

Naam kunstwerk : **A15 - N3, kunstwerken 3 en 4**

Onderdeel : **Berekening paalbelastingen**


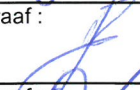

Projectnummer : **351865**

Revisie : **0**

Status : **Concept**

Datum : **21-7-2016**

Opdrachtgever : **Rijkswaterstaat**

|                             |                        |   |                             |
|-----------------------------|------------------------|---|-----------------------------|
| Constructeur :              | <b>J. Blitterswijk</b> | Paraaf :  | Datum :<br><b>21-7-2016</b> |
| Controlerend constructeur : | <b>P. Schoenmakers</b> | Paraaf :  | Datum :<br><b>21-7-2016</b> |
| Vrijgave document Sweco :   | <b>J. Vrielink</b>     | Paraaf :  | Datum :<br><b>21-7-2016</b> |

**Sweco**  
**Transportation & Mobility**

**INHOUDSOPGAVE / CONTROLEBLAD BEREKENINGEN**

|            |                              |                  |        |
|------------|------------------------------|------------------|--------|
| Project:   | A15 - N3, kunstwerken 3 en 4 | Project nummer : | 351865 |
| Onderdeel: | Berekening paalbelastingen   |                  |        |
| Revisie :  | 0                            |                  |        |

**Inhoudsopgave**

| Hfdst | pagina | aanp | Omschrijving                             | opgest/gecontreld |     | gecontroleerd |     |
|-------|--------|------|--|-------------------|-----|---------------|-----|
|       |        |      |  | dd                | par | dd            | par |
| 1     | 1      |      | Inleiding                                | 21-07-16          |     |               |     |
| 1.1   | 1      |      | Vraagstelling                            | 21-07-16          |     |               |     |
| 1.2   | 1      |      | Doelstelling                             | 21-07-16          |     |               |     |
| 1.3   | 1      |      | Gebruikte informatie                     | 21-07-16          |     |               |     |
| 2     | 2      |      | Uitgangspunten                           | 21-07-16          |     |               |     |
| 3     | 3      |      | Schetsen                                 | 21-07-16          |     |               |     |
| 3.1   | 3      |      | Schets aangehouden doorsnede landhoofden | 21-07-16          |     |               |     |
| 3.2   | 4      |      | Schets overzicht beschouwde varianten    | 21-07-16          |     |               |     |
| 4     | 5-7    |      | Berekening Kunstwerk 3                   | 21-07-16          |     |               |     |
| 5     | 8-10   |      | Berekening Kunstwerk 4                   | 21-07-16          |     |               |     |
| 6     | 11     |      | Resume palen en belastingen              | 21-07-16          |     |               |     |
| 6.1   | 11     |      | Kunstwerk 3                              | 21-07-16          |     |               |     |
| 6.2   | 11     |      | Kunstwerk 4                              | 21-07-16          |     |               |     |
| 7     | 12     |      | Schetsen varianten                       | 21-07-16          |     |               |     |
| 7.1   | 13     |      | Kunstwerk 3 en 4, Variant A              | 21-07-16          |     |               |     |
| 7.2   | 14     |      | Kunstwerk 3 en 4, Variant B              | 21-07-16          |     |               |     |
| 7.3   | 15     |      | Kunstwerk 3 en 4, Variant C              | 21-07-16          |     |               |     |

## **1. Inleiding**

### **1.1 Vraagstelling**

Aan Sweco, afdeling Wegen te De Bilt, is gevraagd een voorlopige berekening te maken van de paalbelastingen voor 2 nieuw te bouwen kunstwerken over de bestaande Betuweroute nabij de aansluiting van de A15 op de N3. Daarbij is aangegeven dat een aantal varianten beschouwd dienen te worden. Bij de uitgangspunten is nader aangegeven welke varianten nader worden bekeken.

### **1.2 Doelstelling**

Met de resultaten van deze beschouwing zal door FUGRO een nadere analyse worden uitgevoerd met het doel meer inzicht te krijgen in de zettingen van de fundering van de Betuweroute, met name ten gevolge van de belasting uit de nieuw te bouwen kunstwerken.

### **1.3 Gebruikte informatie**

Bij het maken van onderhavige berekening is gebruik gemaakt van:

=> Fugro-rapport: "AANVULLENDE ANALYSE betreffende A15/N3 - AANLEG OP- EN AFRITTEN"

Opdrachtnummer 1015-0267-000, d.d. 25 augustus 2015

=> Memorandum Fugro: ref. 1015-0267-004,M01, d.d. 23 juni 2016

=> Grontmij-rapport: "Voorontwerpnota Kunstwerken A15/N3", d.d. 28 februari 2011

- => Kunstwerk 3 en 4 worden afzonderlijk beschouwd
- => Aan de achterzijde van de landhoofden wordt een paalmatras voorzien, waarop aansluitend aan de landhoofden EPS wordt aangebracht en daarachter een aardebaan
- => Er worden geen ontlastvloeren toegepast
- => Ter plaatse van de EPS-ophoging moet wel worden gerekend op een (zware) toplaag voor het wegdek en een afdeklaag op het paalmatras
- => Aanneمة is dat alle verticale belastingen centrish in het landhoofd aangrijpen (de excentriciteit van de rib, frontwand en stootplaten wordt verwaarloosbaar geacht)
- => Bij schoorpalen: de schoorrichting van de palen is loodrecht as landhoofden
- => Tubex palen kunnen zowel schoor als telood worden aangebracht; boorpalen kunnen alleen telood worden toegepast
- => De rembelasting werkt in langsrichting van het brugdek, maar wordt (conservatief) loodrecht op de landhoofden aangehouden
- => De totale rembelasting op dek, landhoofden en stootplaten wordt gelijk verdeeld over beide landhoofden en wordt alleen in de richting van het BR-spoor in rekening gebracht; daarmee wordt de maximale belasting gevonden voor de palen, die het dichtst bij het spoor staan

