

Geomorfologische kenmerken van de Ieper-Nieuwpoortregio in het kader van de frontlinie van WO I

Heyse Irénée

Gent Universiteit, Koninklijke Militaire Academie Brussel (irenee.heyse@ugent.be)

Samenvatting

Flanders Fields staat synoniem voor de 4-jarige stellingenoorlog van WO I in West Vlaanderen, waarbij de beide belligeranten met alle mogelijke middelen terreinwinst probeerden te boeken zonder veel succes. De inundatie van de IJzer en de tunneloorlog zijn de meest markante militaire acties gelinkt met het terrein. In deze bijdrage worden deze militaire technieken gekoppeld aan de terreinkenmerken op het vlak van de geomorfologie, de geologie en de hydrologie.

Kernwoorden: Flanders Fields, WO I, Ieper frontlinie 1914-1918, IJzerinundatie, klei van Ieper, tunneloorlog, geomorfologie.

Abstract

Flanders Fields is synonymous for the 4 year heroic battle field during World War I in West Flanders (Belgium) in the Ypres Region and the Yser whereby the belligerents tried to destabilize the ennemies frontline without great success. Two military techniques have been described many times in the literature: the inundation of the Yser plain and the tunneling war in the Ypres clay. In this paper the geomorphological conditions, the geological outline and the hydrological environment of the terrain are described in order to give a better understanding of these military applications linked with of the environment.

Keywords: Flanders Fields, World War I, Ypres frontline 1914-1918, Yser catchment inundation, Ypresian Clay, tunneling war

INLEIDING

Tijdens de wereldoorlog 1914-1918 werd België grotendeels bezet door Duitsland. Alleen een klein gebied in West-Vlaanderen bleef autonoom Belgisch gebied onder leiding van Koning Albert II (De Vos 1995). De militaire operaties van de frontlijn waren gekenmerkt door een langdurige 4-jarige stellingenoorlog in de Ieperse regio en het IJzergebied.

Het doel van dit artikel is een geomorfologisch-geologische beschrijving en inkadering van de frontzone in West-Vlaanderen te schetsen ten einde het verband te zien tussen de invloed van het terrein en de militaire operaties.

GEOMORFOLOGISCHE KENMERKEN VAN DE LANDSCHAPPELIJKE EENHEDEN

Volgende regio's zijn aanwezig: Noordzeestrand, Duinengordel, Polders, Heuvels van Ieper, Interfluvium van Pas-

sendale, getuigeheuvels van de Vlaamse Ardennen, het IJzerbekken en het Leiebekken.

