



A. Peeters
WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
borgerhout

DETAILMODEL
HAVENMOND ZEEBRUGGE

**ORIENTEREND
EROSIEONDERZOEK**

1979

MOD. 387-3

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
borgerhout antwerpen



ministerie van openbare werken
bruggen en wegen
bestuur der waterwegen

DETAILMODEL HAVENMOND ZEEBRUGGE

ORIENTEREND EROSIEONDERZOEK

MOD. 387-3

INHOUD

1. Opdracht
2. Het model
3. De modelproeven
4. Proefresultaten
 - 4.1. Werkhaven
 - 4.2. Zuidelijke Oostdam 1500 m
 - 4.3. LNG dam
 - 4.4. Eindsituatie 1750 G
5. Conclusies

1. OPDRACHT

Op de werkgroepvergadering Laboratoriumstudies dd. 22 oktober 1978 werd beslist op het fysisch detailmodel naast het vastleggen van stroombeelden ten behoeve van erosieberekeningen tevens oriënterende erosieproeven uit te voeren met beweegbaar bodemmateriaal.

2. HET MODEL

Het "detailmodel havenmond" staat beschreven in het rapport WL 387-1 (zie bijlage 1). Het heeft als schalen 1/300 horizontaal ($\frac{1}{n_l}$), 1/100 vertikaal ($\frac{1}{n_h}$) en alzo volgens Froude 1/10 als snelheidsschaal ($\frac{1}{n_v}$). De proeven gebeurden bij modelrandvoorwaarden, komend uit het permanentie-overzichtsmodel overeenkomstig volgende modeltoestanden :

	maximum eb	maximum vloed
Werkhaven	T0	T0
Zuidelijke Oostdam 1500 m	T0	TR28
LNG dam	TR55	TR55
Eindsituatie 1750 G	TR51	TR51

Ter uitvoering van de proeven werd de vaste modelbodem omheen het te onderzoeken gebied uitgebroken tot NKD -15 m en geprofileerd in beweegbaar materiaal. Het gebezigde materiaal was polystyreen met densiteit $\gamma = 1050 \text{ kg/m}^3$ en een gemiddelde korreldiameter $d_m = 2,62 \text{ mm}$.

3. DE MODELPROEVEN

Teneinde enig inzicht te krijgen in de reproduceerbaarheid van de prototype toestand bij middel van het gebruikte bodemmateriaal voor de hier uit te voeren proeven werd de modelbodem langs de ganse lengte van de bestaande westelijke havendam over een breedte van circa 400 m in beweegbaar materiaal aangebracht met de bedoeling na te gaan of de vloedkuil, die zich aldaar na 1901 ontwikkelde, zich ook op het model zou voordoen. In verband hiermede beschikt men over volgende tekst uit Der Wasserbau - Elfter band van 1912, pag. 211, met bijgaande figuur, weergegeven in bijlage 2 :

" Die Wiederherstellung der Sturmschäden vom Jahre 1901 nahm 17 Monate in Anspruch ; während dieser Zeit trat eine sehr erhebliche Vertiefung auf der Westseite neben und vor dem fertiggestellten Teil der Mole ein. Da wo man anfangs nur 6 bis 7 m Wassertiefe unter Niedrigwasser peilte, war ein Kolk von 150 m Länge entstanden, der bis zu 19 m Tiefe unter Niedrigwasser aufwies. In der Fortsetzung der Mauer hatte man statt einer Tiefe von 7 m Tiefen von 17 und 18 m unter Niedrigwasser, die zunächst mit Bruchsteinen auf Senkstücken ausgefüllt werden mussten. Die Steinschüttung auf der Seeseite der Mole hat erheblich stärker, als ursprünglich beabsichtigt war, ausgeführt werden müssen. Der unter Einwirkung der Flutströmung, die bei Springfluten eine Geschwindigkeit von 1,40 m i. d. Sek. erreicht, entstandene, 200 m breite Kolk ist auch nach der Fertigstellung noch vorhanden. Er beginnt aber ungefähr 150 m vom Fuss der Mole, so dass selbst die am Ende der Mole vorhandene grösse Tiefe von 20 m keine Gefahr für den Bestand des Bauwerks bietet".

Bij de ijking stuit men echter op volgende moeilijkheden :

- a) Gezien de heterogeniteit van de bodemsamenstelling in natuur, naar plaats en over de verticale, kan het homogene

polystyreen moeilijk een volmaakt natuurgetrouwe weergave geven van de bodembewegingen.

- b) Gezien het detailmodel een permanentiemodel is worden enkel de ogenblikken van maximum vloedstroom en maximum ebstroom gesimuleerd (cfr. rapport WL 387-1). De equivalente tijd dat beide tijogenblikken zouden moeten gesimuleerd worden, kan in een sedimentologisch model bepaald worden, doch de interactie eb-vloed wordt niet exact weergegeven.

Bij normale debietsinstelling van het model valt er geen beweging van het bodemmateriaal waar te nemen (waarbij dient opgemerkt dat de bodemsituatie 1976, en niet de bodemsituatie 1901 in model was weergegeven). Daarentegen bij geforceerde debietsinstelling, zodanig dat de snelheidsschaal 1/8,5 benaderd werd, kwam alle materiaal in beweging en zou bij continu doorstromen alle materiaal over de ganse breedte, lengte en diepte van het beweegbaar vak, hieruit verdwenen zijn. Uit onderhavige proefresultaten dient besloten dat de proeven met beweegbaar materiaal slechts oriënterend kunnen zijn in verband met erosie die zich ten gevolge van turbulentie verschijnselen aan de kopeinden en singuliere delen der havendammen gaat voordoen.

4. PROEFRESULTATEN

Voor onderhavige proeven werd het beweegbaar vak telkens zo uitgebreid mogelijk genomen teneinde de randeffecten zoveel mogelijk uit te schakelen. Teneinde een indruk te krijgen van de interactie eb-vloed en omgekeerd, werden alle proeven tweemaal uitgevoerd, waarbij hetzij eerst de maximum

ebstroom hetzij eerst de maximum vloedstroom werd ingesteld om vervolgens de stroomrichting om te keren.

Beide getijfasen werden gestroomd tot circa geen beweging meer merkbaar was, wat in bijna alle gevallen gebeurde na circa vier uur stromen. Er dient echter wel opgemerkt te worden dat de beweegbare bodem zich slechts tot Z-14m00 uitstrekt en daaronder terug de vaste modelbodem aanwezig is. Diepere erosies dan Z-14m00 zijn dus niet mogelijk in model.

4.1. Werkhaven.

Bij volledige uitbouw van de werkhaven werd voor de noordoostelijke hoek van de werkhaven een vak in beweegbaar materiaal uitgevoerd. Bij vloed is er geen beweging merkbaar, terwijl er bij eb juist vóór de aanzet van de zuidelijke oostdam een put met zeer beperkte afmetingen (ongeveer 30 m diameter) en een diepte van circa 1,5 m ontstond. Deze afmetingen waren echter te beperkt om met de beschikbare meetmethodes op voldoende nauwkeurige wijze de nodige gegevens op te meten.

4.2. Zuidelijke Oostdam.

Uit bijlage 3, resultaat van de proef waarbij eerst de maximum ebstroom, vervolgens de maximum vloedstroom werd ingesteld blijkt dat de ebput vóór de oostkade van de zuidelijke oostdam, hier tot 1500 m uit de kust uitgebouwd, gedeeltelijk door de vloed terug wordt opgevuld, doch dat de vloed zelf een uitgebreide put veroorzaakt, waarvan het materiaal zich ver oostwaarts verplaatst.

Uit bijlage 4 blijkt dat deze vloedput bij eb gedeeltelijk wordt opgevuld.

Bijlage 5 geeft een superpositie van beide voorgaande proeven (vorm en diepte van de erosiekuil die zich in beide gevallen vormde) waaruit blijkt dat de ontstane put zich circa 200 m zeewaarts uitstrekt vanuit de kop van de westkade en hoofdzakelijk tussen oost- en westkade gelegen is.

In bijlagen 6 en 7 worden de resultaten weergegeven van analoge proeven waarbij echter met flexibel gaas, verzaagd met fijne steenslag, een bodembescherming tot 100 m uit de teen der beide damfronten werd gesimuleerd. Zoals blijkt uit de superpositiefiguur op bijlage 8 zijn de gevormde kuilen zowel bij de eb-vloedproef als bij de vloed-ebproef duidelijk minder diep en strekken zij zich niet verder zeewaarts uit dan bij de proeven zonder bodembescherming. Wel wordt een grotere erosie waargenomen vóór de kop van de oostkade, hetgeen een duidelijk gevolg is van het vastliggen van de bodem zodat minder materiaal voor de westkade door de vloed kan uitgeschuurd worden om zich te gaan afzetten voor de oostkade.

4.3. LNG-dam.

Uit bijlage 9 blijkt dat de vloedstroom een zeer uitgebreide put veroorzaakte vóór de noordwestelijke punt van de LNG-dam, waarvan het materiaal zich langs de dam oostwaarts verplaatst en de ebput aan de noordoostelijke punt gedeeltelijk opvult. In noordoostelijke richting ontstaat er bovendien geulvorming met diepten tot 9 m. De ebstroom is duidelijk niet in staat om de vloedput aan

de NW-punt op te vullen doch veroorzaakt enkel een noordelijke verplaatsing van de gevormde geul, terwijl de gevormde ebput slechts beperkte afmetingen vertoont (bijlage 10).

Uit de superpositiefiguur van bijlage 11 blijkt dat vooral de noordwestelijke punt van de LNG-dam aan zeer zware erosie onderhevig is, terwijl dit in mindere mate het geval zal zijn voor de noordoostelijke punt. Dit alles natuurlijk nog in de veronderstelling dat geen bodembescherming is aangebracht. Ook hier werden de proeven hernomen met 100 m bodembescherming aan beide koppen. Hierdoor verplaatstende gevormde putten zich zeewaarts en verdwijnt bij de eb-vloedinstelling de ebput aan de NO-punt van de LNG-dam volledig (bijlage 12), doch bij de vloed-ebinstelling blijkt uit bijlage 13 dat deze ebput uitgebreider is dan zonder bodembescherming. Bij een bodembescherming tot 200 m uit de teen blijft deze ebput even uitgebreid, doch de geërodeerde diepte vermindert van 15 m tot 10 m (bijlage 15).

4.4. Eindsituatie 1750 G.

Zoals blijkt uit bijlage 16 wordt hier door de vloed een zeer uitgebreide erosieput geschapen vóór de westdam waarvan het materiaal zich afzet vóór de havenmond. De erosie vóór de oostdam is duidelijk veel minder sterk.

