

HET Vernielen van Bruggen.

(Vervolg van N^o. 12, 1871, blz. 734.)

II. STEENEN BRUGGEN.

Daar wij later *De Ontsteking* afzonderlijk wenschen te bespreken, zullen wij nu eerst onze aandacht vestigen op de brugvernielingen, waarbij dit door het springen van de pijlers geschiedde en wel op die, door de Oostenrijkers in de oorlogen van 1859 en 1866 verricht, waarbij een paar meer gedetailleerd behandeld zullen worden.

In den oorlog van 1859 zijn in Italië door de Oostenrijkers 43 bruggen vernield, waarvan 7 gemetselde spoorwegbruggen, 22 gemetselde bruggen in straatwegen, 1 ijzeren traliebrug, 2 schipbruggen, 8 groote houten jukbruggen, en 3 houten bruggen met gemetselde pijlers (1).

Spoorwegbrug over de Po bij Torre Beretti.

Den 1sten Mei 1859 kreeg een halve kompagnie genie-troepen last naar Torre Beretti te marcheeren, ten einde maatregelen te nemen, om genoemde brug te doen springen. Den 2den Mei werd nog een tweede halve kompagnie ter ondersteuning gezonden.

De vijand had op den tegenovergestelden oever batterijen opgericht, zoodat hiertegen maatregelen moesten genomen worden. Te dien einde maakte men in den nacht van den 2den op den 3den Mei een batterij op 300 pas van de brug, die des morgens met twee 12 Cers gewapend werd. Daar de waterstand zeer laag was, zoodat de eerste en gedeeltelijk ook de tweede pijler op het drooge stonden, kon men zonder stellages mineeren. Men begon hiermede 's avonds van den 3den Mei in den eersten pijler, aan den van den vijand afgekeerden kant. De pijler was lang 12^m, dik 3^m; de kamers werden ongeveer 1^m,5 boven den waterspiegel gemaakt. Het metselwerk was zeer hard,

(1) *Mittheilungen über Gegenstände der Ingenieur- und Kriegswissenschaften*. 1865.

het gereedschap gedeeltelijk reeds in de eerste uren onbruikbaar, waardoor het werk zeer vertraagd werd.

Den 4den Mei, 's avonds, waren de gangen ten getale van vier, $1^m,2$ lang. Terwijl men des nachts voortwerkte, steeg plotseling de Po zoo hevig, dat aan het bevel om te laden, geen gevolg kon worden gegeven. In een half uur stonden alle kamers onder water, zoodat, daar een spoedige val niet te verwachten was, het springen op een andere wijze beproefd moest worden.

Ten einde ten minste spoedig gedeeltelijk geholpen te zijn, besloot men om behalve nieuwe mijnkamers, nog een geul in den top van het eerste gewelf te maken. Terwijl in den loop van den 5den en 6den Mei een binnen 24 uur voltooide stelling vervaardigd was, zoodat men des avonds ten 7 ure van den 6den Mei aan het inbreken van de mijngangen kon beginnen, had men tevens den 5den Mei een 24^m lange sappe naar de brug gemaakt, ten einde een veilige communicatie te behouden. Des avonds begon de met den arbeid belaste genie-officier met 12 mineurs de geul te maken in den vorm van een ongedekt gezwinde sappe van $0^m,6$ diepte. Hoewel de vijandelijke batterij slechts 500^m verwijderd en in het verlengde van de brug gelegen was, scheen men aldaar van den arbeid niets te bemerken, zoodat het werk tot in den morgen ongestoord werd voortgezet.

In den loop van den 6den Mei werden 4 buskruitkisten, elk voor 56^k vervaardigd, geladen en elk van 4 patronen voor electrische ontsteking voorzien. 's Avonds moest eerst de geul, die de vijand door een hevig vuur gedeeltelijk gevuld had, weer opgeruimd worden, daarna werden de kisten op afstanden van $3^m,5$ in de geul geplaatst en door de geleidraden verbonden. Op de kisten werden planken en daarop spoorwegrails gebracht; de tusschenruimten werden met grond gevuld.

Het plaatsn van de lading, het opstoppen en het maken van de geleiding had 1 uur geduurd. De brug was nu tot springen gereed.

Ondertusschen had men ook aan de mijngangen doorgewerkt. In den morgen van den 8sten Mei, om 3 uur, dus na 32 uur, waren 4 mijngangen van $0^m,6$ in het vierkant en $1^m,5$ à $1^m,6$ lengte in denzelfden pijler, maar nu ter hoogte van de geboorte van het gewelf, voltooid (1).

Behalve de voorhanden 6 centenaar buskruit (336^k), waarvan 4 voor de geul waren gebruikt, ontving men nog 4 centenaar, zoodat per kamer 84^k gebezigd werd. De lading was als volgt berekend.

De formule $l = gh^3$ gaf voor $g = 4,5$ (voor metselwerk) (2) en $h = 1^m,5 =$ kortste weerstandslijn: $l = 17^k$.

Volgens het vroeger (3) aangetoonde, moest nu deze lading, daar de opstopping de helft te kort was, de gang slechts een lengte h kon verkrijgen en de

(1) Dit komt dus overeen met onze vroegere opgaven van $0^m,05$ per uur.

(2) Voor Romeinsch metselwerk is $g = \frac{1}{6} k$ volgens het *Handboek van den Mineur*, slechts ruim 4,2. Het *Practisches Taschenbuch für den Mineur*, geeft echter voor oud, zeer goed metselwerk $g = 4,55$ en voor Romeinsch $g = 4,85$.

(3) Zie *De Milit. Spect.* 1871, blz. 728.

pijler als vrijstaande muur beschouwd moest worden, $\frac{3}{2} \times \frac{3}{2} \times \frac{5}{3} = 1\frac{5}{6}$ maal genomen, en dus $17 \times 1\frac{5}{6} = 64^k$ worden. Daar het echter buskruit van 30° was (1) (evenals al het buskruit, tijdens dien oorlog uit Verona en Mantua geleverd), zou dit, tot buskruit van 40° herleid, $64 \sqrt{\frac{30}{40}} = 74^k$ geven.

De Oostenrijksche berekening was echter eenigszins anders. Men nam aan, dat de gang slechts de helft van de kortste weerstandslijn lang was, ten gevolge van de door het buskruit ingenomen ruimte. Volgens het vroeger (2) vermelde moest dan de lading met 3,3 (ons inziens echter met 3,9) vermenigvuldigd worden en werd dan 56^k . Daar de muur vrijstaande was, vermeerderde men deze hoeveelheid met $\frac{2}{3}$ van de *normaal*-lading = $11\frac{1}{3}^k$. Deze vereischte massa van $67\frac{1}{3}^k$ buskruit van 40° geeft $67\frac{1}{3} \times \sqrt{\frac{30}{40}} = 78^k$ van het voorhanden buskruit van 30°. Zooals gezegd is, nam men 84^k .

