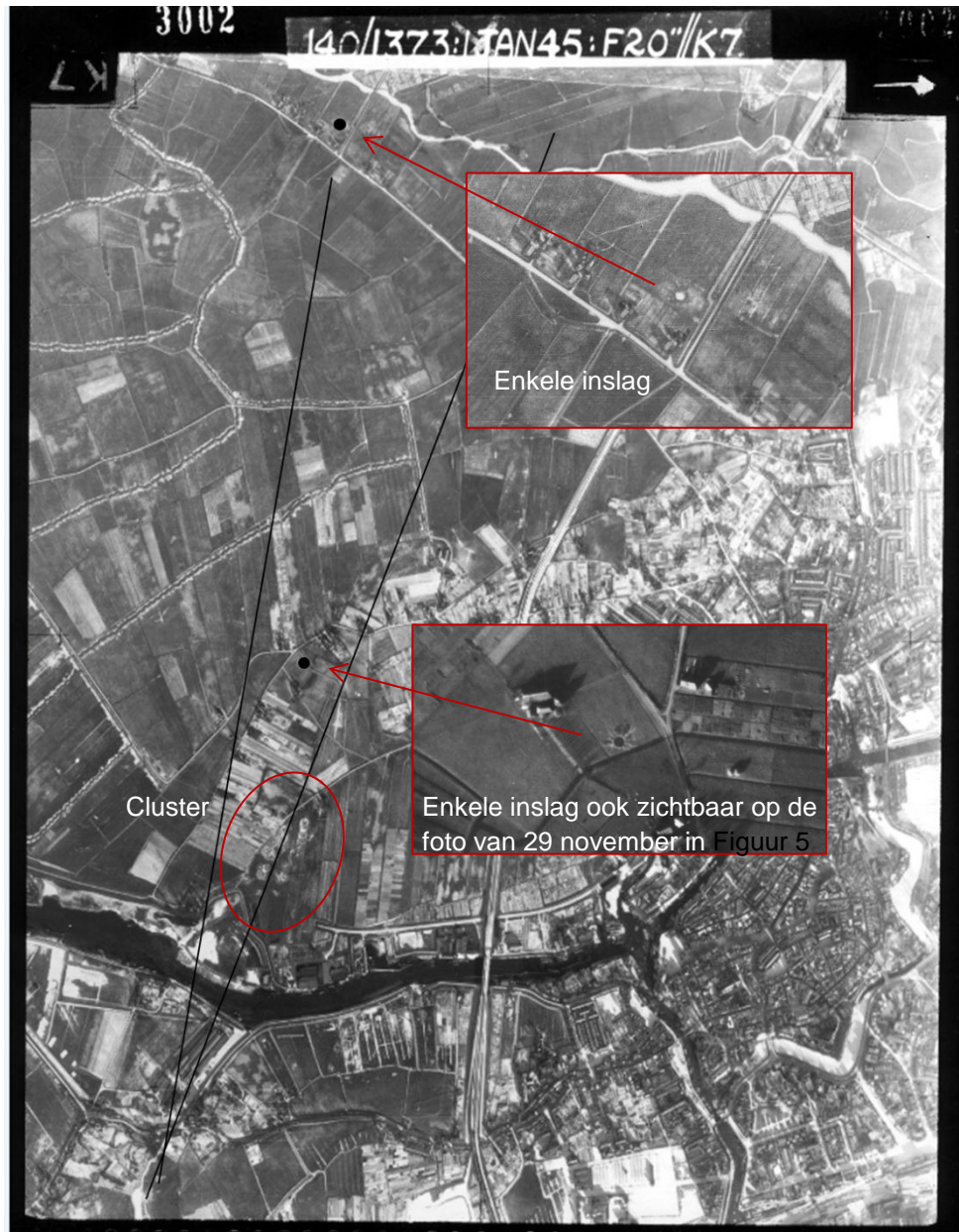
³ Desalniettemin bestaat de mogelijkheid van onvolledige rapportage.