De ebstroom blijkt slechts zeer gedeeltelijk in staat om deze zware erosie voor de westdam teniet te doen (bijlage 17 en 18). Modeltechnische redenen verhinderen het weergeven van de bodemconfiguratie vóór de oostdam na de vloed-ebinstelling hoewel toch kan gesteld dat de erosie aan de oostzijde duidelijk minder sterk is dan langs de westdam. Op de superpositiefiguur van bijlage 18 zal de erosiekuil voor de oostdam circa overeenkomen met deze weergegeven op bijlage 16.

5. CONCLUSIES.

Er dient benadrukt dat deze proeven enkel een indicatief karakter kunnen hebben in verband met de erosie veroorzaakt door turbulentieverschijnselen aan de koppen en discontinue delen der dammen ; ze geven geen aanuiding in de erosie veroorzaakt door snelheidstoename. Na uitbouw van de werkhaven lijkt de bodemconfiguratie nog weinig te worden beïnvloed.

De uitbouw van de zuidelijke oostdam tot 1500 m kan reeds belangrijke erosiekuilen vóór het bouwfront veroorzaken (eveneens tussen oost-en westkade in) terwijl 100 m bodembescherming reeds een belangrijke invloed op uitgebreidheid en diepte van deze kuilen veroorzaakt.

Na uitbouw van de LNG-dam lijkt vooral de noordwestelijke punt aan sterke erosie onderhevig, terwijl er lichte geulvorming in noordoostelijke richting merkbaar is. Een bodembescherming tot 100 m veroorzaakt wel een zeewaartse verplaatsing der erosiekuilen doch heeft geen invloed op uitgebreidheid en diepte. Bij 200 m bodembescherming aan de NO-punt is deze invloed wel merkbaar.

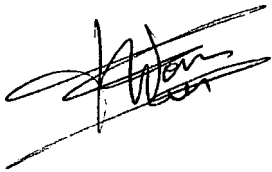
In de eindsituatie 1750 G dient gesteld dat de erosie zich voordoet vóór de gekromde delen van oost-en westdam, echter veel sterker aan de westzijde dan aan de oostzijde en dat het geërodeerde materiaal zich afzet vlak vóór de havenmond.

Uit deze eerste indicatieve resultaten blijkt dat bodemerosie omheen de in constructie zijnde havendammen zware

problemen zou kunnen stellen en lijkt het dan ook aange-
wezen op het detailmodel tot verder sedimentologisch onder-
zoek over te gaan.

Borgerhout, juli 1979

De Ingenieur van
Bruggen en Wegen,
Belast met de studie,



ir. F. WENS

De Hoofdingenieur-Directeur van Bruggen en Wegen,
Directeur van het Waterbouwkundig Laboratorium,



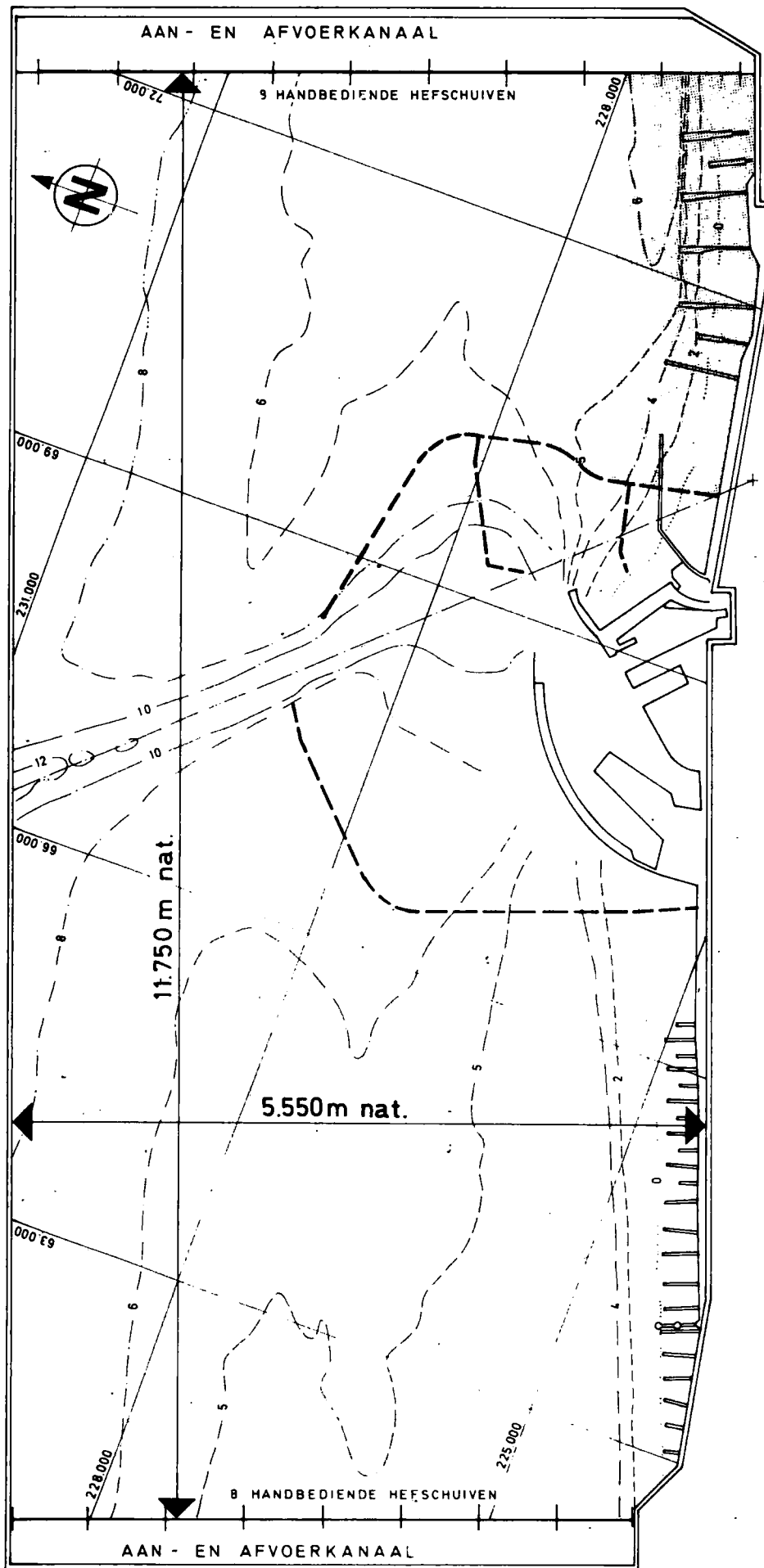
ir. P. ROOVERS.