Voor de opstopping had men op 0^m,9 van het einde der gangen een sponning gehakt voor rondhouten van 0^m,15 in het vierkant, waartoe één uur gevorderd werd. Men plaatste nu eerst een rondhout, stortte het buskruit uit tot op die hoogte, plaatste dan weer een rondhout, enz.

Ten behoeve van de ontsteking werden in elke kamer 4 patronen geplaatst. Het vóór de rondhouten gelegen, 0^m,75 lange gedeelte gang werd met zandzakken gevuld.

De ontsteking geschiedde den 8sten Mei, 's ochtends om 7 $\frac{1}{2}$ uur. De pijler was tot onder den waterspiegel vernield, insgelijks beide bogen, zoodat de lading in den top van het gewelf overbodig was. Na de ontploffing volgde een hevig vijandelijk vuur.

(1) In Duitschland rekt men de sterkte van het buskruit naar het aantal graden, door een proefstang aangewezen. Het buskruit in geweren moet 70°, in geschut 60°—65°, mijnenkruit 40°—42°, springkruit (ten behoeve van het vernielen van palissaden, tamboers, sappehoofden, enz.) 20°—30° aanwijzen. Wordt niets uitdrukkelijk er bijgevoegd, dan wordt buskruit van 40° bedoeld, dat ongeveer met het onze overeenkomt. De herleiding van een lading buskruit van n graden tot een hoeveelheid van 40°, geschiedt door de formule

$$L_{40} = L_n \sqrt{\frac{n}{40}}$$

of

$$L_{40} : L_n = \sqrt{n} : \sqrt{40},$$

dat is: de ladingen zijn omgekeerd evenredig met de vierkantswortels uit de aantallen graden.

De lading, waarmee de soort van buskruit bepaald wordt, bedraagt 22,5 Gran (0^k,0016), het op te heffen gewicht 2^k,8 (stangenproef). Ook wordt de sterkte met de proefmortier bepaald naar de worpsverheden. Onder 45° moeten die voor een kogel van 82,45 Pf. (46^k) bij 5 Loth, 62 Gran (0^k,0918) lading, voor geweerkruit 115 tot 130 Klafter (218^m tot 247^m) bedragen.

(2) Zie *De Milit. Spect.* 1871, blz. 728.

Nog eenige in den oorlog van 1859 aldus vernielde bruggen zijn verder opgegeven in :

Tabel XIV.

Plaats.	Beschrijving.	Wijze van vernieling.	Lengte der opstopping.	Lading.	Arbeiders.	Tijd.	Ontsteking.	Resultaat.	Aanmerkingen.
Spoorwegbrug over de Sesia bij Vercelli.	In een hardsteen pijler lang 18 ^m , dik 3 ^m 2, waren door de Pie monteezen reeds 2 mijngangen lang 1 ^m 8, breed en hoog 0 ^m 7 gemaakt, echter vol water en modder op den bodem.	De kamers verder uitgehakt en schoon gemaakt. Bij gebrek aan tijd geen buskruitkist, maar op den vochtigen bodem spaanders, en daarop planken; eveneens werden de wanden verzekerd. De opstopping geschiedde over de geheele lengte met hout.	Vereischte lengte opstopping berekend uit $l = g (n h)^3$, 3 ^m 64. Werkelijke lengte 1 ^m 8, dus de helft te kort.	Per mijnkamer 224 ^k van 26° = 180 ^k van 40°. Men verkrijgt deze hoeveelheid door in $l = g (n h)^3$ waarin $g = 4,8$ en $h = 1m 6$ is, $n = 1,9$ te nemen, in aanmerking genomen, dat de lading voor te korte opstopping met de helft vermeerderd is geworden.	Detachement van 2 genie-troepen. Van 's nachts 14 op 15 Mei tot in den middag van den 15den Mei.		Electrisch. De electriseermachine moest eerst met den oven verwarmd worden; in elke kamer waren 2 patronen. Eerst sprong slechts 1 mijn, de 2de moest op nieuw aan den toestel verbonden worden.	De pijler tot onder den waterspiegel, benevens de beide bogen vernield.	Daar $n = 1,9$ en $h = 1m 6$ is, moest de straal van den trechter $n h = 3m 04 zijn. Toen de eerste mijn gesprongen was, kwam dit ook bijna volkomen uit, terwijl, daar de twee mijnen ongeveer 4m 5 uit elkaar lagen, de stralen over elkaar moesten komen, hetgeen ook na het springen van de 2de mijn het geval was.$
Brug in den straatweg van Buflalora over de Naviglio grande.	2 Landhoofden en 1 pijler. Spanning 6 ^m . Tongewelf in metselwerk, 1 ^m dik. Pijlerdikte 3 ^m 25. Breedte der brug 4 ^m 5.	In den pijler 2 rijen van 3 putten, diep 0 ^m 75; in de beide landhoofden 3 putten van 0 ^m 6 diepte gemaakt. Afmetingen: 0 ^m 6 in het vierkant. Daar er geen tijd was tot het maken van kisten, werd het buskruit in zakken gelegd.	Opstopping, gelijk de diepte der putten, met grond en zware steenen.	In één der landhoofden in elke kamer 14 ^k = 42 ^k . In elk der overige kamers 5 ^k 6 = 50 ^k 4. Er was voorhanden 112 ^k , het overige werd voor de buskruitworst gebruikt.			Buskruitworst, bij gebrek aan tijd door de bewoners van het dorp vervaardigd.	De boog bij het landhoofd met de sterk geladen mijnkamers werd vernield. De andere boog bleef zitten.	Het ontbrak aan tijd, middelen en manschappen om later nog den anderen boog te vernielen.
De brug in den straatweg van Curtatone over de Osone.	Gemetselde brug van 1 boog met 6 ^m spanning. De brug was niet volgemetseld, maar tusschen de 0 ^m 3 dikke vleugelmuren en het gewelf met puin en grond aangevuld.	4 Putten, diep 3 ^m 4 achter, wijd 0 ^m 6 bij 0 ^m 6 achter de landhoofden gemaakt, daár waar de grond hard genoeg was de putten zonder bekleeding te maken, hetgeen op 1 ^m 4 van de buitenkanten het geval was. Zijwaarts in de putten werden de kamers gemaakt.	De opstopping = 3 ^m 4 van voldoende lengte, geschiedde geheel met den uitgegraven grond.	In elken put 50 ^k van 30° = 44 ^k van 40° Deze lading geeft uit $l = g (n h)^3$ waarin $g = 4,5$ en $h = 1m 4$ is, voor $n : 1,5$.			Buskruitworst in leikokers, 0 ^m 15 diep in den grond.	De boog geheel vernield, hierdoor de gemeenschap over 13 ^m lengte verbroken.	Voorwaarden hierbij waven: 1°. De gemeenschap moet tot het laatste oogenblik bewaard blijven. 2°. Een opening van minstens 12 ^m lengte moet verkregen worden.