TNO heeft de beschikbare luchtfoto's nogmaals bestudeerd in een poging te achterhalen waar de 6 mogelijk ontbrekende bommen zijn ingeslagen. Uit de luchtopnames blijkt duidelijk dat niet alle afgeworpen bommen geclusterd per 8 zijn afgeworpen omdat er enkele inslagen zichtbaar zijn die ver verwijderd van elkaar en van het cluster liggen. Dit betekent dat de ontbrekende bommen niet noodzakelijkerwijs als blindganger deel hoeven uit te maken van het cluster van inslagen in Holtenbroek; de ontbrekende bommen kunnen dus ook buiten dit gebied zijn ingeslagen. Verder blijkt ook dat de uitworp van grond rondom het punt van inslag (de "kraag") kan variëren in omvang en dat inslagen op de ene foto duidelijk zichtbaar kunnen zijn terwijl deze op een andere foto, onder een andere hoek, zeer moeilijk zichtbaar kunnen zijn. Als laatste geldt dat de mogelijkheid bestaat dat de "kraag" van een inslag wordt gemaskeerd door de "kraag" van een andere inslag die later heeft plaatsgevonden (binnen hetzelfde bombardement).

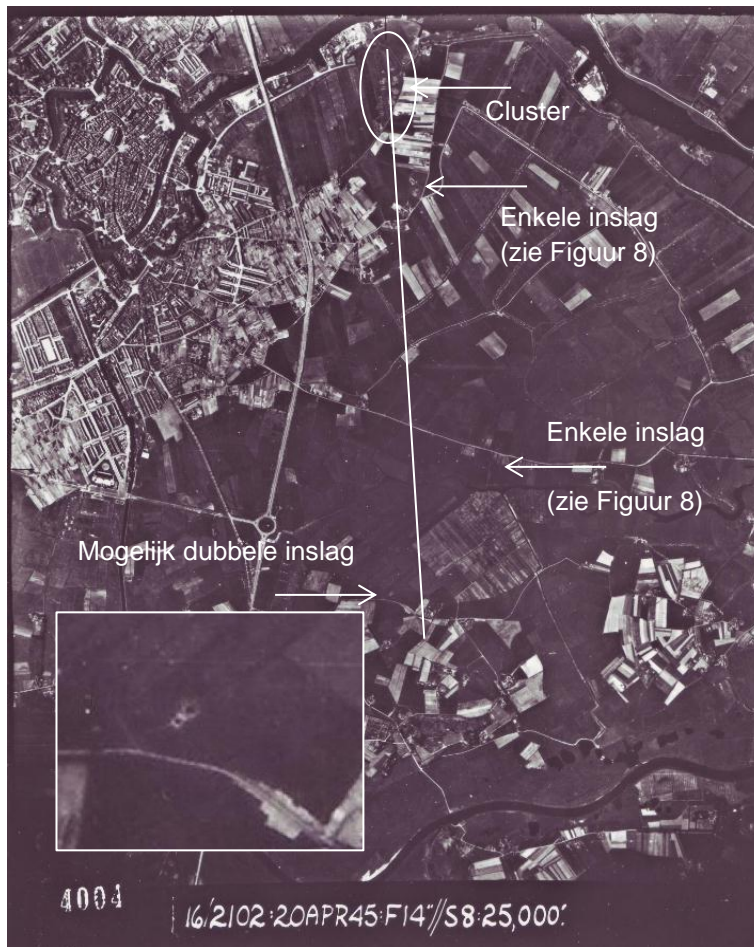
In Figuur 8 is een luchtfoto weergegeven uit januari 1945. Deze laat naast de geclusterde bommen in Holtenbroek en de enkele inslag uit Figuur 5 nog een enkele inslag zien richting het noordoosten. Omdat deze krater redelijk in lijn ligt met de vliegroute van NO naar ZW⁴ behoort deze bom mogelijk tot hetzelfde bombardement. Hoewel de waarschijnlijkheid afneemt met toenemende afstand tot aan het cluster dat een enkele inslag behoort tot hetzelfde bombardement als van het cluster, kan deze mogelijkheid niet worden uitgesloten; wellicht is deze bom bewust voortijdig afgeworpen vanwege een technisch mankement (bijvoorbeeld als gevolg van opgelopen flak schade eerder in de vlucht).

Figuur 9 tot en met Figuur 11 demonstreren *mogelijke* inslaglocaties; van deze locaties kan niet met zekerheid kan worden gesteld dat er daadwerkelijk een detonatie heeft plaatsgevonden. Figuur 9 geeft een luchtopname weer van 20 april 1945 waarop een tweetal verstoringen zichtbaar zijn in het landschap die in lijn liggen met de vliegrichting van het bombardement op 29 oktober 1944; mogelijk zijn deze verstoringen veroorzaakt door een tweetal inslagen van bommen die bewust voortijdig zijn afgeworpen.