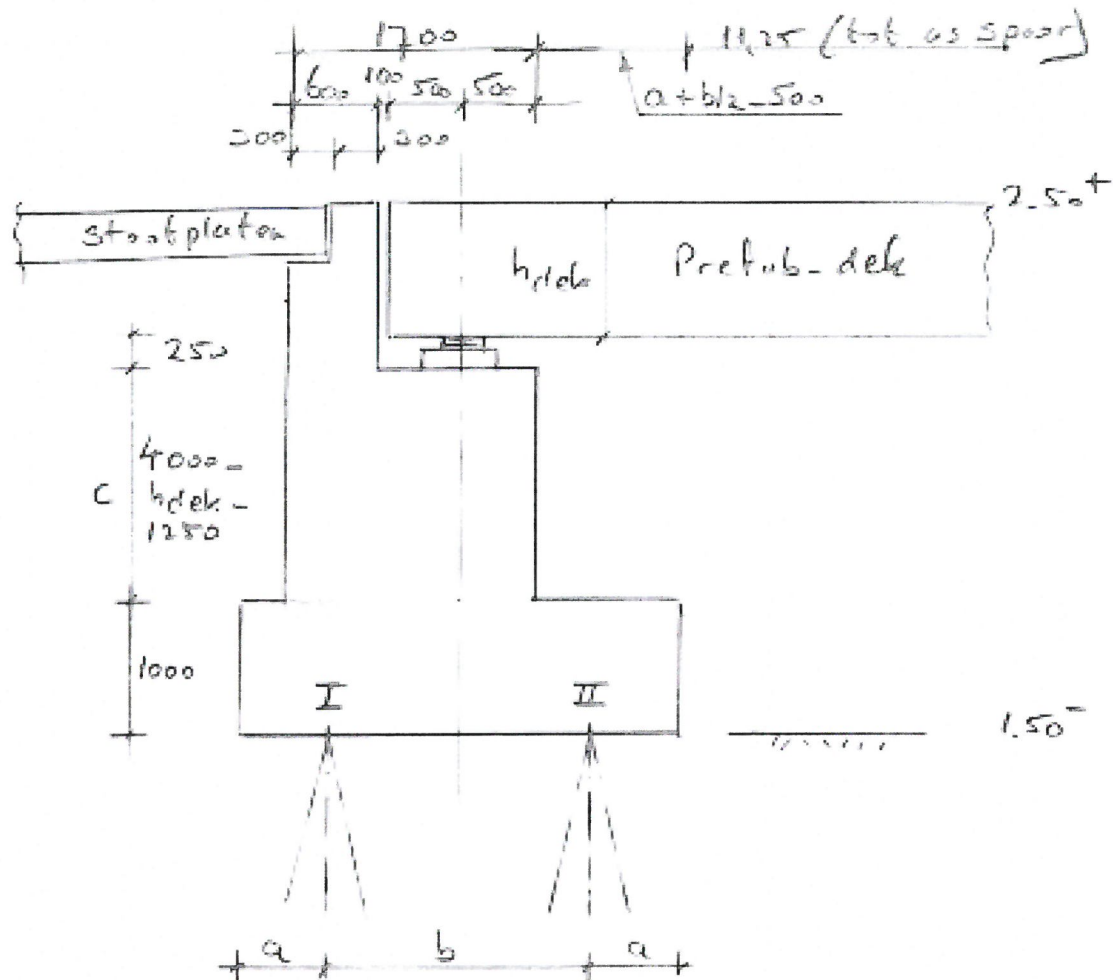
Per kunstwerk worden de volgende varianten bekeken:

- A 2 paaljukken, beide met schoorpalen, met de oplegging van het dek tussen de jukken in
- B 2 paaljukken, voorste met telood palen en achterste met schoorpalen, met de oplegging van het dek tussen de jukken in
- C 1 rij baretten in de aslijn van het landhoofd

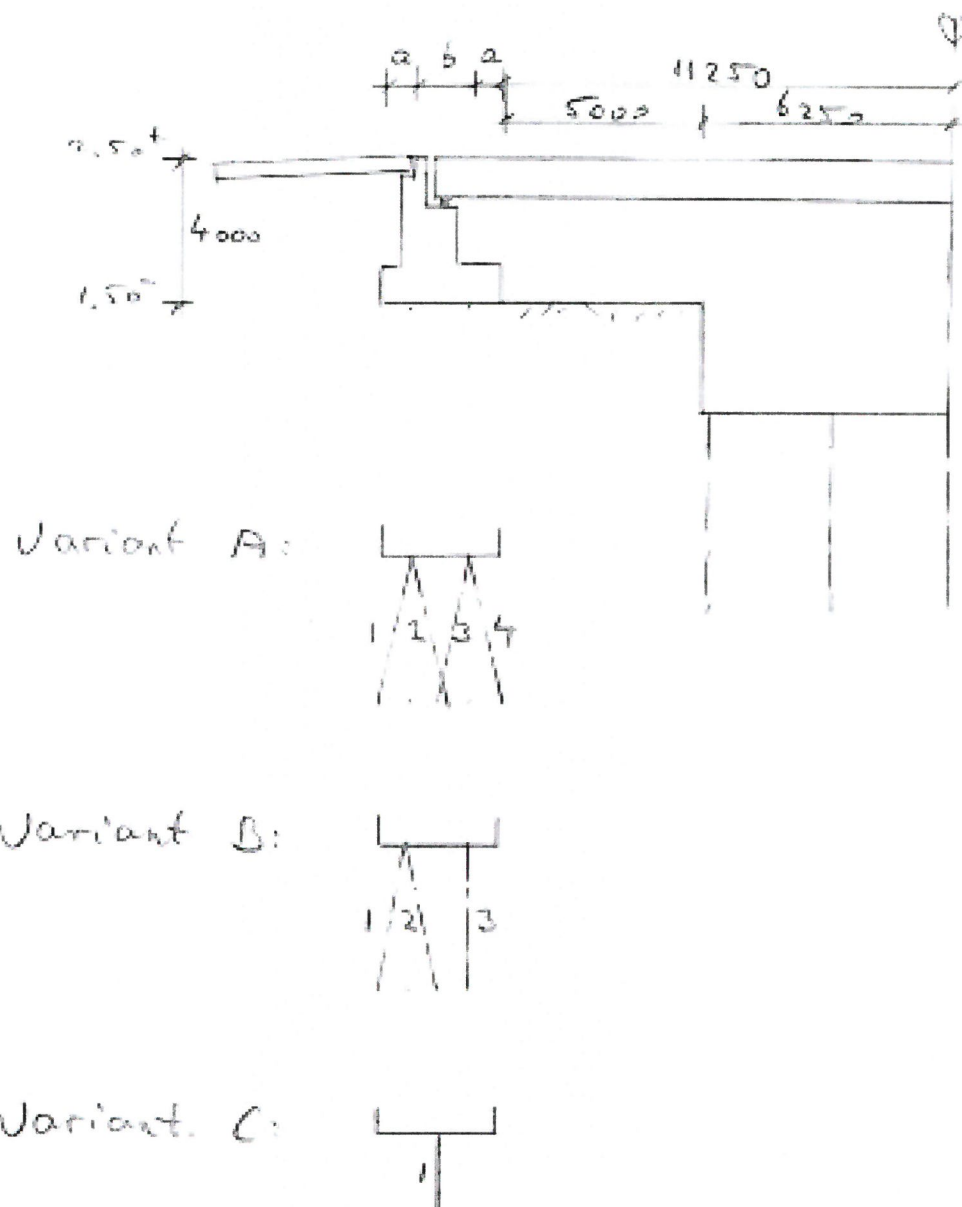
Weergave paalbelastingen:

- => Voor de bepaling van de zettingen zijn alleen de permanente belastingen van belang; deze paalbelastingen worden in combinatie 1 weergegeven
- => Voor de bepaling van het vereiste paaldraagvermogen worden de permanente en veranderlijke belastingen in 2 combinaties weergegeven (2 en 3)