Plaats.	De brug in den straatweg van Ponte Vecchio di Magenta over de Naviglio grande.	De brug in den straatweg over de Lodolo bij Buscoido.	Brug over de Fossa Viva.

Plaats.	Beschrijving.	Wijze van vernieling.	Lengte der opstopping.	Lading.	Arbeiders.	Tijd.	Ontsteking.	Resultaat.	Aanmerkingen.
De brug in den straatweg van Ponte Vecchio di Magenta over de Naviglio grande.	2 Landhoofden en 1 pijler. Spanning 10m. Pijler, lang 8m, van metselwerk met hardsteen bekleed. Breedte der brug 4m,5.	Eerst in den pijler 2 ronde, 0m,75 wijde, 2m,3 diepe putten gemaakt, scheef naar het midden toeloo- pende, om ze dicht ge- noeg bij elkaar te brengen zonder de ge- meenschap te hin- deren. Daar toen nog tijd over was in elk der beide landhoofden 2 putten, diep 1m,6, wijd 0m,75 gemaakt.	Bij den pijler = 2m,3 of $> 1\frac{1}{2}h$, dus voldoende. Bij de landhoof- den = 1m,6, dus te kort; daarvoor de berekende lading met 0,2 l te ver- meerderen. De opstopping geschiedde geheel met zand.	In elke ka- mer van den pijler 40k van 30° = 34k van 40°. In elk der kamers van het landhoofd 22k,5 van 30° = 19k van 40°. $h = 1m,35$ bij den pijler, $h = 1m,3$ bij de landhoof- den, $l = g(nh)^3$ waarin $g = 4,5$ geeft voor $n = 1,26$ de geno- men hoeveel- heden buskruit.	1 Officier, 1 onderofficier en 12 mineurs.	18 uur voor het maken van de putten.	Buskruitworst, in der haast van uit in de lengte doorge- sneden meelzakken vervaardigd. Als leikoker dienden drie met wiebanden samengebonden latten.	De pijler tot op den waterspiegel vernield. De beide bo- gen ingestort; de beide landhoofden over de helft, benevens een deel van den straatweg vernield.	De officier met de uitvoering belast, moest eerst alle werkingen uit de nabijzijnde huizen en eene smederij requireeren, daar de velduitrusting voor andere doeleinden geteigeld werd. Uit dit voorbeeld blijkt op nieuw, dat putten met de lading op den bodem, voldoende vermeerdert voor te korte op- stopping, enz., zonder verdere voorzorgen met den uitge- graven grond opgestopt, volkomen voldoen.
De brug in den straatweg over de Lodolo bij Buscoido.	Gemetselde brug van 1 boog met 4m spanning.	Achter elk land- hoofd 2 putten, diep 2m,5, daaruit mijn- kamers zijwaarts in den muur.	Geheel met grond.	In elke ka- mer 48k van 30° $h = 2m,5$, $g = 2$ (1).			Buskruitworst met den monnik.	De landhoofden tot den bo- dem vernield, de gemeenschap over 12m lengte verbroken.	Voorwaarden als bij brug 3.
Brug over de Fossa Viva.	Gemetselde brug met 1 boog van 2m spanning.	In elk landhoofd twee 1m,7 diepe put- ten, op 1m,2 van de buitenkanten. In den straatweg drie putten, diep 1m,85, wijd 0m,7 bij 0m,7, op zulk een afstand achter de land- hoofden, dat de brech- ters, met die van de putten in de land- hoofden, in elkaar vielen.	De opstopping over een lengte gelijk de diepte der putten. ge- schiedde met aard- zakken, puin en metselstenen.	In de putten der landhoofden 40k. In den mid- delsten put van den straatweg 56k en in de beide uiterste 50k van 30°. De lading volgt uit: $l = g(nh)^3$ waarin voor het landhoofd $n = 1,5$, $g = 4$, $h = 1m,2$, ge- vende $l = 26k$. Voor $\frac{1}{4}$ te korte opstopping, $l = 35k$ van 40° = 40k van 30°. Voor de putten in den straat- weg is $h = 1m,85$, $n = 1,5$, $g = 2$, $l = 49k$.			Buskruitworst met monnik.	De brug geheel vernield, de straatweg opgebroken tot op een afstand achter de putten $= nh = 1,5 \times 1m,85 = 2m,78$.	Een verbreking van de gemeenschap werd vereischt over een lengte van 12m—16m.

Plaats.	Beschrijving.	Wijze van vernieling.	Lengte der opstopping.	Lading.	Arbeiders.	Tijd.	Ontsteking.	Resultaat.	Aanmerkingen.
Brug bij Goito over de Mincio.	De brug had 3 pijlers van metselwerk met bekleding van graniet. De gewelven waren 0 ^m ,75 dik en eveneens van graniet. De spanning was 8 ^m . De middelste pijler was dik 3 ^m ,7, de overige 3 ^m ,1. Lengte der pijlers 6 ^m . De waterspiegel was 2 ^m onder den top van het gewelf.	In elken pijler werden vlak achter den borstweringsmuur der brug 2 ronde putten van 0 ^m ,75 middellijn, 1 ^m ,5 diep in de aanraseering gemaakt, en van daaruit 1 ^m 25 lange, 0 ^m ,6 bij 0 ^m ,6 breede en hooge gangen uitgebroken. Aan het eind der gangen werden de ladingen in zakken geplaatst.	De lengte der opstopping gelijk 1 ^m 68. Gangen en putten met steenen en grond goed opgestopt.	In elke kamer 112k van 30 ^o = 97k van 40 ^o . Voor $h = 1m,38$ en $g = 4,5$ moet bij deze lading $n = 1,7$ genomen worden.	Een afdeling genie-troepen, waarschijnlijk ± 50 man.	22 Uur voor het maken van de putten en gangen, 2 Uur voor het laden, opstoppen en plaatsen van de buskruitworst	Buskruitworst lag in een leikoker 0 ^m ,15 onder het playeisel.	De pijlers tot op den waterspiegel, de bogen geheel vernield, benevens een deel der landhoofden afgescheurd; de gemeenschap over 48 ^m lengte verbroken.	De vereischten waren: 1 ^o . De brug tot na den overgang van de achterhoede te bewaren. 2 ^o . Alle bogen en pijlers te vernielen.

komt voor, dat wanneer men achter de landhoofden putten maakt, de ladingen niet berekend behoeven te worden voor een waarde $g = 4,5$ in metselwerk, maar dat het daarbij voldoende is, het metselwerk in 5 verschillende soorten onderscheidende, $g = 1,8, 2,2, 2,7, 3,1$ en $3,7$ te nemen.