⁴ Bedenk dat de vliegroute niet in een perfecte rechte lijn hoeft te liggen; uitwijken door/voor luchtafweergeschut of door flak schade door een of meerdere vliegtuigen is mogelijk. Merk ook op een foto kan vertekenen; de eerste enkele inslag ten noorden van het cluster ligt niet precies op de lijn die vanuit de houthandel en het cluster is geëxtrapoleerd terwijl dit in Figuur 5 wel het geval is. Dat de meest noordelijke inslag in Figuur 8 mogelijk het resultaat is van een ander bombardement op Zwolle vergt nadere studie. Voor een overzicht van overige bombardementen op/nabij Zwolle zie [4].

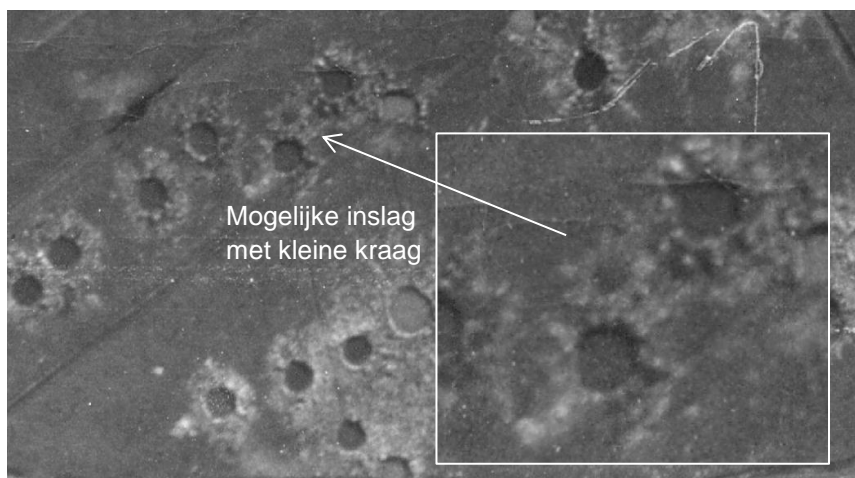


Figuur 8 Luchtfoto van 1 januari 1945 met de brug over het Zwarte Water en 1 inslag ten noordoosten van de overige inslagen.



Figuur 9 Luchtfoto van 20 april 1945 met een mogelijk dubbele inslag in lijn met de vliegroute.

Figuur 10 presenteert een vergrote weergave van een deel van de luchtopname van 15 maart 1945 uit Figuur 1. Hierop lijkt een inslag met een relatief kleine "kraag" zichtbaar tussen het eerder geconstateerde inslagen patroon.



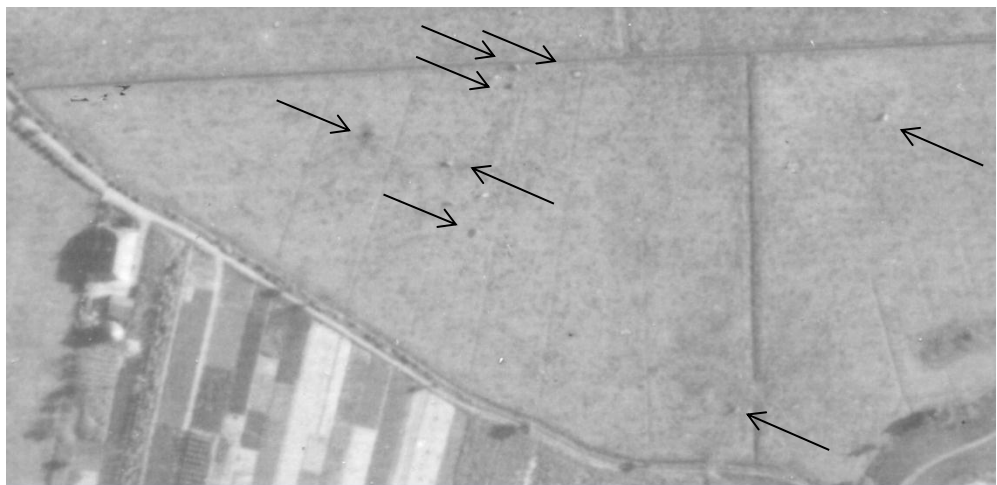
Figuur 10 Luchtfoto van 15 maart 1945 met mogelijke inslag met kleine kraag.