## 3.1 Schets aangehouden doorsnede landhoofden

**Doorsnede landhoofden (loodrecht spoor)**

## 3.2 Schets overzicht beschouwde varianten

**Overzicht varianten A, B en C**

**Gegevens kunstwerk:****invoeren:**

|                                 |         |   |       |       |
|---------------------------------|---------|---|-------|-------|
| volumegegewicht beton:          | 25,0    | kN/m <sup>3</sup>                         |       |       |
| landhoofdmaat a:                | 0,750   | m (loodrecht as spoor)                    |       |       |
| landhoofdmaat b:                | 1,800   | m (loodrecht as spoor)                    |       |       |
| kruisingshoek:                  | 111,292 | graden (100 gr stelsel)                   |       |       |
| afstand tussen landhoofden:     | 22,500  | m (loodrecht as spoor)                    |       |       |
| lengte stootplaten:             | 5,000   | m (gemeten in as weg)                     |       |       |
| dikte stootplaten:              | 0,400   | m   |       |       |
| breedte prefab liggers:         | 1,500   | m   |       |       |
| massieve lengte liggers:        | 2,000   | m (per zijde vanaf de kop)                |       |       |
| rustende belasting:             | 4,0     | kN/m <sup>2</sup> (op dek en stootplaten) |       |       |
| ver.bel., gelijkmatig verdeeld: | 7,0     | kN/m <sup>2</sup> (gemiddeld)             |       |       |
| ver.bel.,laststelsel:           | 1200,0  | kN  |       |       |
| spreidingsbreedte laststelsels: | 9,0     | m (loodrecht as weg gemeten)              |       |       |
| spreidingsbr. rembelasting:     | 9,0     | m (loodrecht as weg gemeten)              |       |       |
| belastingfactoren:              | Comb    | 1   | 2     | 3     |
|                                 |         | perm                                      | UGT-1 | UGT-2 |
|                                 | eg + rb | 1,00                                      | 1,25  | 1,40  |
|                                 | ver bel | 0   | 1,50  | 1,20  |

**hieruit volgen:**

|                              |        |   |
|------------------------------|--------|---|
| hart-op-hart maat assen:     | 25,800 | m (loodrecht as spoor)                    |
| kruisingshoek:               | 0,177  | rad (t.o.v. haakse kruising)              |
| overspanning dekliggers:     | 26,211 | m (in wegas)                              |
| toe te passen ligger:        | SKK    | 900                                       |
| eig.gew. massief:            | 32,8   | kN/m                                      |
| eig.gew. hol:                | 16,6   | kN/m                                      |
| totale lengte liggers:       | 27,227 | m (in wegas)                              |
| rembelasting:                | 462,7  | kN (over totale lengte dek + stootplaten) |
| o.k. liggers tot o.k. sloof: | 3,1    | m   |
| landhoofdmaat c:             | 1,850  | m   |

**Eigen gewicht en rustende belasting landhoofd:**

|                                  |              |                               |
|----------------------------------|--------------|-------------------------------|
| fundatiesloof:                   | 82,5         | kN/m (in as landhoofd)        |
| oplegrib:                        | 78,6         | kN/m (in as landhoofd)        |
| frontwand:                       | 17,3         | kN/m (in as landhoofd)        |
| rb frontwand:                    | 1,2          | kN/m (in as landhoofd)        |
| <b>Totaal eg + rb landhoofd:</b> | <b>179,6</b> | <b>kN/m (in as landhoofd)</b> |

**Eigen gewicht en rustende belasting stootplaten:**

|                                    |             |                               |
|------------------------------------|-------------|-------------------------------|
| eig.gew.:                          | 24,6        | kN/m (in as landhoofd)        |
| rust.bel.:                         | 9,8         | kN/m (in as landhoofd)        |
| <b>Totaal eg + rb stootplaten:</b> | <b>34,5</b> | <b>kN/m (in as landhoofd)</b> |

**Eigen gewicht en rustende belasting prefab dek per oplegging:**

|                                   |              |                               |
|-----------------------------------|--------------|-------------------------------|
| eig.gew. massief:                 | 65,6         | kN (per ligger)               |
| eig.gew. hol:                     | 192,8        | kN (per ligger)               |
| rust.bel.:                        | 81,7         | kN (per ligger)               |
| <b>Totaal eg + rb prefab dek:</b> | <b>340,1</b> | <b>kN (per ligger)</b>        |
| <b>Totaal eg + rb prefab dek:</b> | <b>223,2</b> | <b>kN/m (in as landhoofd)</b> |

**Veranderlijke belasting:**

A15/N3 - PN: 351865

|                          |                              |
|--------------------------|------------------------------|
| gelijkm.verd. dek:       | 93,8 kN/m (in as landhoofd)  |
| gelijkm.verd. frontwand: | 2,1 kN/m (in as landhoofd)   |
| gelijkm.verd. stootpl:   | 17,2 kN/m (in as landhoofd)  |
| laststelsels:            | 131,2 kN/m (in as landhoofd) |

**Totaal ver. bel.: 244,4 kN/m (in as landhoofd)**

**Rembelasting: 25,3 kN/m (loodrecht as landhoofd)**  
Moment t.p.v. o.k. sloof: 78,4 kNm/m (om as landh t.p.v. 1.50+)  
**Vertic. per paalrij (var A en B): 43,6 kN/m (in as landhoofd)**

**Representatieve belasting t.p.v. onderzijde fundatiesloof:****Verticaal:**

Totaal eg + rb landhoofd: 179,6 kN/m (in as landhoofd)  
Totaal eg + rb stootplaten: 34,5 kN/m (in as landhoofd)  
Totaal eg + rb prefab dek: 223,2 kN/m (in as landhoofd)  
**Totaal eg + rb: 437,2 kN/m (in as landhoofd)**  
**Totaal ver. bel.: 244,4 kN/m (in as landhoofd)**  
**Rembelasting: 43,6 kN/m (in as landhoofd per paalrij)**

**Horizontaal:****Rembelasting: 25,3 kN/m (loodrecht as landhoofd)****Belastingen per combinatie:**

|                             | Combinatie |       |   |
|-----------------------------|------------|-------|---|
|                             | 1          | 2     | 3   |
| Totaal eg + rb:             | 437,2      | 546,5 | 612,1 kN/m (in as landhoofd)                |
| Totaal ver. bel.:           | 0,0        | 366,6 | 293,2 kN/m (in as landhoofd)                |
| Rembelasting (verticaal):   | 0,0        | 65,4  | 52,3 kN/m (in as landhoofd per paalrij)     |
| Rembelasting (horizontaal): | 0,0        | 38,0  | 30,4 kN/m (loodrecht as landh t.p.v. 1.50+) |
| Rembelasting (moment):      | 0,0        | 117,7 | 94,1 kNm/m (om as landh t.p.v. 1.50+)       |



**Variant A**

| Paalrij | Schoorstand<br>palen | H.o.h.<br>palen | Paalbelasting per combinatie |     |     |
|---------|----------------------|-----------------|------------------------------|-----|-----|
|         |                      |                 | 1                            | 2   | 3   |
| 1       | 5 :1                 | 3,0             | 334                          | 453 | 496 |
| 2       | 5 :1                 | 3,0             | 334                          | 743 | 729 |
| 3       | 5 :1                 | 3,0             | 334                          | 653 | 656 |
| 4       | 5 :1                 | 3,0             | 334                          | 943 | 889 |

Maximale paalbelasting: **943 kN**Opties: Tubex Ø 406/560  $R_{c,net;d} =$  **1000 kN** **-25,00 m (NAP)** **DKMP3 (maatg.)****Variant B**Schoorstand palen: **5 :1**

| Paalrij | Schoorstand<br>palen | H.o.h.<br>palen | Paalbelasting per combinatie |      |      |
|---------|----------------------|-----------------|------------------------------|------|------|
|         |                      |                 | 1                            | 2    | 3    |
| 1       | 5 :1                 | 4,0             | 446                          | 411  | 507  |
| 2       | 5 :1                 | 4,0             | 446                          | 1185 | 1126 |
| 3       | telood               | 2,0             | 437                          | 1044 | 1010 |