Eigenlijk geeft BUSCHBECK op 1, 1,2, 1,5, 1,7 en 2. Dit is echter voor de form. $\frac{W^3}{10} g$, waarin W de kortste weerstandslijn in voeten voorstelt. (Zie *Vestingbouw van G. A. van KERKWIJK 1861, blz. 496.*)

Uit deze en andere brugvernielingen in den oorlog laten zich de volgende gevolgtrekkingen maken:

1°. Alle gelukte springingen van mijnkamers in pijlers hadden steeds met sterke ladingen plaats, waarbij een waarde van $n=1,5$ in de formule $l=g(nh)^3$ steeds voldoende was.

2°. Het aannemen van een groote waarde voor g , dus $=4,5$ à $4,8$ is zeer aan te bevelen, te meer daar men bij gebrek aan tijd, of in tegenwoordigheid van den vijand geen voorafgaande keuring van het metselwerk kan verrichten.

3°. Beide voorwaarden in acht genomen, bleek de formule $L+V=2(1)$ of beter $L'=\left(2-\frac{V}{V'}\right)L$ zeer voldoende. (Hierin is L de lading berekend bij een voldoende opstopping, V de te korte, V' de vereischte opstopping, L' de totale lading.)

4°. Gemetselde gewelfde bruggen, waarbij men de gemeenschap tot op het laatste oogenblik bewaren wil, worden het snelst en zekerst vernield door vlak tegen den borstweringmuur (of leuning) 2 ronde putten te maken van $0^m,7$ à $0^m,75$ middellijn, tot op de geboorte van het gewelf, en van daar gangen in breken, naar het midden toe.

Men neemt dan voor kortste weerstandslijn, de halve dikte van den pijler, berekent de lading voor $n=1,5$, neemt zoo noodig het te kort der opstopping in aanmerking, en vermeerderd de einduitkomst met $\frac{1}{4}$, daar de pijler als vrijstaande muur beschouwd moet worden (2).

In den oorlog van 1866 zijn door de Oostenrijkers 74 bruggen vernield, waarvan 43 in het zuiden, 31 in het noorden. Hiervan waren op het zuidelijk oorlogstoonel: 10 kleine en 11 groote steenen bruggen, 8 houten op gemetselde pijlers, 10 houten jukbruggen, 6 ijzeren traliebruggen; op het noordelijk oorlogstoonel: 4 steenen bruggen en viaducten, 3 houten op gemetselde pijlers, 10 houten, 7 ijzeren en 1 kettingbrug (3).

Van de 20 bruggen, door middel van het springen van de pijlers vernield, waren 10 reeds te voren van mijnkamers voorzien.

Wij zullen deze* in het kort behandelen.

Spoorwegbrug over de Piave bij Conegliano genaamd Ponte Priula.

Deze brug werd den 14den Juli vernield, nadat de Oostenrijkers, na den slag van Custoza, door de nederlagen in het noorden gedwongen waren geworden terug te trekken.

De pijlers, lang 14^m , dik 4^m , bestonden uit metselwerk met hardsteen bekleeding. Twee pijlers waren gemineerd en wel elk met 4 cilindervormige putten van $0^m,24$ middellijn, terwijl de uiterste op $1^m,9$ van de uiteinden der pijlers waren. De diepte der putten bedroeg $5^m,05$.

(1) Zie *De Milit. Spect.* 1871, blz. 727.

(2) Volgens den Oberst. Lt. MAYWALD in de *Mittheilungen über Gegenstände der Ingenieur- und Kriegswissenschaften.* 1865, Seite 140.

(3) *Mittheilungen über Gegenstände der Ingenieur- und Kriegswissenschaften.* 1868, Offic. Theil.

Bij het laden vond men ze vol water, en daar de laadbussen niet bij de hand waren, werd het buskruit onmiddellijk in de mijnen gestort, nadat men door het inwerpen van zandzakken een droogen bodem verkregen had. De lading bedroeg volgens de berekening 115^k .

Er was namelijk vóór het uitbreken van den oorlog een instructie aan de genie-officiëren gegeven, die o. a. behelsde:

- 1°. Tot het vernielen van pijlers, enz., zullen steeds overladen mijnen gebezigd worden.
- 2°. De straal der trechters moet 1,5 maal de kortste weerstandslijn genomen worden: dus moet $n=1,5$ zijn.
- 3°. De mijnkamers moeten aangelegd worden op een afstand gelijk aan de pijlerdikte.
- 4°. Bij het berekenen van de ladingen moet de formule van WERMANN gebezigd worden: $l=g(nh)^3$.

Volgens deze formule, waarin g (1) voor zeer goed metselwerk $=4,5$ is, werd $l=4,5(1,5 \times 1,9)^3 = 104^k$.

Past men nu hierop de aanwijzing van WERMANN toe (2), om de vereischte lengte der opstopping te vinden en berekent men dus hiertoe eerst de kortste weerstandslijn h van een gewone mijn in gewonen grond bij een lading van 104^k , zoo geeft alsdan $l=g(nh)^3$, waarin nu $n=1$ en $g=1,8$ is: $104 = 1,8h^3$ of $h=3^m,8$. Volgens WERMANN moet dan de vereischte lengte der oplossing zijn gelijk $1\frac{1}{2}h = 5^m,7$. De opstopping kon echter slechts $5^m,05$ lang worden, was dus $0^m,65$ te kort, de lading moest dus

nog, volgens den regel van LE BRUN, met $\frac{0,65}{5,7} = 0,11$ vermeerderd worden, en dus groot worden $104^k + 0,11 \times 104^k = 115^k$. Men gebruikte echter slechts 102^k , dewijl — zooals reeds vroeger (3), werd gezegd — door hen het te kort van den gang niet buitendien nog werd in rekening gebracht, omdat zij overladen mijnen gebruikten.

In elke mijnkamer werd een mijnpatroon geplaatst en bovendien de buskruitworst in een caoutchouc-buis.

De ontsteking gelukte met electriciteit.

De lading, opstopping en ontsteking geschieden door 20 man genie-troepen in 5 uren. Behalve de twee vooraf gemineerde pijlers, stortte nog een derde in. De brug was over een lengte van 38^m vernield.

Wij zullen van de overige, in den oorlog van 1866, door middel van het springen van de pijlers, vernielde bruggen in 't kort een overzicht geven in Tabel XV, met, zooveel mogelijk, een opgave van den uitslag der vernielingen, van den tijd waarin ze geschied, benevens van het aantal arbeiders, waardoor ze verricht zijn.

(1) Zie de tweede noot blz. 30.

(2) Zie *De Milit. Spect.* 1871, blz. 726.

(3) Zie *De Milit. Spect.* 1871, blz. 726, de derde noot.

Tabel XV (1).