Figuur 11 presenteert een vergrote weergave van een deel van de luchtopname van 29 november 1944 uit Figuur 3. De relatief grote "kraag" van een van de inslagen duidt mogelijk op een dubbele inslag op dezelfde locatie in plaats van een enkele inslag. Bovendien laat deze luchtfoto zien dat er mogelijk ook inslagen bij deze groep horen die het aangrenzende water hebben getroffen.



Figuur 11 Luchtfoto van 29 november 1944 met een mogelijk dubbele in plaats van enkele inslag.

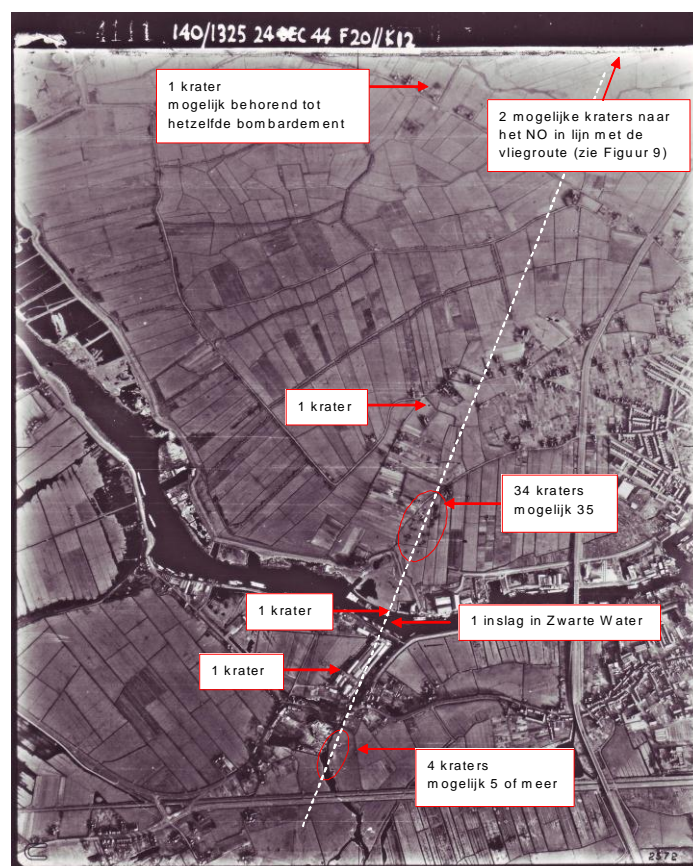
Ten slotte is het gebied met geclusterde inslagen nagezocht op kleine zwarte stippen die de locatie zouden kunnen duiden van ingeslagen blindgangers. Met uitzondering van enkele zwarte stippen die ook zichtbaar zijn op de luchtopname van 6 oktober 1944, dus voor het bombardement (zie Figuur 12), zijn deze stippen niet waargenomen.



Figuur 12 Luchtfoto van 6 oktober 1944 met enkele zichtbare zwarte stippen.

Resumerend wordt het volgende vastgesteld:

- Het inslag patroon van de bommen kan niet worden verklaard op basis van de beschikbare luchtopnamen, filmbeelden en overige informatie. Het vermoeden bestaat dat de spreiding is veroorzaakt door technische problemen aan een of meerdere toestellen. Om het inslag patroon te kunnen doorgronden is nader onderzoek vereist;
- 42 inslagen als gevolg van gedetoneerde bommen zijn teruggevonden op de beschikbare luchtopnamen, conform de conclusie van Saricon (dat 1 extra inslag vaststelt op basis van grond radar detectie). Er is 1 inslag relatief ver ten noordoosten van Holtenbroek gevonden die mogelijk tot het zelfde bombardement behoort. Er zijn enkele locaties gevonden waar mogelijk additionele inslagen zichtbaar zijn. Zie Figuur 13 voor een overzicht van alle vastgestelde en mogelijke kraters als gevolg van het bombardement op 29 oktober 1944.



Figuur 13 Overzicht met vastgestelde en mogelijke kraters als gevolg van het bombardement op 29 oktober 1944.

Op basis van de uitgevoerde radardetectie waarbij geen blindgangers zijn aangetroffen, het inslag patroon van de bommen en de mogelijke additionele inslagen, wordt geconcludeerd dat blindgangers, indien aanwezig, zich niet noodzakelijkerwijs in de wijk Holtenbroek bevinden. De kans dat er zich een blindganger bevindt onder een van de huizen waarvoor radardetectie niet is uitgevoerd, wordt daarom ingeschat als zeer klein.