Maximale paalbelasting: **1185 kN**Opties: Tubex Ø 406/560  $R_{c,net;d} =$  **1200 kN** **-30,00 m (NAP)** **DKMP3 (maatg.)**boorpaal Ø 600  $R_{c,net;d} =$  **1200 kN** **-33,00 m (NAP)** **DKMP3 (maatg.)****Variant C**

| H.o.h.<br>baretten | Kracht of<br>moment | Paalbelasting per combinatie |      |      | Niveau   |
|--------------------|---------------------|------------------------------|------|------|--|
|                    |                     | 1                            | 2    | 3    |  |
| <b>4,0</b>         | V [kN]              | 1749                         | 3652 | 3621 |  |
|                    | H [kN]              | 0                            | 152  | 121  | <b>-1,50 NAP</b>                                     |
|                    | M [kNm]             | 0                            | 471  | 377  | <b>-1,50 NAP</b>                                     |
|                    | M [kNm]             | 0                            | 2520 | 2016 | <b>-15,00 NAP (horizontaal steunniveau baretten)</b> |

Maximale paalbelasting: **3652 kN**

Opties:

| type | baret       | l    | paalpunt      | $R_{c,net;d}$ | Maatg        |
|------|-------------|------|---------------|---------------|--------------|
|      | b           |      | t.o.v. NAP    | kN            | sond         |
| 1    | <b>600</b>  | 2800 | <b>-33,00</b> | <b>3750</b>   | <b>DKMP3</b> |
| 2    | <b>800</b>  | 2800 | <b>-32,00</b> | <b>3750</b>   | <b>DKMP3</b> |
| 3    | <b>1000</b> | 2800 | <b>-29,00</b> | <b>3750</b>   | <b>DKMP3</b> |

UGT betonspanningen in baretten op horizontaal steunniveau:

| baret type | $A_b$<br>m <sup>2</sup> | $I_{equiv}$<br>m | $W_b$<br>m <sup>3</sup> | Betonspanningen [kN/m <sup>2</sup> ] in uiterste vezel per combinatie |        |        |                     |        |        |
|------------|-------------------------|------------------|-------------------------|---|--------|--------|---------------------|--------|--------|
|            |                         |                  |                         | maximaal (- = druk)   |        |        | minimaal (- = druk) |        |        |
|            |                         |                  |                         | comb 1  | comb 2 | comb 3 | comb 1              | comb 2 | comb 3 |
| 1          | 1,603                   | 2,671            | 0,714                   | -1091   | -5810  | -5085  | -1091               | 1253   | 566    |
| 2          | 2,103                   | 2,628            | 0,921                   | -832  | -4473  | -3911  | -832                | 999    | 467    |
| 3          | 2,585                   | 2,585            | 1,114                   | -676  | -3675  | -3210  | -676                | 850    | 409    |

Conclusie: in de BGT (= combinatie 1) treden geen trekspanningen in baretdoorsneden op. In de UGT (comb. 2 en 3) zal voor opname van het moment geen wapening nodig zijn. Dus genoemde baretten voldoen.

**Gegevens kunstwerk:****invoeren:**

|                                 |         |   |
|---------------------------------|---------|---|
| volumegegewicht beton:          | 25,0    | kN/m <sup>3</sup>                         |
| landhoofdmaat a:                | 0,750   | m (loodrecht as spoor)                    |
| landhoofdmaat b:                | 1,800   | m (loodrecht as spoor)                    |
| kruisingshoek:                  | 145,650 | graden (100 gr stelsel)                   |
| afstand tussen landhoofden:     | 22,500  | m (loodrecht as spoor)                    |
| lengte stootplaten:             | 5,000   | m (gemeten in as weg)                     |
| dikte stootplaten:              | 0,400   | m   |
| breedte prefab liggers:         | 1,500   | m   |
| massieve lengte liggers:        | 2,000   | m (per zijde vanaf de kop)                |
| rustende belasting:             | 4,0     | kN/m <sup>2</sup> (op dek en stootplaten) |
| ver.bel., gelijkmatig verdeeld: | 7,0     | kN/m <sup>2</sup> (gemiddeld)             |
| ver.bel.,laststelsel:           | 1200,0  | kN  |
| spreadingsbreedte laststelsels: | 9,0     | m (loodrecht as weg gemeten)              |
| spreadingsbr. rembelasting:     | 9,0     | m (loodrecht as weg gemeten)              |
| belastingfactoren:              | Comb    | 1 2 3                                     |
|                                 |         | perm UGT-1 UGT-2                          |
|                                 | eg + rb | 1,00 1,25 1,40                            |
|                                 | ver bel | 0 1,50 1,20                               |

**hieruit volgen:**

|                              |        |   |
|------------------------------|--------|---|
| hart-op-hart maat assen:     | 25,800 | m (loodrecht as spoor)                    |
| kruisingshoek:               | 0,717  | rad (t.o.v. haakse kruising)              |
| overspanning dekliggers:     | 34,230 | m (in wegas)                              |
| toe te passen ligger:        | SKK    | 1100                                      |
| eig.gew. massief:            | 40,2   | kN/m                                      |
| eig.gew. hol:                | 18,4   | kN/m                                      |
| totale lengte liggers:       | 35,556 | m (in wegas)                              |
| rembelasting:                | 485,9  | kN (over totale lengte dek + stootplaten) |
| o.k. liggers tot o.k. sloof: | 2,9    | m   |
| landhoofdmaat c:             | 1,650  | m   |

**Eigen gewicht en rustende belasting landhoofd:**

|                                  |              |                               |
|----------------------------------|--------------|-------------------------------|
| fundatiesloof:                   | 82,5         | kN/m (in as landhoofd)        |
| oplegrib:                        | 70,1         | kN/m (in as landhoofd)        |
| frontwand:                       | 20,3         | kN/m (in as landhoofd)        |
| rb frontwand:                    | 1,2          | kN/m (in as landhoofd)        |
| <b>Totaal eg + rb landhoofd:</b> | <b>174,1</b> | <b>kN/m (in as landhoofd)</b> |

**Eigen gewicht en rustende belasting stootplaten:**

|                                    |             |                               |
|------------------------------------|-------------|-------------------------------|
| eig.gew.:                          | 18,8        | kN/m (in as landhoofd)        |
| rust.bel.:                         | 7,5         | kN/m (in as landhoofd)        |
| <b>Totaal eg + rb stootplaten:</b> | <b>26,4</b> | <b>kN/m (in as landhoofd)</b> |

**Eigen gewicht en rustende belasting prefab dek per oplegging:**

|                                   |              |                               |
|-----------------------------------|--------------|-------------------------------|
| eig.gew. massief:                 | 80,4         | kN (per ligger)               |
| eig.gew. hol:                     | 290,3        | kN (per ligger)               |
| rust.bel.:                        | 106,7        | kN (per ligger)               |
| <b>Totaal eg + rb prefab dek:</b> | <b>477,4</b> | <b>kN (per ligger)</b>        |
| <b>Totaal eg + rb prefab dek:</b> | <b>239,9</b> | <b>kN/m (in as landhoofd)</b> |