Plaats.	Beschrijving.	Wijze van vernieling.	Opstopping. $V =$ de werkelijke lengte der opstopping, $V' =$ de vereischte lengte.	Ladingsformule: $l = g(nh)^3$, $n = 1,5$. Totale lading $= L$.	Lading (in buskruit van 40°).		Ontstekings.	Arbeiders.	Tijd.	Resultaat.
					Berekend.	Gebruikt				
1 Bovina, Fasana nabij Rovigo.	2 Bruggen in gehouwen steen van 10^m spanning; de brug 7^m breed, met 1^m gewelddikte.	Beide landhoofden van 2 mijnkamers voorzien, op zijde (2) ingebroken, op $1^m,5$ afstand van de dagzijde der opening.	$V = 1^m,86$ $V' = 5^m,04$, daarom l te vermeerderen met $0,63 l$.	4 mijnen $g = 5,4$ $h = 1^m,5$ $l = 71^k$ $0,63 l = 44^k$ $L = 115^k$.	$4 \times 115 = 460^k$.	Men nam 4×112^k van 20° , dat overeenkomt met 4×79^k van $40^\circ = 316^k$.	Buskruitworst met monnik.	Onbekend.	Onbekend.	Bogen en landhoofden vernield, spoorbaan over 20^m lengte verbroken.
2 Twee bruggen bij Trecenta, een bij Baruchella.	3 Bruggen van 1 boog, in gebakken steen, van 16^m tot 24^m spanning, 6^m breedte, $0^m,62$ gewelddikte. De landhoofden waren $2^m,4$ dik.	Beide landhoofden elk van 2 mijnkamers voorzien, op zijde, in het midden ingebroken.	$V = 1^m,55$ $V' = 3^m,96$, daarom l te vermeerderen met $0,61 l$.	4 mijnen $g = 5,4 (3)$ $h = 1^m,2$ $l = 36^k$ $0,61 l = 22^k$ $L = 58^k$.	$4 \times 58 = 232^k$.	$4 \times 79 = 316^k$.	Buskruitworst met monnik.	Onbekend.	Onbekend.	Brug vernield, spoorbaan verbroken over 25^m lengte.
3 Brug over de Soortico bij Fratta.	1 Brug met 3 bogen, in gebakken steen, van 6^m en 8^m spanning, 6^m breedte, $0^m,5$ gewelddikte. De pijlers waren $1^m,5$ dik.	2 Pijlers, elk van 3 mijnkamers voorzien, in de dagzijde met 2 gangen ingebroken; aan het eind van een, rechts en links gangen uitgebroken, $0^m,6$ lang; aan de eindenden der 3 gangen, vallende in het lengte-asvlak van den pijler, mijnkamers aangelegd.	Bij twee kamers $V = 1^m,35$ $V' = 2^m,4$, daarom l te vermeerderen met $0,44 l$. Bij één kamer $V = 0^m,75$ $V' = 2^m,4$, daarom l te vermeerderen met $0,69 l$.	Per pijler 3 mijnen. $g = 5,4 (3)$ $h = 0^m,75$ $l = 9^k$ te vermeerderen bij 2 mijnen met $0,44 l = 4^k$ gevende: $L = 13^k$. Bij de andere mijn $l = 9^k$ te vermeerderen met $0,69 l = 6^k$ gevende: $L = 15^k$.	Per pijler 2 van 13^k = 26^k . 1 van 15^k te zamen 41^k . Beide pijlers dus 82^k .	$6 \times 39^k = 234^k$.	Buskruitworst met monnik.	Onbekend.	Onbekend.	Brug vernield, spoorbaan verbroken over 25^m lengte.
4 Viaduct bij Holineck in den spoorweg Leipnik-Weiskirchen.	Spoorweg-viaduct. 3 bogen van 10^m spanning, 5^m breedte, $0^m,75$ gewelddikte, pijlerdikte $1^m,8$. Gewelf van gebakken steen, pijlers van gehouwen steen.	2 Pijlers elk met 3 kamers, aan het eind van $0^m,77$ lange gangen, in de dagzijden van de pijlers ingebroken.	$V = 0^m,77$ $V' = 3^m,02$, l te vermeerderen met $0,74 l$.	Per pijler 3 mijnkamers $g = 5,4 (4)$ $h = 0^m,9$ $l = 15^k$ $0,74 l = 11^k$ $L = 26^k$.	Per pijler 3 $\times 26 = 78^k$ voor beide, 156^k van 40° (= 111^k van 80°).	$6 \times 17^k = 102^k$ van 80° .	Electricisch.	70 man genie-troepen	26 uur.	36^m lengte spoorbaan verbroken.
5 Spoorwegbrug over het Iessener Thal in den spoorweg Prerau-Oderberg.	Spoorweg-viaduct. 42 bogen van 8^m spanning; 5^m breedte; $1^m,5$ pijlerdikte; $0^m,75$ gewelddikte. Gewelf van gebakken steen; pijlers van gehouwen steen.	Als voor 4. De beide uiterste mijnkamers echter aangelegd aan het eind van gangen in de korte zijden van den pijler gemaakt.	Als voor 4.	Als voor 4.	Als voor 4.	Daar het buskruit vochtig geworden was, namen men $24^k,5$ van $80^\circ = 147^k$ te zamen.	Idem.	70 man genie-troepen.	38 uur.	28^m lengte spoorbaan verbroken.

(1) Bij enkele dezer bruggen zijn niet de pijlers gesprongen, maar men heeft ze beknoptheidshalve in deze Tabel opgenomen.

(2) Niet in den dag.

(3) Er was geen waarde voor g opgegeven, maar zelfs deze waarde nemende, blijft men nog beneden de gebruikte lading.(4) Er was geen waarde voor g opgegeven.