4 Kans op detonatie van een blindganger

In dit hoofdstuk wordt de kans op een detonatie van een blindganger beschreven. Er wordt onderscheid gemaakt tussen een spontane en accidentele detonatie. Daarnaast wordt ingegaan op de veroudering van de springstof.

4.1 Spontane detonatie

Omdat bommen meer schade aanrichten na enige penetratie in de grond dan op de grond, wordt er gebruik gemaakt van een tijdsvertraging (Time Delay) in de (impact) fuze (ontsteker) die bestaat uit een striker en een primer/detonator. De ingestelde tijdsvertraging van de fuze bepaalt dus de diepte waarop de primer/detonator de hoofdvlading van de bom doet detoneren ("aanzet"). Daarnaast wordt er gebruik gemaakt van fuzes zonder vertraging (Non Delay) waarbij de bom instantaan detoneert zodra deze het doel raakt, en van lange vertraging (Long Delay) fuzes waarbij de bom na een bepaalde tijd detoneert. De lange vertraging voordat de striker wordt geactiveerd (losgelaten) en inslaat op de primer/detonator kan variëren tussen minuten en dagen en wordt gerealiseerd via mechanische weg (klokmechanisme) of via een chemische reactie.

In het geval van een blindganger bestaat er een kans op een spontane detonatie indien de bom is uitgerust met een Long Delay fuze. Bij dit type ontsteker is het voorgekomen, hoewel uiterst zeldzaam, dat spontane detonatie van de bom heeft plaatsgevonden door activering van de fuze zonder externe stimulus (excitatie). Voor de wijk Holtenbroek is de kans op een spontane detonatie echter nihil omdat uit de archiefstukken blijkt dat er voor de afgeworpen 500 lbs bommen een Time Delay (TD) is gebruikt van 0.025 s.

4.2 Accidentele detonatie

In deze paragraaf wordt de kans op een accidentele detonatie beschreven waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen een bom in de "safe position" en een blindganger.

4.2.1 *Detonatie van een bom in de safe position*

Bom fuzes staan tijdens transport standaard in de "unarmed" of "safe position". Dit betekent dat een "arming wire" voorkomt dat de striker kan inslaan op de primer/detonator. De bom staat dus tijdens transport niet op scherp. De "arming wire" wordt mechanisch verwijderd op het moment dat de bom wordt gelost. De bom blijft in de safe position totdat een "vane" (kleine propeller) een bepaald aantal omwentelen heeft gemaakt en de fuze op scherp zet; dit extra veiligheidsmechanisme zorgt ervoor dat de bom zich van het vliegtuig kan verwijderen voordat de bom op scherp komt te staan. In noodgevallen schreef het trainingshandboek voor piloten [1] voor om zoveel mogelijk ballast af te werpen inclusief de bommenlast indien nog aanwezig. Deze bommen worden dan afgeworpen in de safe position, dat wil zeggen, samen met de arming wire die het functioneren van de fuze onmogelijk maakt.

De kans op een detonatie van een bom in de safe position door externe stimulus (bijvoorbeeld sterke trillingen) van de fuze is daarom nihil. De kans op detonatie van een bom in de safe position door directe impact op de hoofdlading (bijvoorbeeld bij het raken van de bom door een heipaal) is zeer klein. Deze kans reduceert tot nul indien heiwerkzaamheden en het slaan van damwanden worden verboden in het deel van de woonwijk waar nog geen grondradar detectie heeft plaatsgevonden.

4.2.2 *Detonatie van een blindganger*

Detonatie van een blindganger met een Time Delay fuze is mogelijk door een externe stimulus, dus in het geval van activering van de fuze door sterke trillingen of via directe impact op de hoofdlading. De kans op activering van de fuze door sterke trillingen wordt klein geacht. De kans op detonatie via directe impact op de hoofdlading wordt zeer klein geacht. Deze beweringen worden onderbouwd door het feit dat er geen accidentele detonaties hebben plaatsgevonden in Holtenbroek tijdens:

- de bebouwing in begin jaren 60 na ophoging met bijbehorende heiwerkzaamheden;
- de recente sloop inclusief verwijderen van ondergrondse elementen als funderingspalen;
- de recente herbebouwing met bijbehorende heiwerkzaamheden.

Deze kansen kunnen worden gereduceerd door heiwerkzaamheden en het slaan van damwanden te verbieden in/nabij het deel van de woonwijk waar nog geen grondradar detectie heeft plaatsgevonden (zie Hoofdstuk 7 voor advies met betrekking tot afstanden). Na invoering van deze maatregelen acht TNO de kans nihil op accidentele detonatie door activering van de fuze; de kans op accidentele detonatie door directe impact op de hoofdlading wordt nul.