SCHALEN: 1/50.000 natuur
1/166,67 model

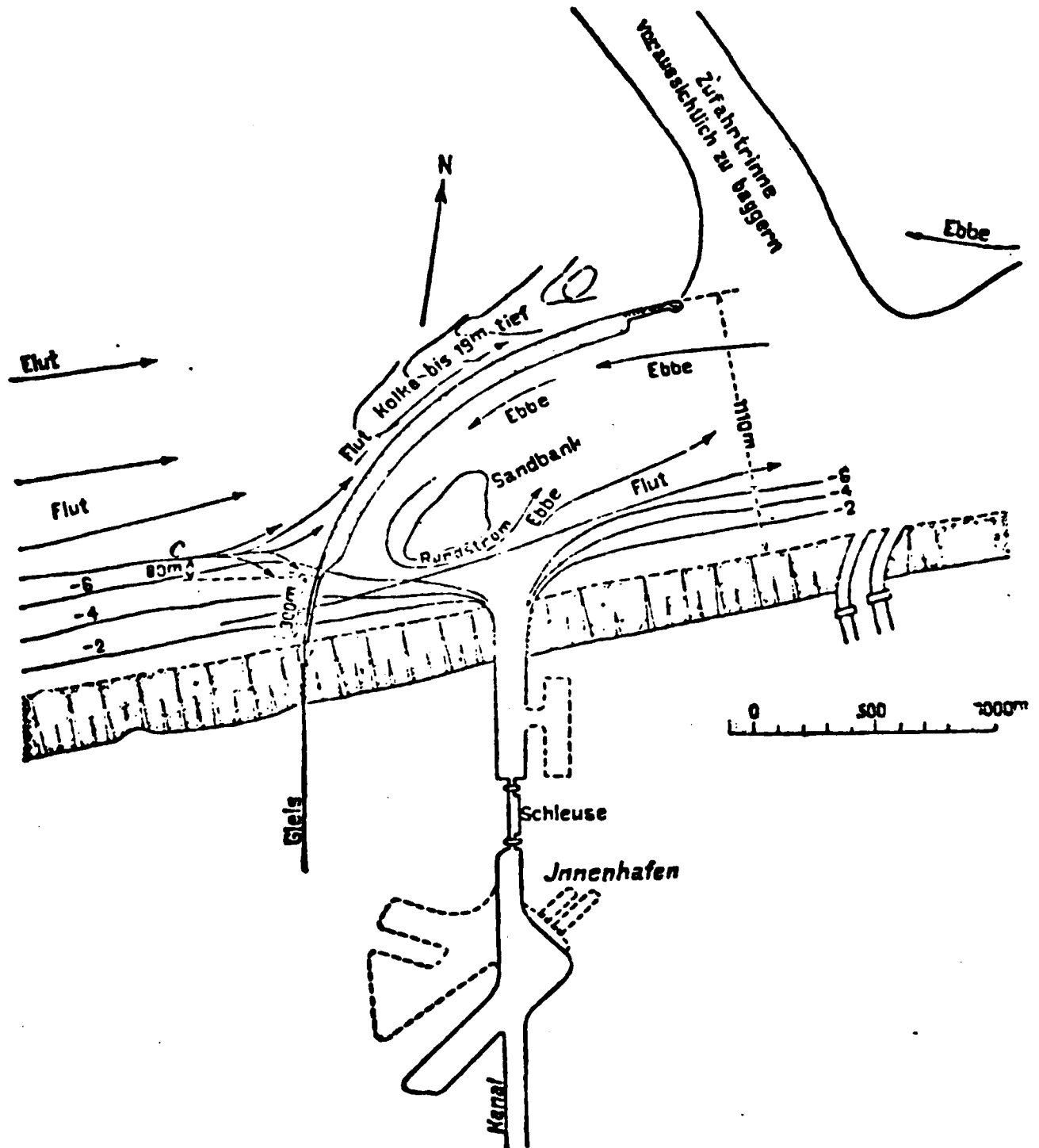
PRINCIPETEKENING MODEL

Dieptelijnen in m
t.o.v. Z.vlak
Lambert projectie



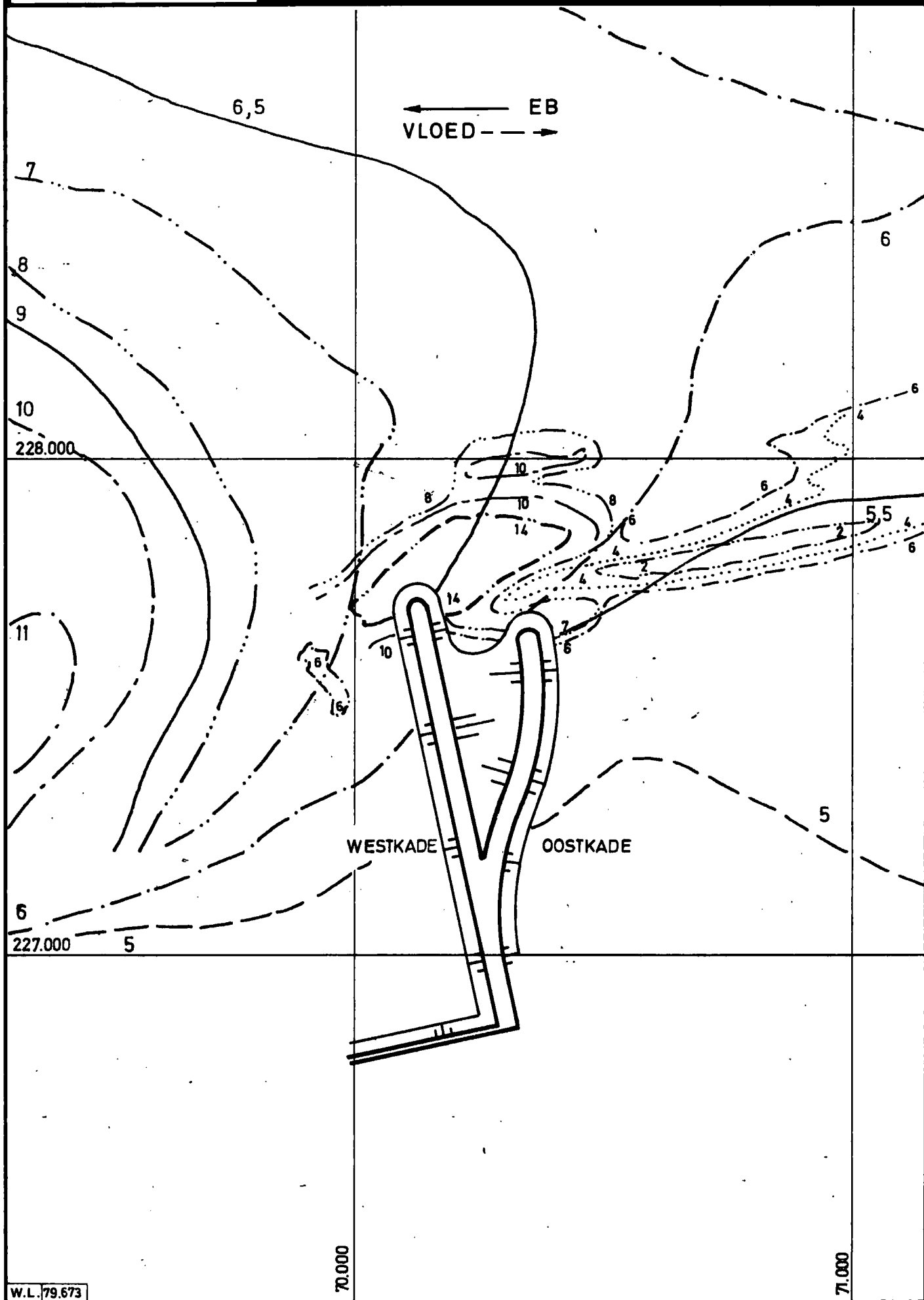


VLOEDKOLK NA UITBOUW BESTAANDE MOLE



Schaal 1/10.000
Dieptelijnen in m tov.Z-vlak

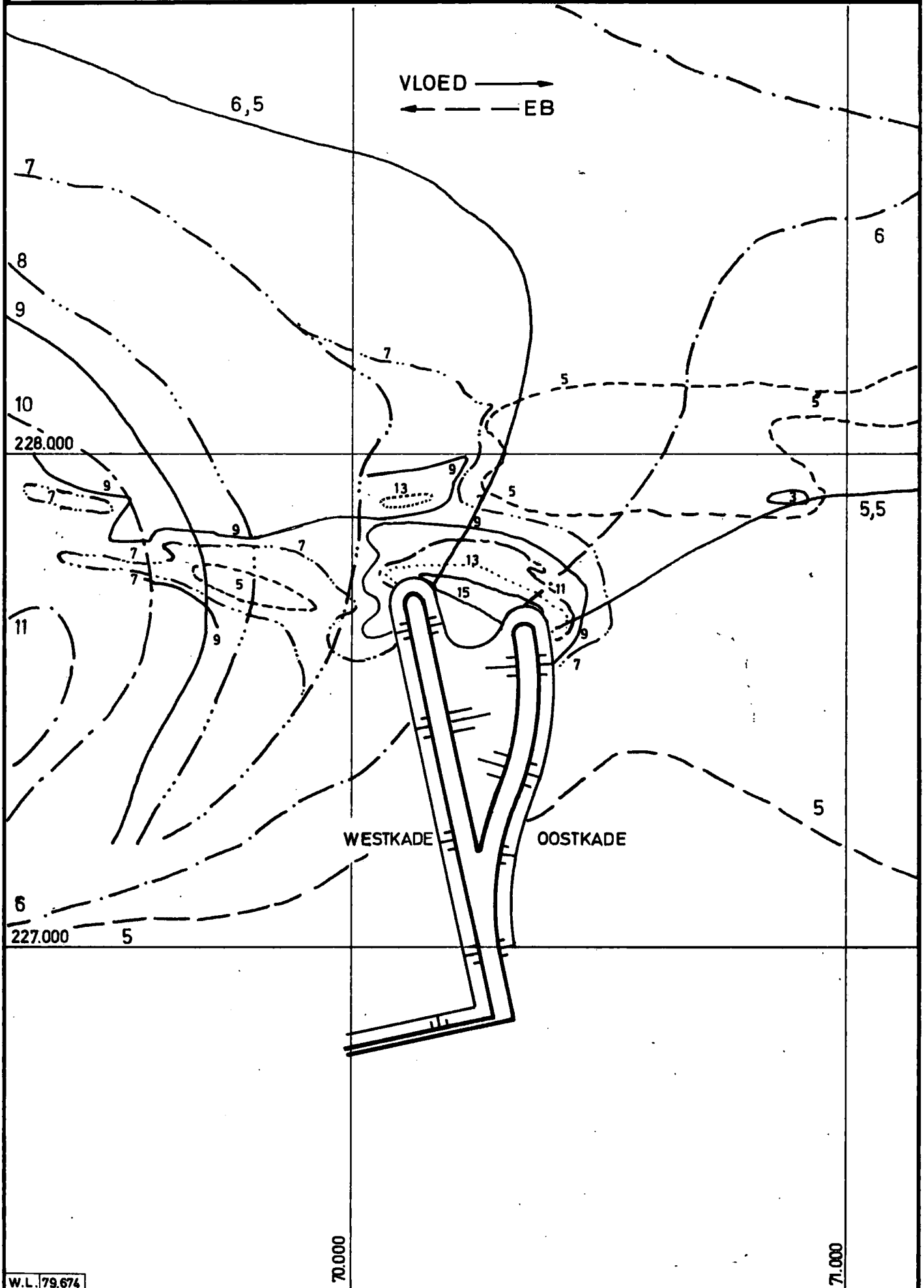
**PROEVEN BEWEEGBAAR MATERIAAL
Z.O. DAM 1500m - EB - VLOED**





Schaal 1/10.000
Dieptelijnen in m tov. Z-vlak

PROEVEN BEWEEGBAAR MATERIAAL
Z.O. DAM 1500m - VLOED-EB





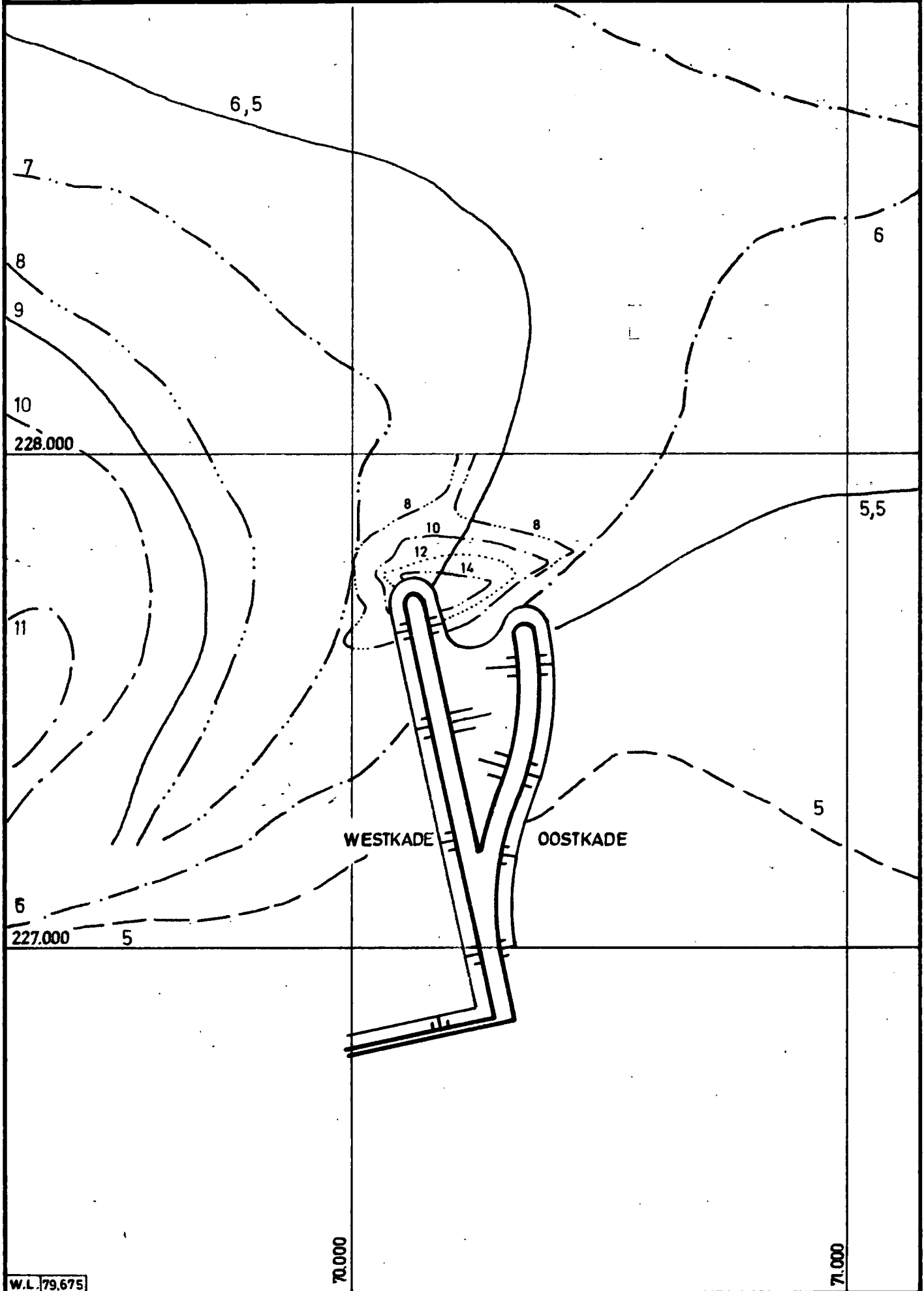
WATERBOUWKUNDIG
LABORATORIUM
borgerhout antwerpen