Plaats.	Beschrijving.	Wijze van Vernieling.	Opstopping. V = de werke- lijke lengte der opstopping, V' = de ver- eischte lengte.	Ladingsformu- le: $l = g(nh)^{\frac{1}{3}}$, $n = 1,5$. Totale lading = L .	Lading (in buskruit van 40°).		Ontsteking.	Arbeiders.	Tijd.	Resultaat.
					Berekend	Gebruikt.				
6	Spoorwegbrug bij Marchegg over de March.	4 Pijlers, elk met 2 mijnkamers voorzien, aan het hoofd van 1m,35 lange gangen, in de dagzijden van de pijlers ingebro- ken.	$V = 1m,35$ $V' = 4m,5$, daarom l te ver- meerderen met 0,7 l .	Per pijler 3 mijnkamers. $g = 5,4$ (1) $h = 1m,35$ $l = 52k$, te vermeerde- ren met 0,71 = 36k, dus $L = 88k$.	Per pijler $3 \times 88 = 264k$, voor 4 pijlers 1056k.	Per pijler 269k 4 pijlers = 1076k.	Buskruitworst met vuur- koord van Bickford.	64 burgerarbeiders.	48 uur, voorbereiding 24 uur	Spoorwegbaan over 90m lengte verbroken.
7	Legnago.	2 Bruggen met 1 opening van 6m span- ning, 6m,5 breedte, 0m,45 gewelddikte, van gebakken steen.	4 Putten ge- maakt boven de lendenen van het gewelf, diep 1m,35, zoodat de kortste weerstandslijn was 1m,1, geme- ten uit den mijn- kamer tot het bin- nenvlak van het gewelf.	$V = 1m,35$ $V' = 3m,1$, daarom l te ver- meerderen met 0,57 l .	4 Mijnen. $g = 4,5$ $h = 1m,1$ $l = 20k$ 0,57 $l = 11k,5$ $L = 31k,5$.	$4 \times 31,5$ $= 126k$	4 mijnen à 28k = 112k.	Electrisch.	9 man genie-troepen. 5 uur.	Volkomen vernieling der brug- gen, de spoorwegbaan over een lengte van 14m verbroken.
8	Legnago.	1 Brug van 1m,3 spanning, 5m,2 breed- te, 0m,6 gewelddikte, van gebakken steen.	Idem als 7, alleen werd de kortste weerstandslijn = 1m,2.	$V = 1m,35$ $V' = 3m,6$, daarom l te ver- meerderen met 0,63 l .	$g = 4,5$ $h = 1m,2$ $l = 30k$ 0,63 $l = 19k$ $L = 49k$.	4×49 $= 196k$	4 mijnen van 39k $= 156k$.	Electrisch.	9 man genie-troepen. 5 uren.	Volkomen vernieling der brug- gen, de spoorwegbaan over een lengte van 14m verbroken.
9	Rovigo.	5 Bruggen van 10m spanning, 6m breed- te, 0m,3 gewelddikte, van gebakken steen.	Idem als 7, al- leen werd de kort- ste weerstandslijn = 0m,9.	$V = 1m,5$ $V' = 2m,94$ l te vermeer- deren met 0,49 l .	4 Mijnen. $h = 0m,9$ $g = 5,4$ (1) $l = 16k$ 0,49 $l = 7k,8$ $L = 23k,8$.	$4 \times 23,8$ $= 95k,2$	$4 \times 23,8$ $= 95k,2$ van 50°.	Buskruitworst met monnik.	9 man genie-troepen. 5 uur.	Bogen en pijlers tot op het fon- dament vernield; de spoorbaan over 14m lengte verbroken.
10	Brug over het kanaal Bianco bij Canda.	1 Brug van 3 ope- ningen en 14m à 16m spanning, 6m breedte, pijlers dik 1m,8, 0m,6 gewelddikte, van go- bakken steen.	In 1 landhoofd, 3 kamers; op zijde, op 1m,5 van de dagzijde, met 2 gangen ingebro- ken: één lang 1m,8, één lang ruim 3m,6. In de eerste een mijnkamer aan het eind, in de laatste 2 mijnkamers, één op 1m,8, één op 3m,6 van het zij- vlak. In één pijler 2 mijnputten in het midden.	Voor het land- hoofd: $V = 1m,8$ $V' = 4m,8$, daarvoor l te vermeerderen met 0,63 l . Voor den pijler: $V = 3m,6$.	Landhoofd $g = 5,4$ (1) $h = 1m,5$ $l = 71k$ 0,63 $l = 43k$ $L = 114k$. Voor de 2 mijn- kamers in den pijler $h = 0m,9$ $L = 16k$.	Land- hoofd 3×114 $= 342k$. Pijler 2×16 $= 32k$. Te zamen 374k.	Land- hoofd 3 mijnen à 28k $= 84k$ In den pij- ler 2 mijn- nen van 78k = 156k of 240k te zamen.	Buskruitworst met monnik.	Onbekend. Onbekend.	2 bogen, één pijler en landhoofd vernield, de spoorbaan over 34m verbroken.

(1) Er was geen waarde voor g opgegeven.

Plaats.	Beschrijving.	Wijze van Vernieling.	Opstopping. $V =$ de werke- lijke lengte der opstopping, $V =$ de vere- eischte lengte.	Ladingsformu- le: $l = g(nh)^{\frac{2}{3}}$, $n = 1,5$, Totale lading $= L$.	Lading (in buskruit van 40°.)		Ontsteking.	Arbeiders.	Tijd.	Resultaat.
					Berekend.	Gebruikt.				
11 (1) Tre Arche (zuid Tyrol) over de Sarca bij Stenico.	Brug met 3 openin- gen van 9 ^m à 16 ^m span- ning, 3 ^m ,3 breedte, 0 ^m ,7 gewelfdikte, 4 ^m pijlerdikte, van ge- houwen steen.	Boven één pij- ler 2 putten diep 2 ^m ,4 tusschen de lendenen en top, zoodat de kortste weerstandslijnen voor de 2 op den pijler samenko- mende bogen 1 ^m ,63 waren.	$V = 2^{\text{m}},4$ $V' = 5^{\text{m}},4$ daarom l te ver- meederen met 0,55 l .	$h = 1^{\text{m}},65$ $g = 5,4$ $l = 94^{\text{k}}$ $0,55 l = 52^{\text{k}}$ $L = 146^{\text{k}}$.	2×146 $= 292^{\text{k}}$.	2×95 $= 190^{\text{k}}$.	Buskruitworst.	10 man genie-troepen	18 uur.	Niet gesprongen.

Uit deze opgave blijkt:

1°. Dat in het algemeen een afdeeling van 20 mineurs 5 tot 8 uur noodig heeft, om twee pijlers van een brug met vooraf gereedgemaakte mijnkamers te vernielen.

2°. Zijn de mijnkamers droog, dan is bij putten 3 uur voldoende.

3°. Bij niet vooraf gereedgemaakte mijnkamers heeft een halve compagnie (± 75 man) voor bruggen van 15^m en meer opening, 48 uur noodig. (2)

4°. Kleinere bruggen van 1 boog kunnen door 9 man in 5 uur gereed gemaakt worden.

5°. In het algemeen rekende men in 2½ uur een kubieke voet (0^m,45)³ te kunnen uitbreken.

Verder bleek nog, dat bij de bestaande mijnkamers de laadgaten van 0^m,065 tot 0^m,078 doorsnede te nauw waren, zoodat het laden te lang ophield.

Eindelijk waren door de zettingen van het metselwerk de mijnkamers geen van alle droog, zoodat het zeer wenschelijk zou zijn, ook bij onze groote bruggen, dáár waar vooraf gereedgemaakte mijnkamers zijn, een handpomp te bezitten, die in de naastbijgelegen brugwachterswoning zou kunnen bewaard worden.

(1) De bruggen van 1 tot en met 6 waren te voren reeds van mijnkamers voorzien.

(2) Als een vergelijking, hoeveel tijd men vroeger wel noodig had en tevens moest hebben, diene het volgende voorbeeld.

In 1708 liet VAUBAN (GILLOT, 3de deel) 6 pijlers van de brug over de Maas bij Hoeispringen, om den aftocht der Franschen te dekken. De pijlers waren 10^m lang en 7^m dik. In elken pijler werden, 1^m,5 boven de wateroppervlakte, 3 mijngangen gemaakt. Aan het eind van elk der uiterste gangen werd zijwaarts een mijnkamer gemaakt, terwijl uit den middelsten, rechts en links werd uitgebroken, en aan het eind mijnkamers gemaakt, zóódanig, dat de vier mijnen 2^m,4 uit elkaar waren.