4.3 **Veroudering van de springstof**

Veroudering van springstoffen wordt aangetroffen bij initiaalspringstoffen in de ontsteker (die bij impact van de striker een vlam omzetten naar een detonatie). Het betreft meestal het ontleden van de initiaalspringstof ten gevolge van de chemische reactie met water. Het bekendste voorbeeld hiervan is loodazide; na verloop van tijd wordt dit omgezet in loodoxides en hydroxides die geen explosieve eigenschappen meer bezitten. Het resultaat is dat de fuze (ontsteker) een verminderde of geen enkele reactie meer kan vertonen ten gevolge van mechanische impact. Fuzes kunnen door veroudering dus ongevoeliger worden.

Onder de conditie dat loodazide en koperen delen van de ontsteker met elkaar in verbinding staan en worden blootgesteld aan waterdamp en kooldioxide, kan het zeer (schok)gevoelige koperazide worden gevormd [5]. Dit is een tussenproduct dat met vocht verder reageert tot koper oxide en koper hydroxide, stoffen die geen explosieve eigenschappen bezitten. Omdat koperazide gevoeliger is dan loodazide bestaat onder de genoemde condities dus de mogelijkheid dat de fuze tijdelijk gevoeliger is. Het optreden van deze tijdelijke situatie wordt door TNO echter als zeer onwaarschijnlijk beschouwd omdat een potentiële 500 lbs blindganger in de bodem van Holtenbroek zich onder het grondwaterpeil bevindt.

Indien vocht de ontsteker binnendringt wordt deze dus aan water blootgesteld in plaats van aan waterdamp; water leidt niet tot de vorming van koperazide, zet energetische stoffen om in niet-energetische stoffen en maakt de ontsteker ongevoeliger vanwege haar vlamdovende werking.

De hoofdclading van een bom uit WOII bestaat meestal uit TNT. Deze springstof is zeer stabiel maar veroudering kan optreden in de vorm van exudatie (uitzweeting). Dit proces kan voorkomen bij springstoffen op basis van 2,4,6-trinitrotolueen zoals TNT, compositie B en tritonal. Bij de productie van TNT ontstaan bijvoorbeeld asymmetrische trinitro toluenen (bijvoorbeeld 2,3,5 TNT) en dinitro toluenen (DNT). Deze stoffen zijn onderling oplosbaar. Uitzweeting begint bij temperaturen in de nabijheid van het smeltpunt (bijvoorbeeld rond de 80°C voor TNT en rond de 70°C voor DNT). Hierbij migreren de meer mobiele componenten zoals bijvoorbeeld DNT uit de hoofdclading.

De geëxudeerde componenten zijn minder energetisch dan TNT (vanwege een lager aantal nitro groepen) en de stoot- en wrijvingsgevoeligheid van DNT is vergelijkbaar of lager dan die van TNT [6].

Door uitzweeting kunnen holtes ontstaan. Bij zeer snelle/zware schokken, zoals die bijvoorbeeld optreden bij het afvuren van een granaat door een houwitser, kunnen deze holtes de springstof gevoeliger maken. Trillingen als gevolg van heiwerkzaamheden zijn echter niet krachtig genoeg voor initiatie via deze holtes.

Daarnaast kan het exudaat door de schroefdraad van de ontsteker naar buiten treden. Daarbij kristalliseert het TNT weer tot fijne witte kristallen die gevoelig en daarom gevaarlijk kunnen zijn omdat deze bij demontage (losschroeven van de detonator van de granaat) kunnen reageren en een vlam veroorzaken [7], waarbij initiatie van de detonator en dus detonatie van de bom niet uitgesloten kan worden. Dit gevaar is echter niet aan de orde omdat omwonenden in het geval van demontage vooraf zullen worden geëvacueerd.

Kortom, exudatie leidt niet tot gevoeliger worden van de hoofdclading voor externe stimuli⁵.

Samenvattend wordt geconcludeerd dat veroudering van een bom (met een Time Delay fuze) niet leidt tot verhoging van de kans op detonatie.

⁵ Afgezien van de vraag of de temperatuur in de bodem onder Holtenbroek sowieso aanleiding geeft voor exudatie.