**Veranderlijke belasting:****A15/N3 - PN: 351865**

|                          |                              |
|--------------------------|------------------------------|
| gelijkm.verd. dek:       | 93,8 kN/m (in as landhoofd)  |
| gelijkm.verd. frontwand: | 2,1 kN/m (in as landhoofd)   |
| gelijkm.verd. stootpl:   | 13,2 kN/m (in as landhoofd)  |
| laststelsels:            | 100,5 kN/m (in as landhoofd) |

**Totaal ver. bel.: 209,6 kN/m (in as landhoofd)****Rembelasting: 20,3 kN/m (loodrecht as landhoofd)****Moment t.p.v. o.k. sloof: 59,0 kNm/m (om as landh t.p.v. 1.50+)****Vertic. per paalrij (var A en B): 32,8 kN/m (in as landhoofd)****Representatieve belasting t.p.v. onderzijde fundatiesloof:****Verticaal:**

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| Totaal eg + rb landhoofd:   | 174,1 kN/m (in as landhoofd)                   |
| Totaal eg + rb stootplaten: | 26,4 kN/m (in as landhoofd)                    |
| Totaal eg + rb prefab dek:  | 239,9 kN/m (in as landhoofd)                   |
| <b>Totaal eg + rb:</b>      | <b>440,3 kN/m (in as landhoofd)</b>            |
| <b>Totaal ver. bel.:</b>    | <b>209,6 kN/m (in as landhoofd)</b>            |
| <b>Rembelasting:</b>        | <b>32,8 kN/m (in as landhoofd per paalrij)</b> |

**Horizontaal:****Rembelasting: 20,3 kN/m (loodrecht as landhoofd)****Belastingen per combinatie:**

|                             | Combinatie |       |   |
|-----------------------------|------------|-------|---|
|                             | 1          | 2     | 3   |
| Totaal eg + rb:             | 440,3      | 550,4 | 616,5 kN/m (in as landhoofd)                |
| Totaal ver. bel.:           | 0,0        | 314,4 | 251,5 kN/m (in as landhoofd)                |
| Rembelasting (verticaal):   | 0,0        | 49,2  | 39,3 kN/m (in as landhoofd per paalrij)     |
| Rembelasting (horizontaal): | 0,0        | 30,5  | 24,4 kN/m (loodrecht as landh t.p.v. 1.50+) |
| Rembelasting (moment):      | 0,0        | 88,5  | 70,8 kNm/m (om as landh t.p.v. 1.50+)       |

**Variant A**

| Paalrij | Schoorstand<br>palen | H.o.h.<br>palen | Paalbelasting per combinatie |     |     |
|---------|----------------------|-----------------|------------------------------|-----|-----|
|         |                      |                 | 1                            | 2   | 3   |
| 1       | 5 :1                 | 3,0             | 337                          | 470 | 510 |
| 2       | 5 :1                 | 3,0             | 337                          | 703 | 697 |
| 3       | 5 :1                 | 3,0             | 337                          | 620 | 631 |
| 4       | 5 :1                 | 3,0             | 337                          | 853 | 817 |

Maximale paalbelasting: **853 kN**Opties: Tubex Ø 406/560  $R_{c,net;d} =$  **1000 kN** **-25,00 m (NAP)** **DKMP3 (maatg.)****Variant B**Schoorstand palen: **5 :1**

| Paalrij | Schoorstand<br>palen | H.o.h.<br>palen | Paalbelasting per combinatie |      |      |
|---------|----------------------|-----------------|------------------------------|------|------|
|         |                      |                 | 1                            | 2    | 3    |
| 1       | 5 :1                 | 4,0             | 449                          | 470  | 556  |
| 2       | 5 :1                 | 4,0             | 449                          | 1093 | 1054 |
| 3       | telood               | 2,0             | 440                          | 963  | 947  |

Maximale paalbelasting: **1093 kN**Opties: Tubex Ø 406/560  $R_{c,net;d} =$  **1200 kN** **-30,00 m (NAP)** **DKMP3 (maatg.)**boorpaal Ø 600  $R_{c,net;d} =$  **1000 kN** **-30,00 m (NAP)** **DKMP3 (maatg.)****Variant C**

| H.o.h.<br>baretten | Kracht of<br>moment | Paalbelasting per combinatie |      |      | Niveau  |
|--------------------|---------------------|------------------------------|------|------|---|
|                    |                     | 1                            | 2    | 3    |   |
| 4,0                | V [kN]              | 1761                         | 3459 | 3472 |   |
|                    | H [kN]              | 0                            | 122  | 98   | -1,50 NAP                                     |
|                    | M [kNm]             | 0                            | 354  | 283  | -1,50 NAP                                     |
|                    | M [kNm]             | 0                            | 2002 | 1602 | -15,00 NAP (horizontaal steunniveau baretten) |

Maximale paalbelasting: **3472 kN**

Opties:

|      | baret |      | paalpunt   | $R_{c,net;d}$ | Maatg |
|------|-------|------|------------|---------------|-------|
| type | b     | l    | t.o.v. NAP | kN            | sond  |
| 1    | 600   | 2800 | -32,50     | 3500          | DKMP3 |
| 2    | 800   | 2800 | -30,00     | 3500          | DKMP3 |
| 3    | 1000  | 2800 | -27,00     | 3500          | DKMP3 |

UGT betonspanningen in baretten op horizontaal steunniveau:

| baret type | $A_b$<br>m <sup>2</sup> | $I_{equiv}$<br>m | $W_b$<br>m <sup>3</sup> | Betonspanningen [kN/m <sup>2</sup> ] in uiterste vezel per combinatie |        |        |                     |        |        |
|------------|-------------------------|------------------|-------------------------|---|--------|--------|---------------------|--------|--------|
|            |                         |                  |                         | maximaal (- = druk)   |        |        | minimaal (- = druk) |        |        |
|            |                         |                  |                         | comb 1  | comb 2 | comb 3 | comb 1              | comb 2 | comb 3 |
| 1          | 1,603                   | 2,671            | 0,714                   | -1099   | -4964  | -4411  | -1099               | 647    | 78     |
| 2          | 2,103                   | 2,628            | 0,921                   | -838  | -3819  | -3390  | -838                | 528    | 88     |
| 3          | 2,585                   | 2,585            | 1,114                   | -681  | -3135  | -2781  | -681                | 459    | 95     |

Conclusie: in de BGT (= combinatie 1) treden geen trekspanningen in baretdoorsneden op. In de UGT (comb. 2 en 3) zal voor opname van het moment geen wapening nodig zijn. Dus genoemde baretten voldoen.