Hoewel de kortste weerstandslijn, gelijk de halvepijler-dikte, slechts 3^m,5 bedroeg, waarbij de trechters toch reeds in elkaar vielen en dus de lading in grond 60^k, in metselwerk 2½ maal zoo groot of 150^k wordt, nam VAUBAN, daar de werking naar weerszijden moest zijn, voor de beide uiterste mijnen 280^k en voor de beide middelste 225^k. Men liet telkens twee pijlers te gelijk sprin-
ven; de ontsteking geschiedde met de buskruitworst. Aan elken gang hadden 3 mineurs benevens handlangers 14 dagen en 2 nachten of ongeveer 192 uur gewerkt.

Putten waren overigens, zoo als reeds gezegd is, bij grooten spoed wegens het gemakkelijker droog maken, te verkiezen, terwijl bovendien vooraf de lading met geleiding in waterdichte bussen in gereedheid kon gebracht zijn, zoodat men ze er maar in neer te laten had.

Ten slotte bleek op nieuw (de oorlog van 1859 had dit ook kunnen leeren) het *ontoeireikende* van de breek- en vernielingswerktuigen bij de velduitrusting der genie-troepen, terwijl wat *kwaliteit* aangaat, die werktuigen ook niet aan de eischen voldeden, daar ze te spoedig onbruikbaar werden.

Vernieling van pijlers of landhoofden door dynamiet.

Ofschoon verscheiden proeven genomen zijn, om de uitwerking van dynamiet tegen steen te bepalen, is men echter, wegens het eigenaardig bezwaar om proeven op bestaande bruggen te nemen, nog niet tot dien graad van zekerheid gekomen, om steeds de doelmatigste wijze en de voor de vernieling vereischte *minimum*-lading te kunnen bepalen.

Wij zullen een kort overzicht geven van de voornaamste met dynamiet in Oostenrijk genomen proeven tegen vrijstaande muren (pijlers) (1) en bekleedingsmuren (landhoofden) en daaruit eenige gevolgtrekkingen maken.

a. *Vernieling van bekleedingsmuren (landhoofden).*

Dit kan op de volgende wijzen geschieden.

1°. *Met behulp van boorgaten.* In een 0^m,7 dikken bekleedingsmuur maakte men met den gewonen steenboor van 0^m,05 doorsnede 9 boorgaten, diep 0^m,46, dus tot ongeveer $\frac{2}{3}$ der dikte. De lading bedroeg bij 3: $\frac{1}{8}$, bij 3 andere: $\frac{1}{4}$, bij de 3 overige: $\frac{1}{2}$ van de geheele diepte, zijnde 0^k,096, 0^k,14 en 0^k,192. De meeste uitwerking hadden de laatste ladingen, die tevens geheel opgestopt waren met grond, terwijl de andere in het geheel niet of met een houten prop opgesloten waren. Echter was de uitwerking niet volkomen voldoende, terwijl verder bleek, dat men de lading wat grooter dan $\frac{1}{8}$, en bij het gebruik van dynamiet de middellijn van de gaten kleiner dan bij het bezigen van buskruit moest nemen.

2°. *Met behulp van horizontale, door middel van een aardboor gemaakte gaten.* Een weinig achter een 0^m,7 dikken bekleedingsmuur, maakte men een rond gat, lang 1^m,8, wijd 0^m,11; de kortste weerstandslijn was 1^m,08. Men schoof in het gat 2 cilindervormige bussen elk met 3^k,92 dynamiet gevuld en verkreeg door de ontbranding een bres van 3^m,65 breedte.

Men herhaalde dezelfde proef, stopte echter het boorgat met zandzakken, grond en steenen op, ten einde den invloed van de opstopping na te gaan, waardoor men een bres van 4^m,5 breedte verkreeg.

3°. *Met behulp van putten.* Achter den muur werd een verticaal rond gat van 1^m,8 diepte en 0^m,31 wijdte geboord, op den bodem een lading van 4^k,48 dynamiet in een kubieke kist geplaatst en vervolgens het gat weer opgestopt

(1) *Mittheilungen über Gegenstände des Art.- und Geniewesens* 1871, N°. 10 und 11.

met grond. De kortste weerstandslijn was $1^m,2$, waarvan 1^m metselwerk was. Men verkreeg een volkomen bres van $3^m,9$ boven- en $2^m,7$ onderbreedte.

Tengevolge van deze gunstige uitkomsten besloot men de proef met geringer ladingen te herhalen. Achter den escarp-muur maakte men 3 onbekleede, $2^m,32$ diepe putten, $2^m,5$ uit elkaar. Men plaatste op den bodem ladingen van $3^k,36$ dynamiet en stopte de gaten met grond op. De kortste weerstandslijn was weer $1^m,2$. Men verkreeg hierdoor een bres van $7^m,85$ breedte. Evenals bij de eerste proef, kreeg men geen uitwerking naar boven.

4°. *Met behulp van vrij tegen den bekleedingsmuur geplaatste ladingen.* De uitkomsten van deze proeven waren echter ongunstig; met groote ladingen kreeg men geen daarmede overeenkomstige uitwerkingen, zoodat we deze wijze verder voorbij zullen gaan.

b. *Vernieling van vrijstaande muren (pijlers).*

Hierop is natuurlijk alleen toepasselijk de wijze onder 1 en 4, bij a vermeld. De vernieling volgens 1 blijft ook hier dezelfde, zoodat we alleen de onder 4 vermelde wijze nader zullen beschouwen.

Wij zullen daartoe in Tabel XVI een overzicht der genomen proeven geven.

Tabel XVI.

Nummer van de proef.	Dikte van den muur in M.	Lading in Kg.		Plaats der lading	Breedte van de opening in M.	Hoogte van de opening in M.	Afmetingen in M.			Aanmerkingen.
		Kubieke bussen	Cilindervormige bussen.				Kubieke bussen	Cilindervormige bussen.		
								Lengte.	Middel-lijn.	
1	0,46	0,56		Rakend tegen den voet van den muur, zonder opstopping.	0,078	0,078	0,072			
2		1,12			0,312	0,312	0,091			
3		1,68			0,468	0,468	0,104			
4		2,24			0,624	0,468	0,117			
5	0,62	3,94		Idem.	0,338	0,390	0,134			De muur was reeds vóór het springen zeer geschokt. De muur stortte in elkaar en vormde een 1 ^m ,8 breede bres.
6	0,77	6,72		Idem.	0,468	0,390	0,163			
7	0,93	13,12		Idem.	1,432	1,898	0,216			
8	1,08	24,08		Idem.	»	»	0,255			
9	0,46	1,12		Vrij opgehangen.	0,234	0,156	0,091			
10	0,46	1,12		Ingezonken en ter hoogte van 0 ^m ,45 met grond bedekt.	2,024	»	0,091			
11	0,62	2,80		Aan den voet van den muur met zandzakken bedekt.	0,728	0,806	0,124			
12	0,46		1,68	Tegen den voet van den muur, zonder opstopping geplaatst.	0,624	0,156		0,626	0,066	Ter hoogte van 1 ^m ,5 was de bres 1 ^m ,04 breed
13	0,46		1,12		0,312	0,156		0,312	0,059	
14	0,46		7,88		2,08	2,184		1,248	0,078	
15	0,93		3,20		0,858	0,468		0,624	0,078	
16	0,93		3,94		0,858	0,838		0,624	0,078	De muur stortte in elkaar. De twee bussen waren gekoppeld.
17	0,70		7,88		1,56	»		1,248	0,078	
18	0,77		7,88		1,144	1,196		1,248	0,078	
19	0,93		7,88		0,832	1,118		0,624 0,624	0,078	
20	0,46		5,04	Vrij opgehangen.	2,024	»		1,86	»	De muur stortte in elkaar.