MOD.387_3 DETAILMODEL HAVENMOND
ZEEBRUGGE

Bijlage 5

Schaal 1/10.000
Dieptelijnen in m t.o.v. Z-vlak

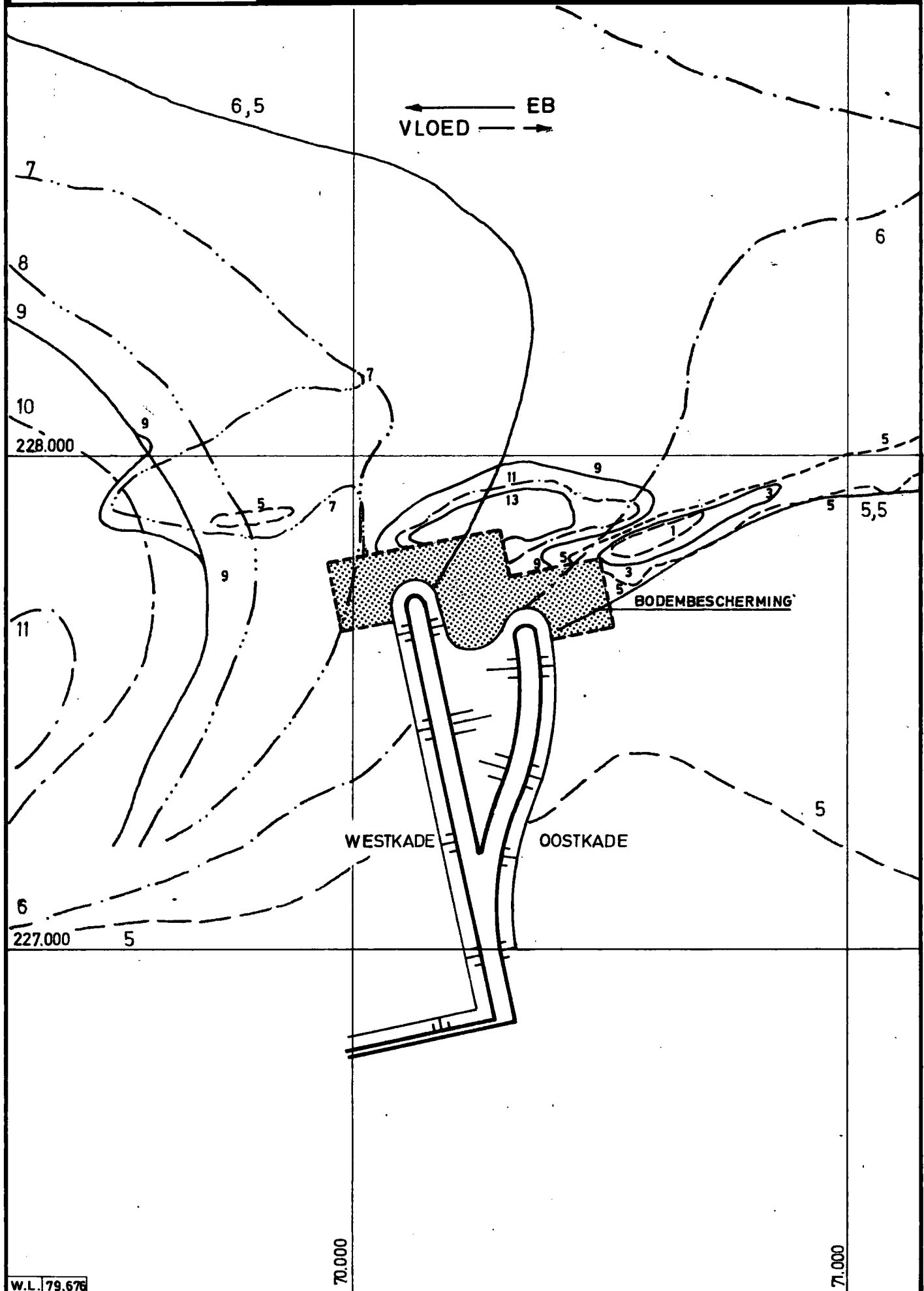
PROEVEN BEWEEGBAAR MATERIAAL
Z.O. DAM 1500 m — SUPERPOSITIE