5 Oordeel over de maatregelen van de gemeente

Het enige denkbare scenario waarbij een blindganger, indien aanwezig onder een van de woningen/schuren in de wijk Holtenbroek, tot ontploffing komt, is door activering van de fuze door sterke trillingen of via directe impact op de hoofdclading. De gemeente Zwolle wil op enige wijze een verbod op sterke trillingen opleggen en tevens verbieden of ontraden om onder de woningen of schuren te graven beneden het oorspronkelijk maaiveld, waaronder nog geen radardetectie heeft plaatsgevonden. Met het invoeren van deze mitigerende maatregelen garandeert de gemeente Zwolle de veiligheid van de bewoners in de wijk Holtenbroek maximaal; aanvullend detectie onderzoek onder de huidige woningen/schuren wordt na invoering van deze maatregelen niet noodzakelijk geacht. De gemeente Zwolle heeft het voornemen om aanvullend detectie onderzoek uit te laten voeren bij toekomstige additionele bebouwing en herbebouwing binnen het niet onderzochte gebied. Dit voornemen beschouwt TNO als adequaat om de veiligheid van de bewoners bij (her)bebouwing optimaal te (blijven) garanderen.

6 Conclusies

Waarschijnlijk zijn er 48 bommen afgegooid bij het bombardement op 29 oktober 1944. 42 inslagen als gevolg van gedetoneerde bommen zijn door TNO teruggevonden. Op basis van deze telling zijn er maximaal 6 blindgangers achtergebleven⁶.

De kans op de aanwezigheid van een blindganger onder een van woningen in de wijk Holtenbroek, waaronder nog geen radardetectie heeft plaatsgevonden, wordt zeer klein geacht.

De kans op een spontane detonatie van een blindganger is nihil.

De kans op een accidentele detonatie van een bom in de safe position door externe stimulus van de fuze is nihil.

Na invoering van een verbod op heiwerkzaamheden en het slaan van damwanden is de kans op een accidentele detonatie door directe impact op de hoofdlading van een blindganger of een bom in de safe position gelijk aan nul.

Na invoering van een verbod op heiwerkzaamheden en het slaan van damwanden is de kans op een accidentele detonatie door activering van de fuze van een blindganger door trillingen nihil.

Na invoering van een verbod op heiwerkzaamheden en het slaan van damwanden wordt de totaal kans⁷ op een detonatie van een blindganger onder een woning/schuur in de wijk Holtenbroek verwaarloosbaar geacht.

Veroudering van een bom met een Time Delay fuze leidt niet tot verhoging van de kans op detonatie.

Na invoering van een verbod op heiwerkzaamheden en het slaan van damwanden is additioneel detectie onderzoek onder de huidige woningen/schuren niet noodzakelijk.

Aanvullend detectie onderzoek bij toekomstige (her)bebouwing binnen het niet onderzochte gebied is adequaat om de veiligheid van de bewoners bij (her)bebouwing optimaal te (blijven) garanderen.

⁶ Saricon telt 43 inslagen; 42 kraters op basis van luchtopnamen en 1 op basis van grondradar detectie.

⁷ Omdat voor een detonatie aan de voorwaarde van aanwezigheid *en* accidentele detonatie voldaan moet worden, dient de kans op aanwezigheid (zeer klein) vermenigvuldigd te worden met de kans op accidentele detonatie (nihil).

7 Advies

Detonatie van een blindganger als gevolg van heiwerkzaamheden of het slaan van een damwand op een afstand van meer dan 50 meter is praktisch onmogelijk [8]⁸. Ter afbakening van het gebied waarbinnen deze werkzaamheden verboden zijn wordt een straal van 50 meter geadviseerd, gemeten vanaf de woning of schuur waaronder nog geen grondradar detectie heeft plaatsgevonden.

Er zijn maximaal 6 blindgangers achtergebleven na het bombardement op 29 oktober 1944. Het is denkbaar dat er minder dan 6 of helemaal geen blindgangers in de wijk Holtenbroek zijn neergekomen. Om deze mogelijkheid na te gaan moet het inslag patroon eenduidig worden verklaard. Deze verklaring kan waarschijnlijk alleen worden geleverd door de nog levende bemanningsleden van het 180 (of 98) squadron. Hoewel de kans op betrouwbaar resultaat waarschijnlijk klein is, zou een poging kunnen worden overwogen om de nog levende bemanningsleden hierover te benaderen.