## 6.1 Kunstwerk 3

| Variant A |                   |              |              |           |          |       |                    |               |  |
|-----------|-------------------|--------------|--------------|-----------|----------|-------|--------------------|---------------|--|
| Paalrij   | Schoorstand palen | H.o.h. palen | Paalpunt NAP | Type paal |          |       | Paalbelasting [kN] |               |  |
|           |                   |              |              | Tubex     | Boorpaal | Baret | $F_{s,perm;rep}$   | $F_{s,max;d}$ |  |
| 1         | 5 :1              | 3,0          | -25,00       | Ø 406/560 |          |       | 334                | 496           |  |
| 2         | 5 :1              | 3,0          | -25,00       | Ø 406/560 |          |       | 334                | 743           |  |
| 3         | 5 :1              | 3,0          | -25,00       | Ø 406/560 |          |       | 334                | 656           |  |
| 4         | 5 :1              | 3,0          | -25,00       | Ø 406/560 |          |       | 334                | 943           |  |

| Variant B |                   |              |              |           |          |       |                    |               |  |
|-----------|-------------------|--------------|--------------|-----------|----------|-------|--------------------|---------------|--|
| Paalrij   | Schoorstand palen | H.o.h. palen | Paalpunt NAP | Type paal |          |       | Paalbelasting [kN] |               |  |
|           |                   |              |              | Tubex     | Boorpaal | Baret | $F_{s,perm;rep}$   | $F_{s,max;d}$ |  |
| 1         | 5 :1              | 4,0          | -30,00       | Ø 406/560 |          |       | 446                | 507           |  |
| 2         | 5 :1              | 4,0          | -30,00       | Ø 406/560 |          |       | 446                | 1185          |  |
| 3         | telood            | 2,0          | -30,00       | Ø 406/560 |          |       | 437                | 1044          |  |
| 3         | telood            | 2,0          | -33,00       |           | Ø 600    |       | 437                | 1044          |  |

| Variant C |                   |              |              |           |          |            |                    |               |  |
|-----------|-------------------|--------------|--------------|-----------|----------|------------|--------------------|---------------|--|
| Paalrij   | Schoorstand palen | H.o.h. palen | Paalpunt NAP | Type paal |          |            | Paalbelasting [kN] |               |  |
|           |                   |              |              | Tubex     | Boorpaal | Baret      | $F_{s,perm;rep}$   | $F_{s,max;d}$ |  |
| 1         | telood            | 4,0          | -33,00       |           |          | 600 x2800  | 1749               | 3652          |  |
| 1         | telood            | 4,0          | -30,00       |           |          | 800 x2800  | 1749               | 3652          |  |
| 1         | telood            | 4,0          | -30,00       |           |          | 1000 x2800 | 1749               | 3652          |  |

## 6.2 Kunstwerk 4

| Variant A |                   |              |              |           |          |       |                    |               |  |
|-----------|-------------------|--------------|--------------|-----------|----------|-------|--------------------|---------------|--|
| Paalrij   | Schoorstand palen | H.o.h. palen | Paalpunt NAP | Type paal |          |       | Paalbelasting [kN] |               |  |
|           |                   |              |              | Tubex     | Boorpaal | Baret | $F_{s,perm;rep}$   | $F_{s,max;d}$ |  |
| 1         | 5 :1              | 3,0          | -25,00       | Ø 406/560 |          |       | 337                | 510           |  |
| 2         | 5 :1              | 3,0          | -25,00       | Ø 406/560 |          |       | 337                | 703           |  |
| 3         | 5 :1              | 3,0          | -25,00       | Ø 406/560 |          |       | 337                | 631           |  |
| 4         | 5 :1              | 3,0          | -25,00       | Ø 406/560 |          |       | 337                | 853           |  |

| Variant B |                   |              |              |           |          |       |                    |               |  |
|-----------|-------------------|--------------|--------------|-----------|----------|-------|--------------------|---------------|--|
| Paalrij   | Schoorstand palen | H.o.h. palen | Paalpunt NAP | Type paal |          |       | Paalbelasting [kN] |               |  |
|           |                   |              |              | Tubex     | Boorpaal | Baret | $F_{s,perm;rep}$   | $F_{s,max;d}$ |  |
| 1         | 5 :1              | 4,0          | -30,00       | Ø 406/560 |          |       | 449                | 556           |  |
| 2         | 5 :1              | 4,0          | -30,00       | Ø 406/560 |          |       | 449                | 1093          |  |
| 3         | telood            | 2,0          | -30,00       | Ø 406/560 |          |       | 440                | 963           |  |
| 3         | telood            | 2,0          | -30,00       |           | Ø 600    |       | 440                | 963           |  |

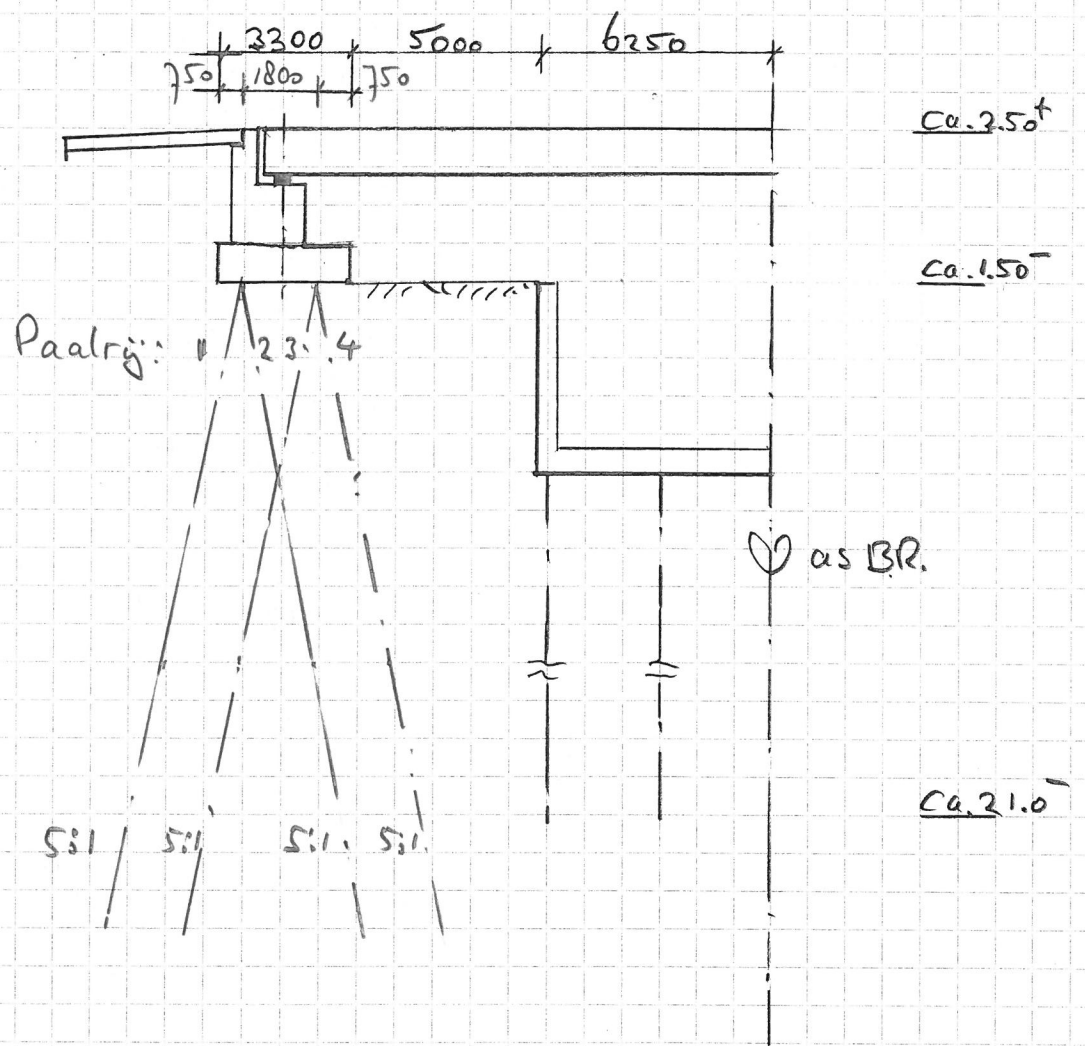
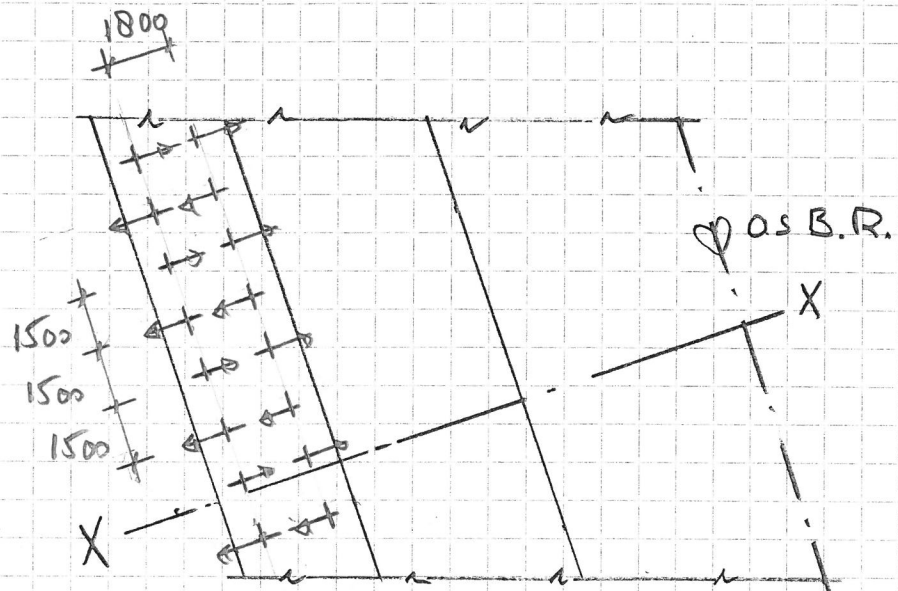
| Variant C |                   |              |              |           |          |            |                    |               |  |
|-----------|-------------------|--------------|--------------|-----------|----------|------------|--------------------|---------------|--|
| Paalrij   | Schoorstand palen | H.o.h. palen | Paalpunt NAP | Type paal |          |            | Paalbelasting [kN] |               |  |
|           |                   |              |              | Tubex     | Boorpaal | Baret      | $F_{s,perm;rep}$   | $F_{s,max;d}$ |  |
| 1         | telood            | 4,0          | -32,50       |           |          | 600 x2800  | 1761               | 3472          |  |
| 1         | telood            | 4,0          | -30,00       |           |          | 800 x2800  | 1761               | 3472          |  |
| 1         | telood            | 4,0          | -27,00       |           |          | 1000 x2800 | 1761               | 3472          |  |