Schaal 1/10.000
Dieptelijnen in m tov. Z-vlak

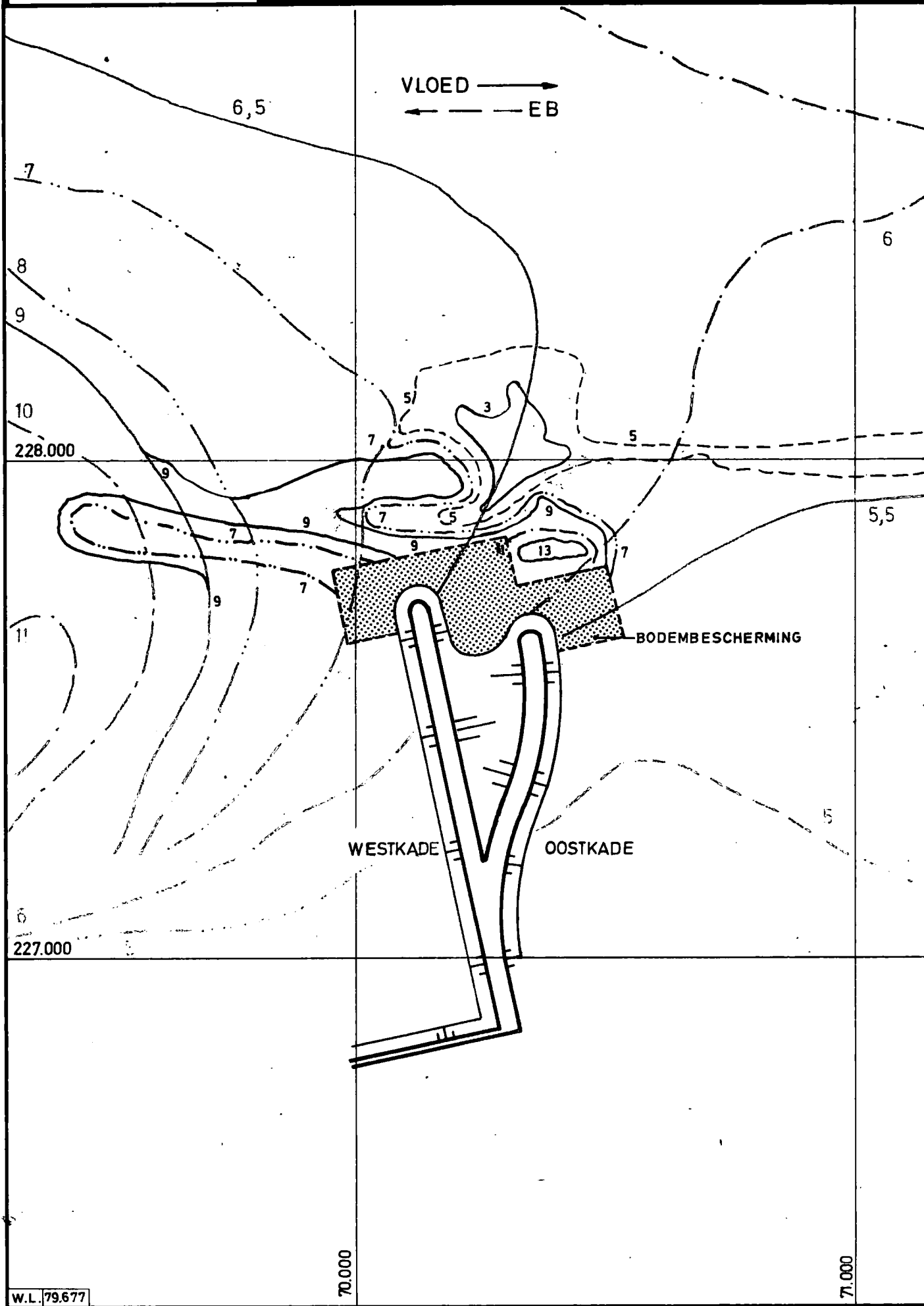
PROEVEN BEWEEGBAAR MATERIAAL
Z.O. DAM 1500m + BODEMBESCHERMING - EB - VLOED





Schaal 1/10.000
Dieptelijnen in m tov. Z-vlak

PROEVEN BEWEEGBAAR MATERIAAL
Z.O. DAM 1500m + BODEMBESCHERMING — VLOED - EB



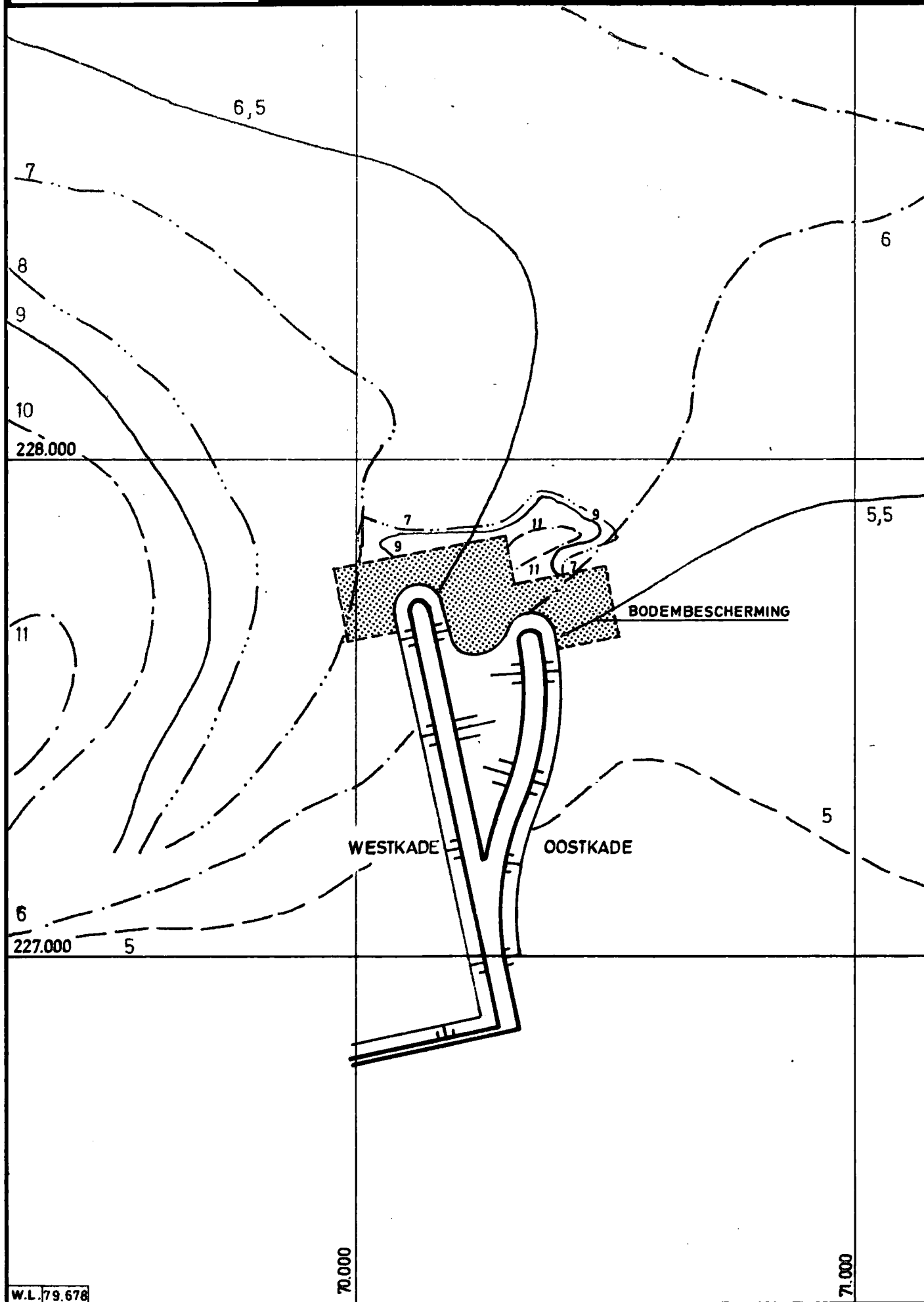


Schaal 1/10.000

Dieptelijnen in m.t.o.v. Z-vlak

PROEVEN BEWEEGBAAR MATERIAAL

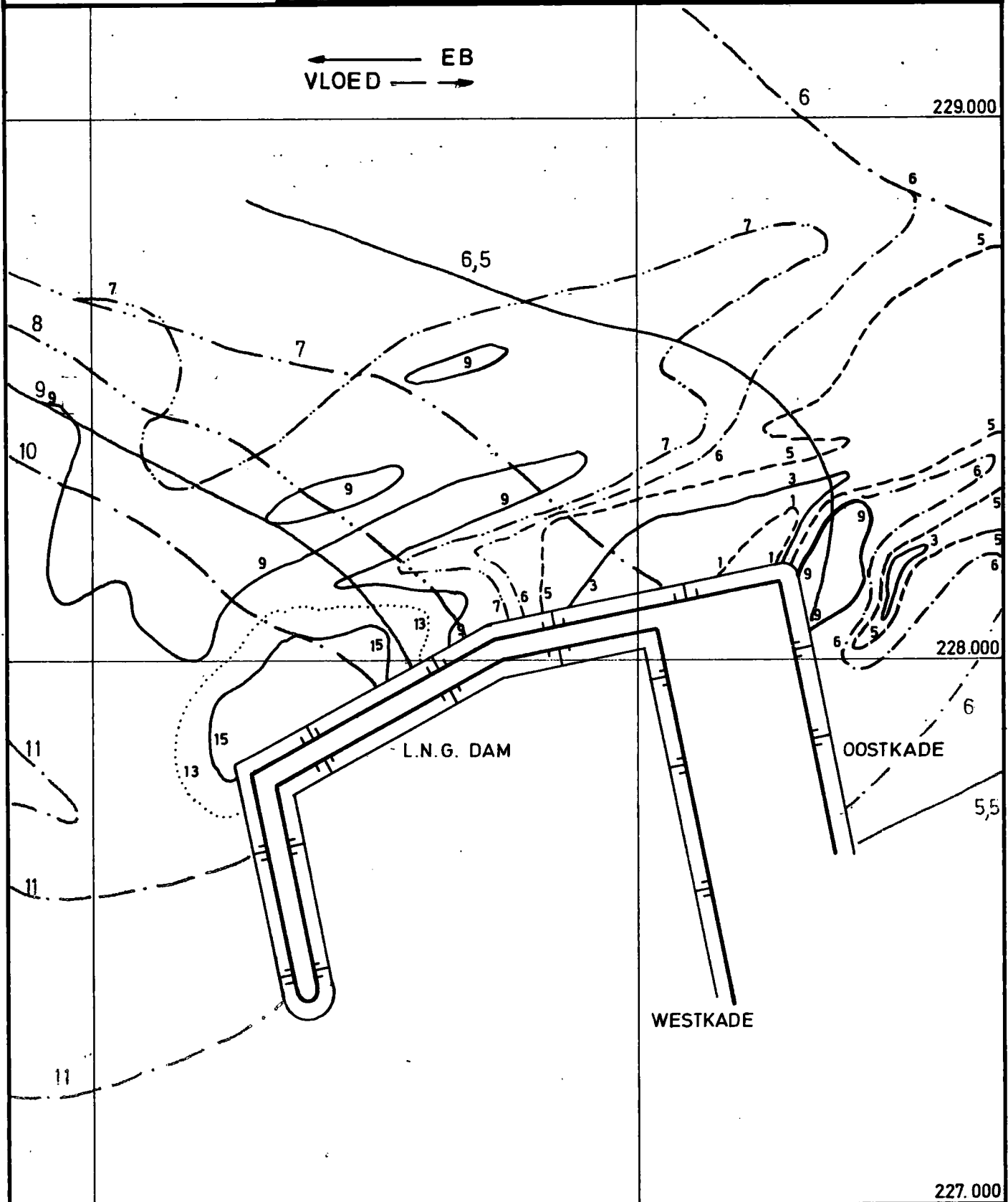
Z.O. DAM 1500m + BODEMVERDEDIGING – SUPERPOSITIE





Schaal 1/10.000
Dieptelijnen in m tov. Z.vlak

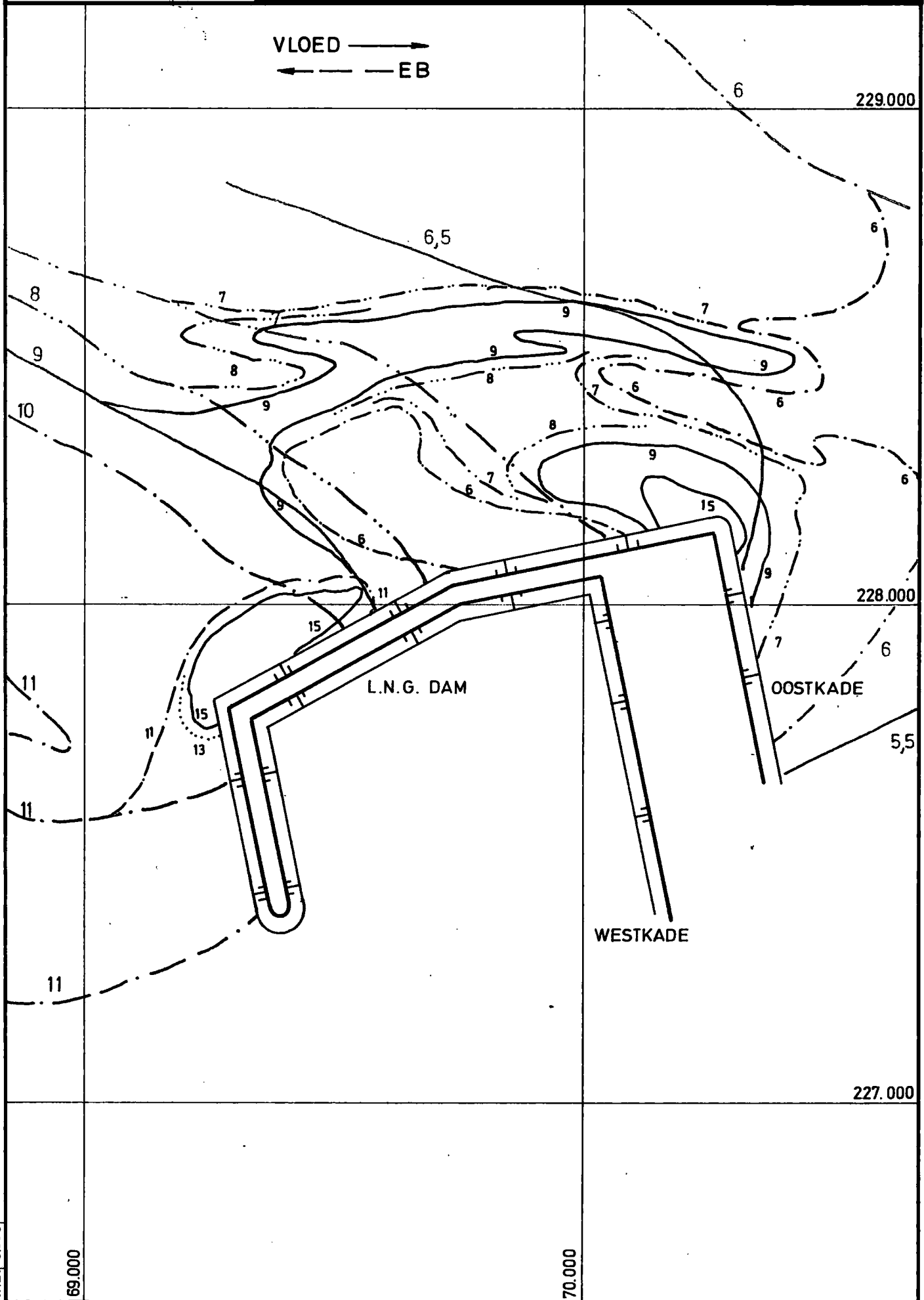
PROEVEN BEWEEGBAAR MATERIAAL
L.N.G. DAM
EB - VLOED