⁸ In [8] wordt het volgende gesteld:

1. Heien op een afstand van minder dan 10 m van een mogelijke blindganger kan zeer wel mogelijk een detonatie van die blindganger veroorzaken;
2. Het is onwaarschijnlijk dat heien op een afstand tussen de 10 en 50 m van een mogelijke blindganger een detonatie van die blindganger veroorzaakt;
3. Het is praktisch onmogelijk dat heien op een afstand van meer dan 50 m van een mogelijke blindganger detonatie van die blindganger veroorzaakt.

Opvallend is de abrupte overgang in kans op detonatie van “zeer wel mogelijk” naar “onwaarschijnlijk” bij heien op een afstand rond de 10 meter van een mogelijke blindganger. 50 m wordt aangegeven als de afstand (grens) waarbij versnellingen door heien kleiner worden dan de versnellingen die onder normale gebruikscondities op het maaiveld zijn gemeten, dat wil zeggen, kleiner dan de natuurlijke achtergrond trilling.

De originele rapportage van IFCO [8] vermeldt “Het zal naar alle waarschijnlijkheid afhangen van de gevoeligheid van het ontstekingsmechanisme of een bom bij een versnelling van ca. 1 m/s² zal exploderen. Het ontbreekt IFCO, opererend als grondmechanisch adviesbureau, aan de kennis om hierover een uitspraak te kunnen doen. Daartoe dienen andere specialisten te worden ingeschakeld.” Voor zover bij TNO bekend is de gevoeligheid van munitie (dat wil zeggen in de context van het rapport: de gevoeligheid van afgeworpen en gewapende vliegtuigbommen) voor grondtrillingen nog niet vastgesteld.

In een recent artikel geeft dezelfde auteur [9] aan dat trillingsprognoses langs theoretische weg kunnen worden uitgebracht. Daarnaast wordt melding gemaakt van een database met trillingsgegevens op basis waarvan een empirische prognose van de trillingsbelasting kan worden gegeven. Er is een onderscheid te maken tussen het heien van palen, en het laagfrequent en hoogfrequent in- of uittrillen van damwanden. Daarnaast beïnvloeden afmetingen en type van de heipaal, en vastheid van de ondergrond de trillingsbelasting. In de prognosegrafieken wordt geen rekening gehouden met de aanwezigheid van obstakels in de ondergrond. Wanneer op een obstakel wordt gestuit, nemen de trillingen in het algemeen sterk toe. In hoeverre een vliegtuigbom in de ondergrond overeenkomt met een bedoeld obstakel, is onduidelijk.

Omdat 50 m de grens is waarbij versnellingen door heien kleiner worden dan de natuurlijke achtergrond trilling [8] is deze grens, bij gebrek aan relevante gegevens, een veilige grenswaarde. Om deze afstand te mogen verlagen is nader onderzoek nodig.

8 Referenties

1. Pilot Training Manual for the B-25 Mitchell Bomber, 1944
2. Elements of Ammunition, T.C. Ohart, Ordnance Department, Army of the United States, 1946
3. Conventional Weapons Effects (ConWep), Calculations based on equations and curves of TM 5-855-1, Fundamentals of Protective Design for Conventional Weapons, August 1992
4. KWS Bijzondere Opdrachten, Historisch Onderzoek, Opsporen CE, Stadsgrachten Zwolle, 15-02-2008 (beschikbaar bij de gemeente Zwolle)
5. Picatinny Arsenal, Technical Group, Chemical Department, Study on the action of Lead Azide on Copper, Technical Report, February 1942
6. Meyer et al., Explosives, Wiley-VCH, 2007
7. UnExploded Ordnance, A guide for the construction industry, CIRIA C681, London UK, 2009
8. T.K. Muller, Mogelijke ondergrondse bomexplosies als gevolg van trillingen veroorzaakt door heien, IFCO B.V., Gouda, 4-7-1990. Een samenvatting van dit rapport is ondertekend (datum onbekend) door Maj. M.J. Huibers, Voormalig Commandant van de Explosieven Opruimings Dienst
9. T.K. Muller, Meten, beoordelen en voorspellen van trillingen in de bouw, Geotechniek, pg 40-46, oktober 2007.

9 Ondertekening

Rijswijk, 7 juli 2012

A handwritten signature in blue ink, consisting of a long, sweeping horizontal stroke followed by a smaller, more complex scribble below it.

Ir. H.L.J. Keizers

Afdelingshoofd

A handwritten signature in blue ink, featuring a large, stylized 'E' that loops around the name 'Kroon' written below it.

Ir. E. Kroon

Drs. N. van Ham

Auteur