Op de volgende bladzijden zijn de varianten A, B en C geschetst voor kunstwerken 3 en 4

De mogelijke paalsystemen, de paalbelastingen en de paalpuntniveaus zijn bepaald in par. 4 en 5 "Kunstwerk 3" en "Kunstwerk 4". Een samenvatting is gegeven in het par. 6 "Resume palen en belastingen".

## 7.1 Kunstwerk 3 en 4

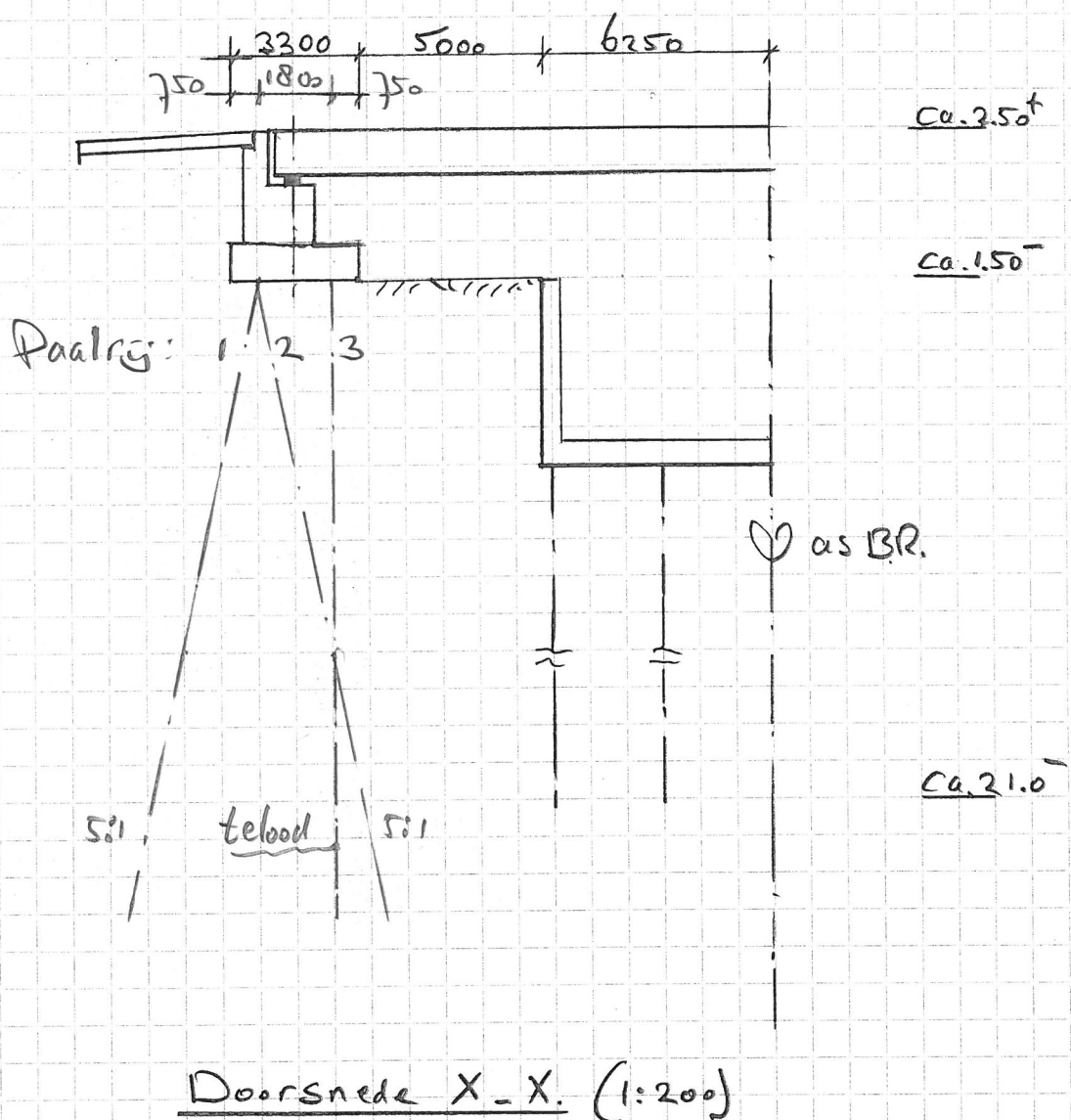
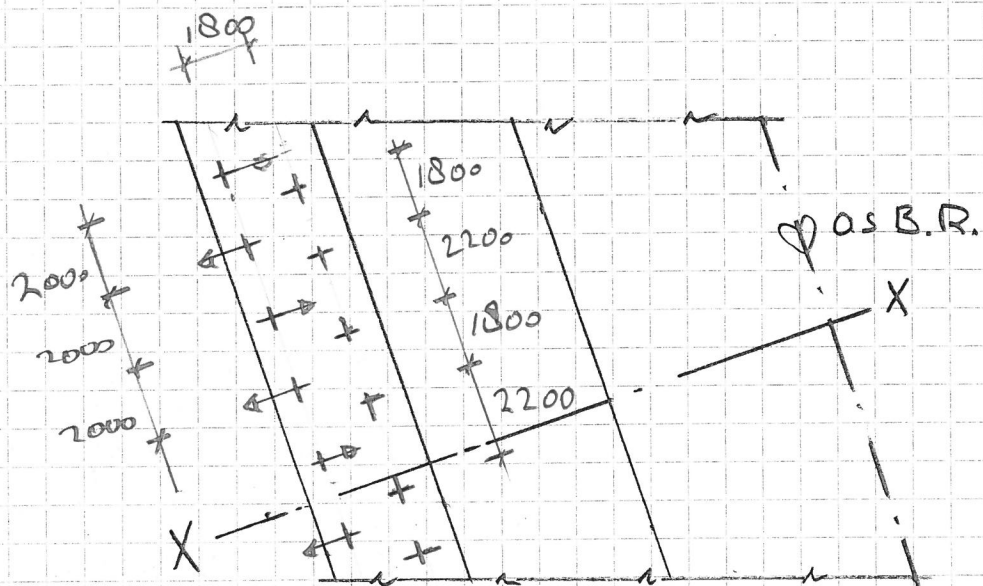
### Variant A