Schaal 1/10.000
Dieptelijnen in m tov.Z-vlak

PROEVEN BEWEEGBAAR MATERIAAL
L.N.G. DAM VLOED - EB

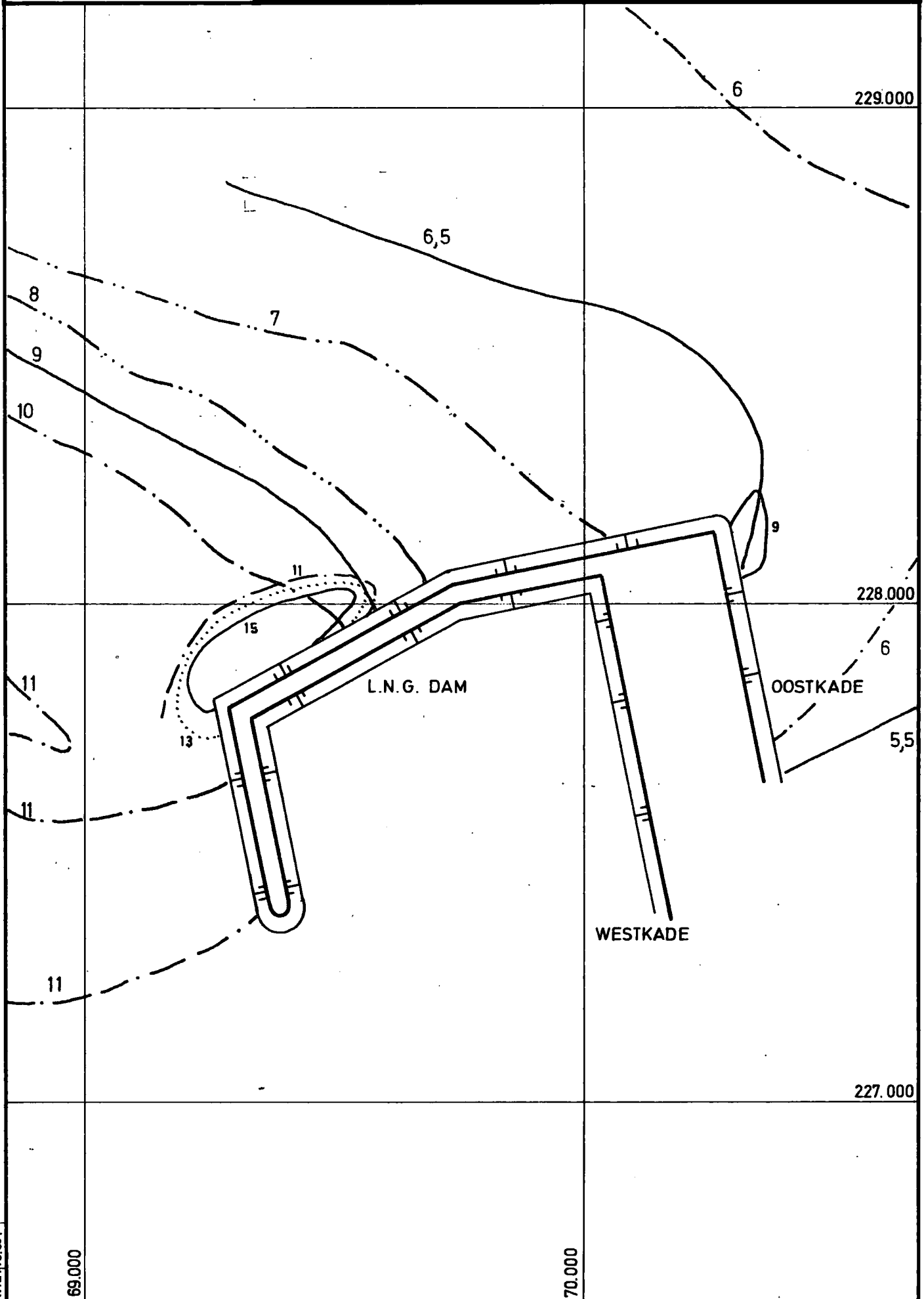


W.L.79680



Schaal 1/10.000
Dieptelijnen in m tov. Z-vlak

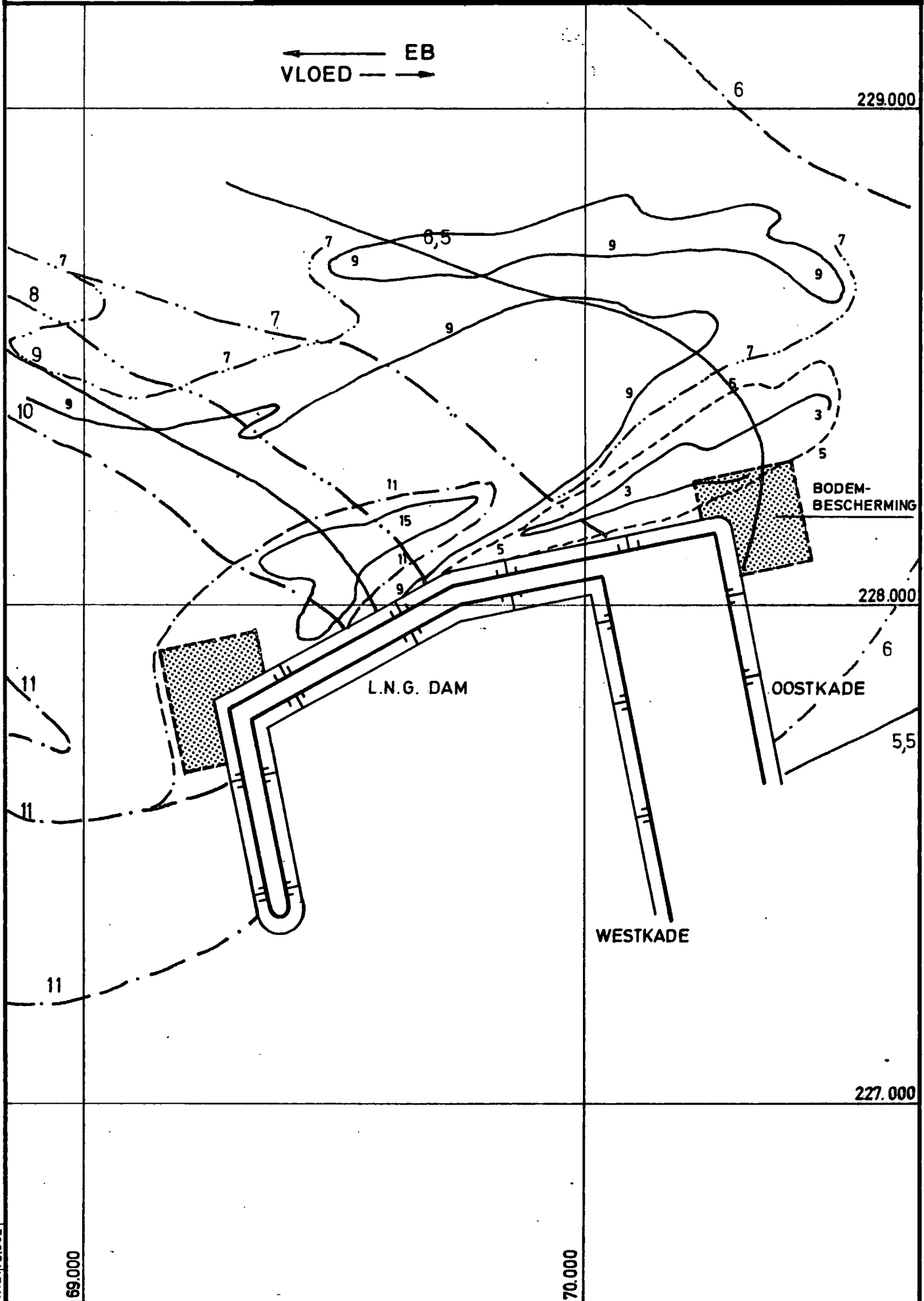
PROEVEN BEWEEGBAAR MATERIAAL
L.N.G. DAM SUPERPOSITIE