De springuitwerking bij de verschillende muren leerde, dat de dynamiet-ladingen als onderladen mijnen werkten, daar de middellijnen van de trechters steeds kleiner dan de dubbele kortste weerstandslijnen waren.

Tot het berekenen van de vereischte ladingen moet men dus (1) de formule

$$l = g h^3 \left(\frac{3n + 4}{7} \right)^3 \times m \text{ gebruiken.}$$

Hierin stelt wederom m de coëfficiënt voor, waarmee men de gevonden ladingen moet vermenigvuldigen, wanneer zij met een of meer zijden vrij liggen.

Daar in die formule l en h uit bovenvermelde proeven bekend zijn, en n , zijnde de verhouding tusschen de kortste weerstandslijn en den straal van den trechter te meten was, kon men hieruit m bepalen. Wanneer men dit in bovenstaande Tabel doet, daarbij echter uitzonderende: proef 1, waarbij lading en uitwerking te gering waren om te kunnen beoordeelen; proef 7, waarbij de muur te voren reeds geschokt was, en proef 8, waarbij de uitwerking niet nauwkeurig kon opgenomen worden; dan verkrijgt men bij ladingen in kubieke bussen, koud tegen den muur geplaatst, dus met 4 zijden vrij, voor mg het volgende:

Tabel XVII.

Dikte van den muur in M.	Lading in Kg.	Waarden van				Waarden van		Zoodat de berekende straal van den trechter is	
		h in M.	r (2) in M.	n	mg .	r	n		
						bij de onderstelling dat $mg = 33,6$ is.		te groot	te klein.
	1,12	0,46	0,156	0,33	29,71	0m,13	0,28		0m,026
0,46	1,68	0,46	0,234	0,50	34,16	0m,2356	0,507	0m,0016	
	2,24	0,46	0,312	0,66	35,47	0m,325	0,696	0m,013	
0,62	3,94	0,62	0,312	0,50	33,6	0m,312	0,501	—	—
0,97	6,72	0,97	0,312	0,40	34,98	0m,3425	0,423	0m,0305	

Door dus $mg = 33,6$ aan te nemen, ziet men dat de hiermee berekende stralen van de onderscheidene trechters zeer weinig van de werkelijke verschillen.

Op deze wijze kan men dus de dynamietladingen bij verschillende kortste weerstandslijnen berekenen, wanneer de 4 zijden vrij zijn.

Om de waarde van m afzonderlijk te bepalen, moet men nog eerst door

(1) Zie het Handboek van den Mineur, blz. 118.

(2) Voor r is de horizontale straal van den trechter genomen.

nieuwe proeven de waarde van g voor dynamietspringingen in grond (dit zal natuurlijk weinig voorkomen) en metselwerk bepalen.

Berekent men de vereischte dynamietlading voor een muur van $0^m,46$ dikte, dan volgt uit

$$l = mgh^3 \text{ en } mg = 33,6: l = 3^k,3 \text{ dynamiet.}$$

Hiervoor (1) werd gevonden, dat, aannemende $m = 107,9$, de vereischte buskruidlading voor dezen muur 50^k bedroeg.

Uit de vergelijking van deze twee hoeveelheden volgt:

Tot vernieling van vrijstaande muren, pijlers enz., waarbij de ladingen zonder opstopping tegen den muur worden geplaatst, is aan dynamiet slechts ongeveer het 15de gewichtsdeel van de vereischte buskruidlading noodig.

Uit proef 9, waarbij $1^k,12$ dynamiet, vrij tegen een $0^m,46$ dikken muur werd opgehangen en een opening van $0^m,234$ ontstond, volgt, door gebruik te maken van de formule $l = mgh^3 \left(\frac{3n+4}{7} \right)^3$, waarbij de middellijn van den trechter $0^m,234$ en dus $n = 0,25$ is, $mg = 35,5$. Deze waarde van mg voor het geval dat 5 zijden vrij zijn, verschilt weinig van de boven gevonden waarde $33,6$ bij 4 vrije zijvlakken. De vereischte vermeerdering is hierbij dus lang zoo sterk niet als bij buskruit, hetgeen volkomen overeenstemt met het vroeger opgemerkte, namelijk dat een sterke opstopping bij dynamiet niet zulk een dringende noodzakelijkheid als bij buskruit is, ofschoon proef 11 aantoonst, dat, waar het mogelijk is, men de opstopping nooit verzuimen moet.

Uit proef 12, 13 en 14 blijkt, dat een $0^m,46$ dikke vrijstaande muur door-geslagen wordt met dynamietladingen in cilindervormige bussen, door per M^1 ongeveer $2^k,7$ te nemen.

Uit proef 18, dat bij $0^m,77$ dikke muren hiertoe ongeveer $6^k,3$ vereischt wordt.

Vergelijkt men deze ladingen met die in kubieke kisten, waarbij men (proef 1, 2 en 3) voor muren van $0^m,46$ dikte ongeveer $3^k,5$, en voor muren van $0^m,77$ dikte (proef 6) ongeveer 13^k noodig had, dan blijkt, dat:

Het gebruik maken van cilindervormige bussen voordeeliger is, daar de lading slechts ongeveer het $\frac{2}{3}$ gedeelte behoeft te bedragen, van de volgens bovenvermelde regels voor kubieke kisten berekende lading.

Verder bleek op nieuw (proef 12—20), dat de lengte der cilindervormige bussen, bij voldoende doorsnede, gelijk aan, of iets grooter dan de lengte van het te vernielen voorwerp moet zijn.

Nadere proeven zullen echter nog moeten uitmaken tot bij welke dikte-afmetingen van muur of pijler men nog met voordeel vrije dynamietladingen zal kunnen gebruiken, zonder in te groote hoeveelheden te vervallen.

W. COOL.

(Wordt vervolgd.)

(1) Zie *De Milit. Spect.* 1871, blz. 730.