Doorsnede X-X. (1:200)

### Variant B

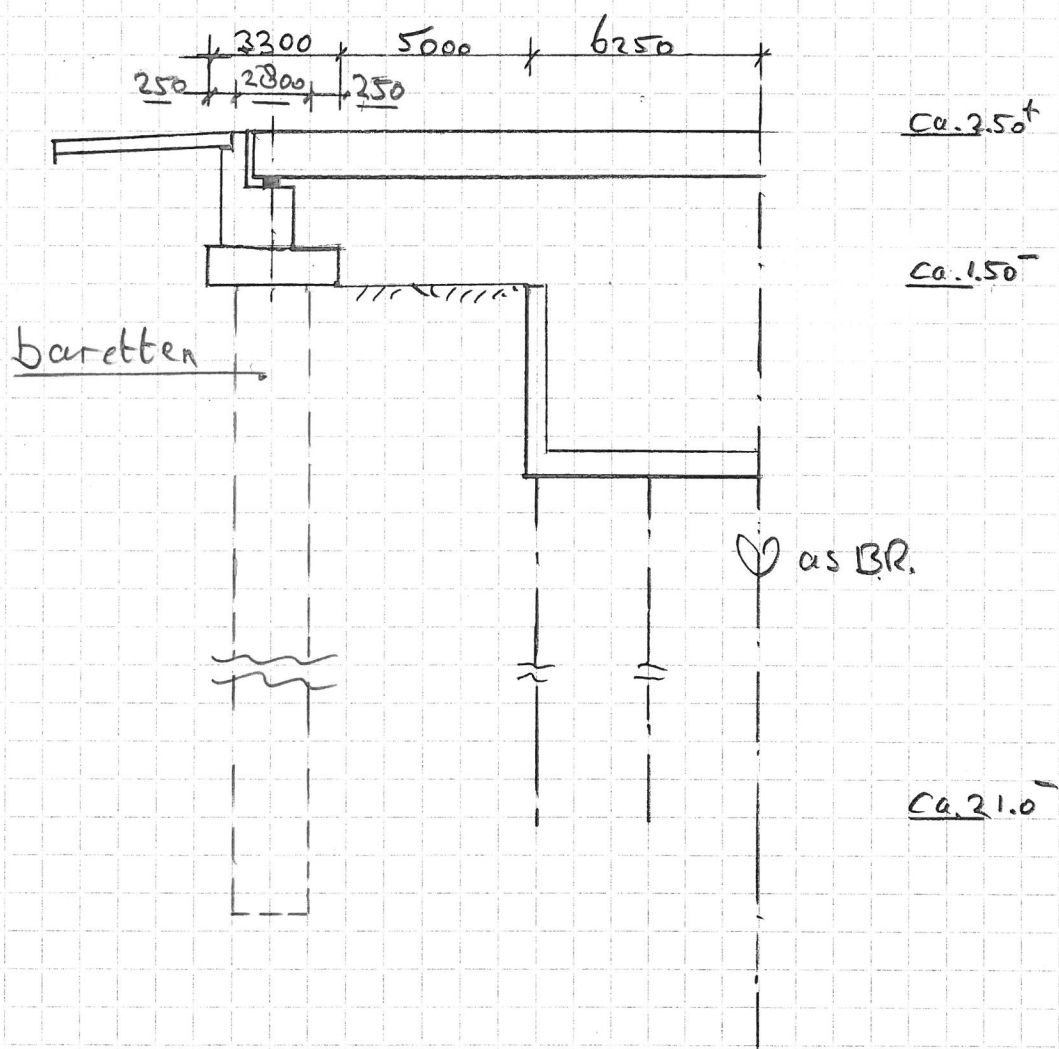
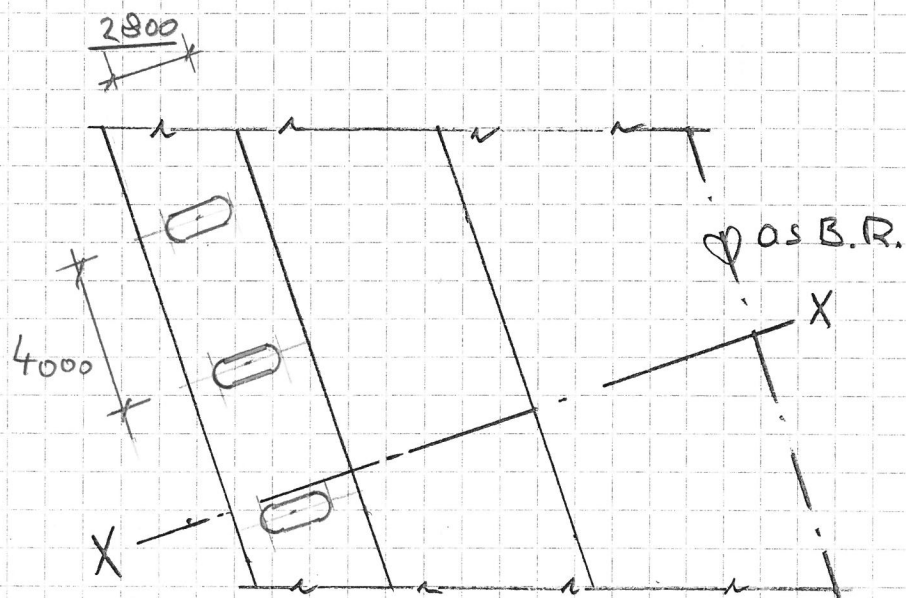
### Variant B





# 7.3 Kunstwerk 3 en 4

## Variant C



Doorsnede X-X. (1:200)