Schaal 1/10.000
Dieptelijnen in m t.o.v. Z-vlak

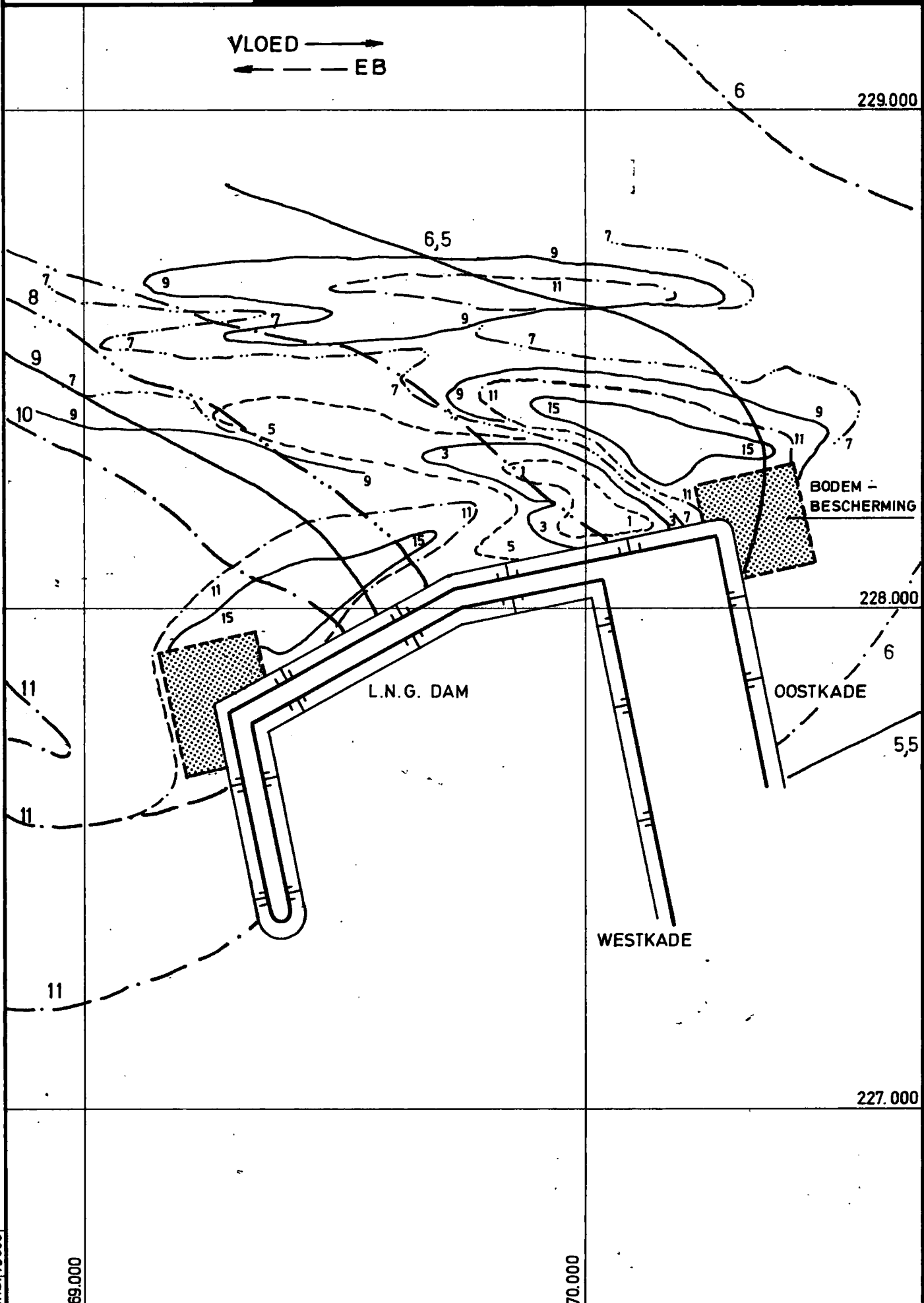
PROEVEN BEWEEGBAAR MATERIAAL
L.N.G. DAM + BODEMBESCHERMING EB - VLOED





Schaal 1/10.000
Dieptelijnen in m t.o.v. Z-vlak

PROEVEN BEWEEGBAAR MATERIAAL
L.N.G. DAM + BODEMBESCHERMING VLOED - EB

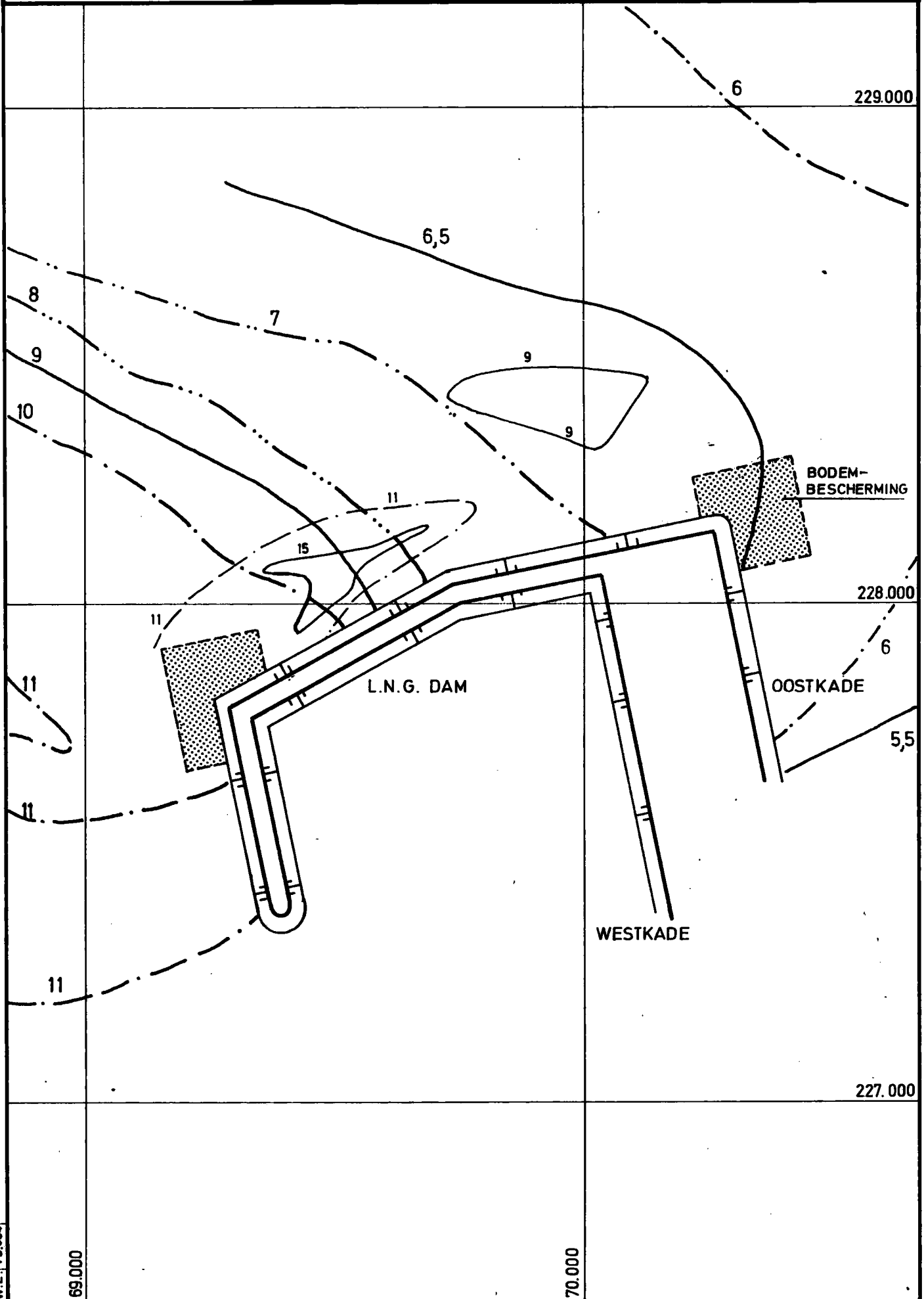


W.L. 79663



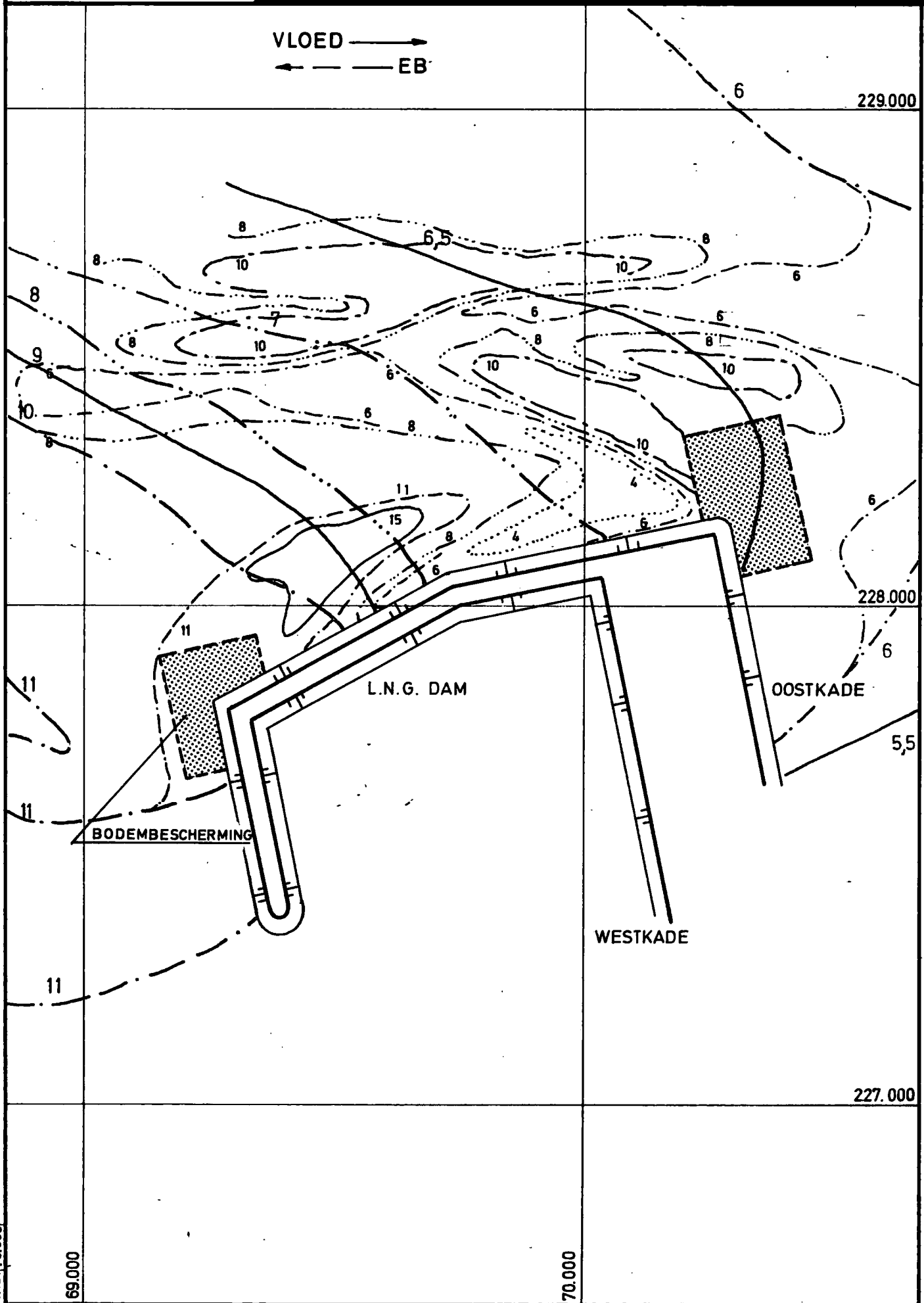
Schaal 1/10.000
Dieptelijnen in m tov.Z-vlak

PROEVEN BEWEEGBAAR MATERIAAL
L.N.G. DAM + BODEMBESCHERMING SUPERPOSITIE



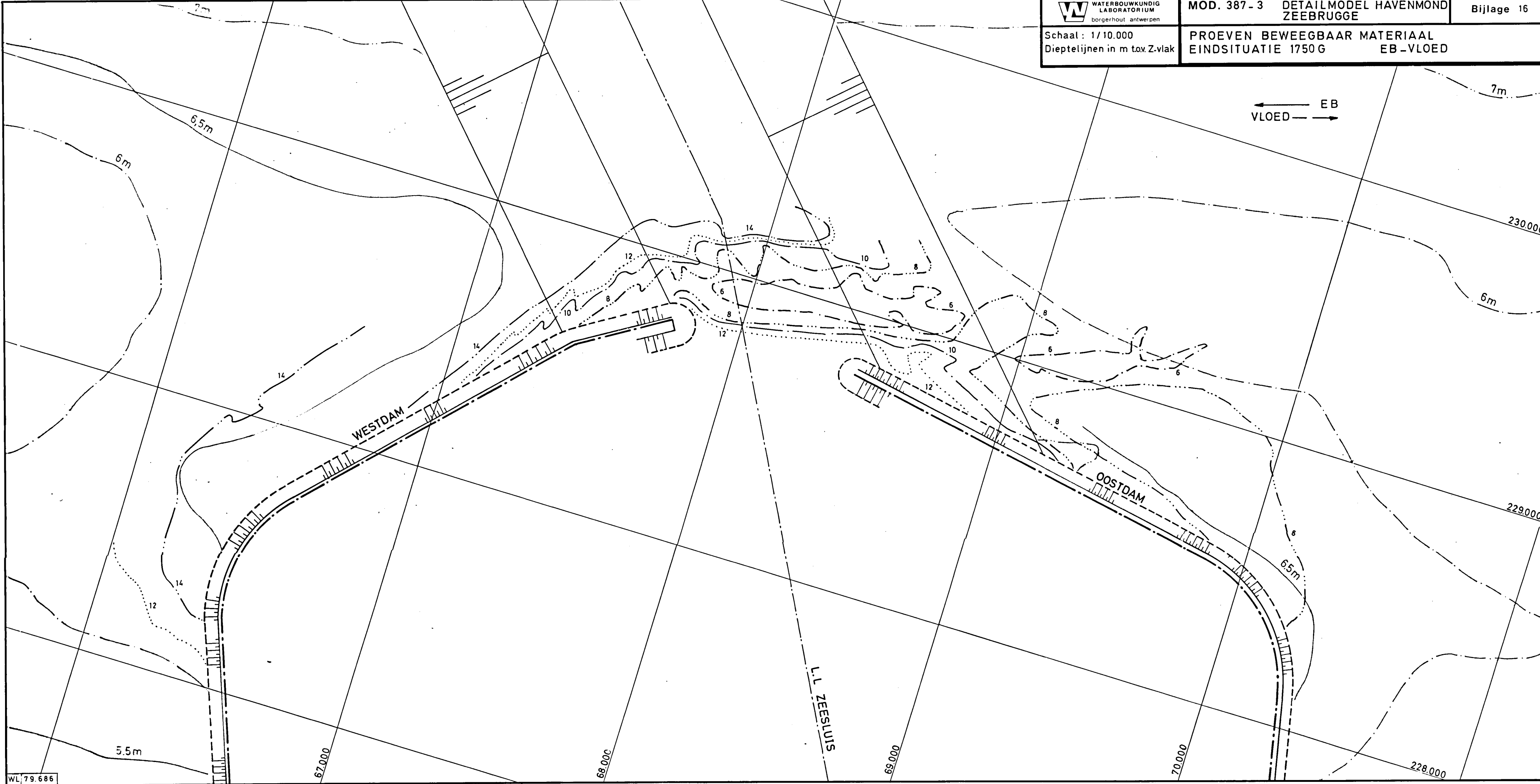
Schaal 1/10.000
Dieptelijnen in m t.o.v. Z-vlak


**PROEVEN BEWEEGBAAR MATERIAAL
L.N.G. DAM + BODEMBESCHERMING VLOED-EB**



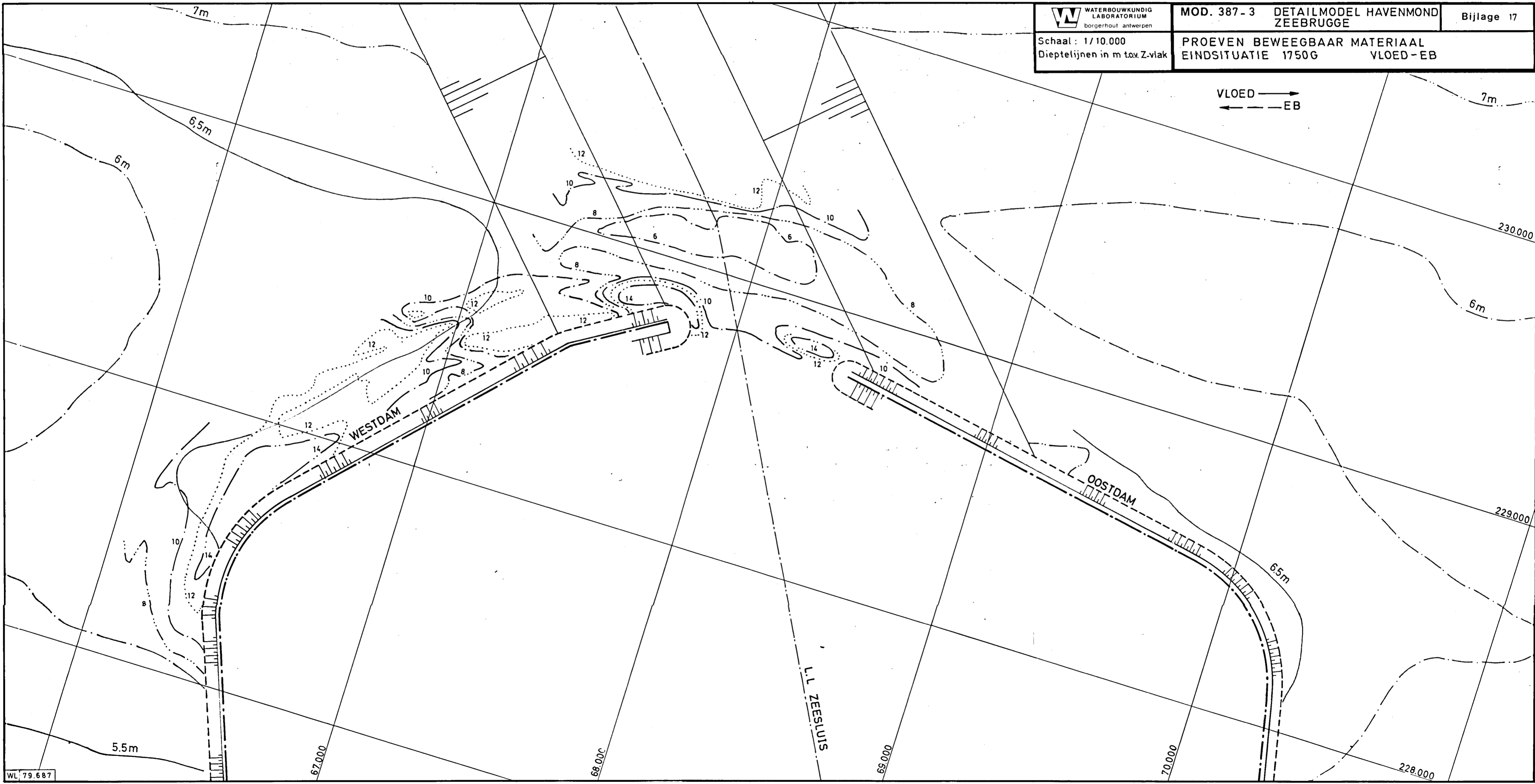
Schaal: 1/10.000
Dieptelijnen in m tov. Z-vlak

PROEVEN BEWEEGBAAR MATERIAAL
EINDSITUATIE 1750 G EB-VLOED



 WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM borgerhout antwerpen	MOD. 387-3 DETAILMODEL HAVENMOND ZEEBRUGGE	Bijlage 17
	Schaal: 1/10.000 Dieptelijnen in m tov. Z-vlak	PROEVEN BEWEEGBAAR MATERIAAL EINDSITUATIE 1750G VLOED-EB

VLOED →
 ← EB





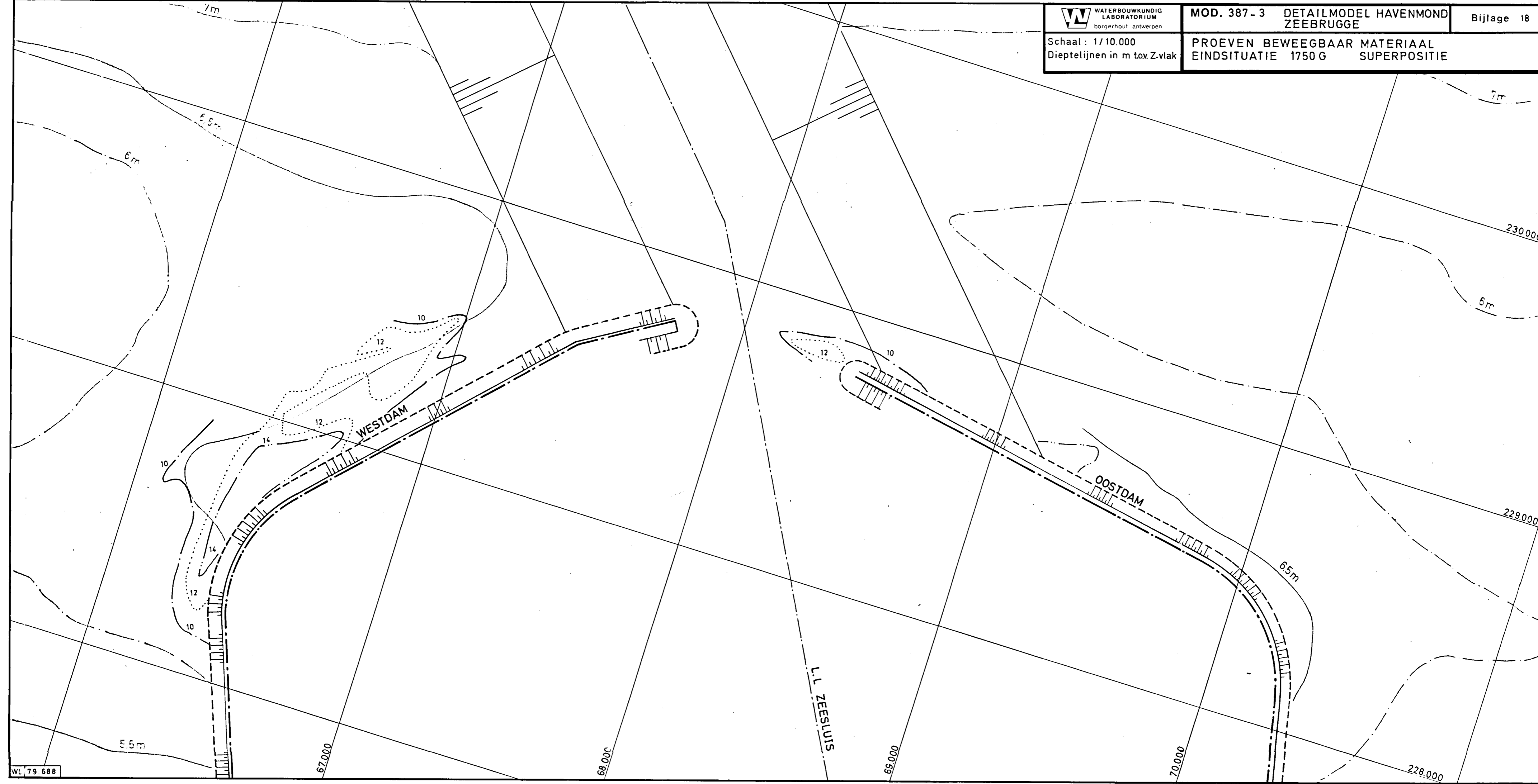
WATERBOUWKUNDIG
LABORATORIUM
borgerhout antwerpen

MOD. 387-3 DETAILMODEL HAVENMOND
ZEEBRUGGE

Bijlage 18

Schaal : 1/10.000
Dieptelijnen in m tov Z.vlak

PROEVEN BEWEEGBAAR MATERIAAL
EINDSITUATIE 1750 G SUPERPOSITIE



WL 79.688

.editrie

WATERBOUWKUNDIG
LABORATORIUM

BERCHEMLEI 115
2200 BORGERHOUT
BELGIE
TELEFOON 031/36.18.50.