1. Noordzeestrand

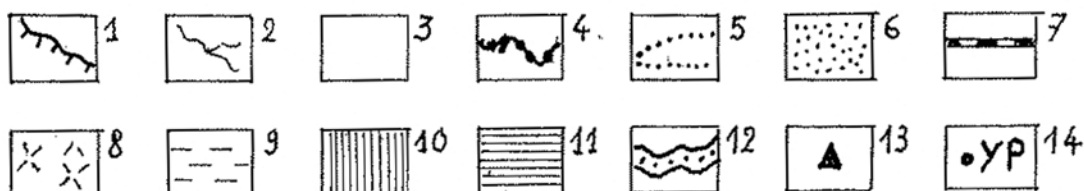
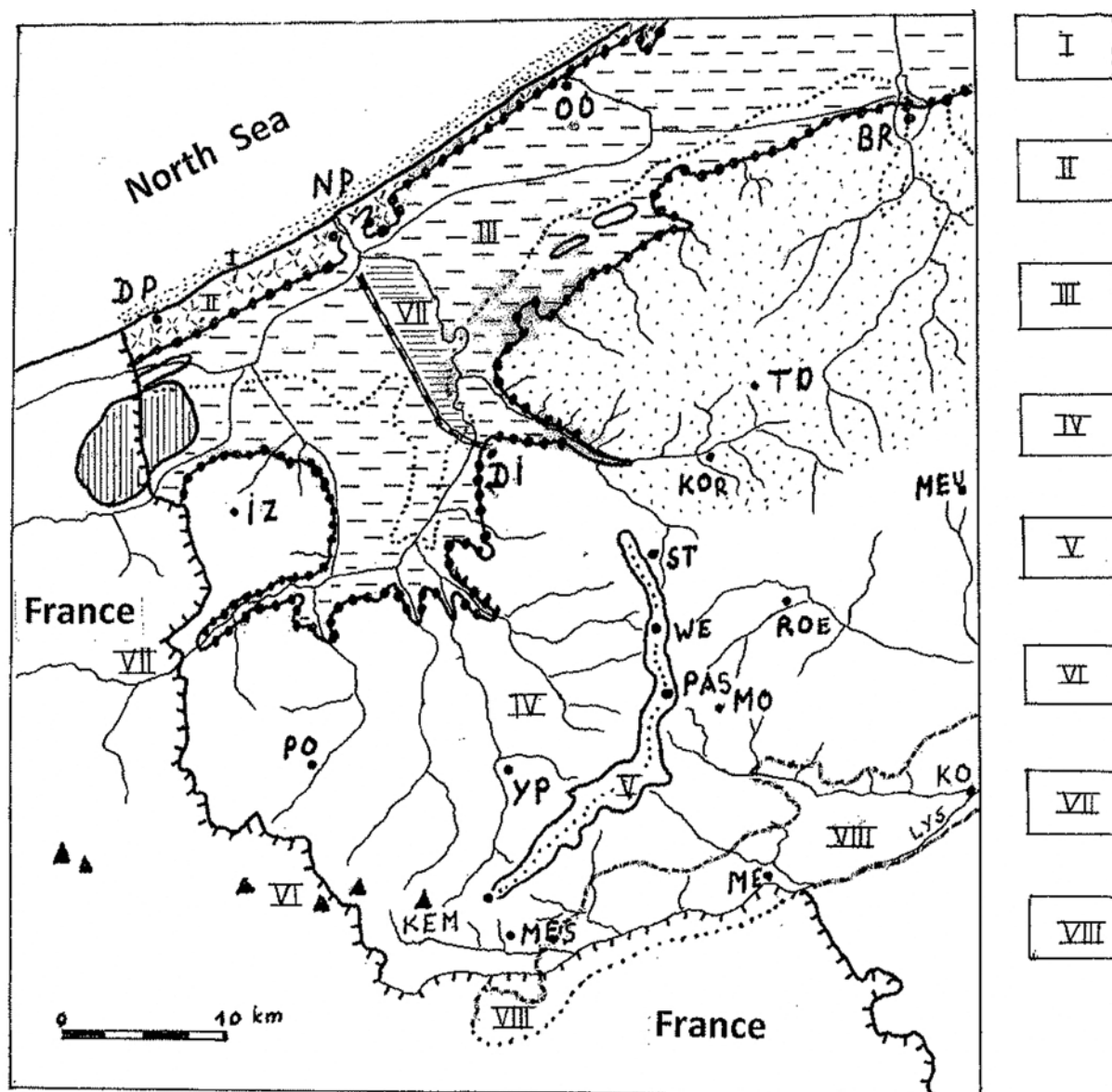
Het Noordzeestrand tussen de Frans-Belgische grens en Oostende is ongeveer 30 km lang en is een zandstrand met wisselende breedte (300 tot 600 m), onderhevig aan getijdewerking. De strandhelling varieert tussen 1,3% en 2,4%. Het strand is morfologisch gekenmerkt door een afwisseling van parallelle strandruggen (1 m hoog en 100 m breed) gescheiden door ondiepe geulen (zwinnen) die bij laag water draineren en leeg lopen via muilen naar de LW lijn. De tijchoogte (amplitude) bedraagt ongeveer 4,8 m nabij Nieuwpoort maar kan oplopen tot boven de 5 m en bij springtij gecombineerd met stormtij tot zelfs 6 m.

Voor de kust komen halfdagelijkse tijstroomingen voor, parallel met de kustlijn. Bij springtij halen de tijstroomingen snelheden van 2 tot 2,2 m/s terwijl bij doodtij de snelheden

Kaart 1: Fysiografische Schets van de Geomorfologische Eenheden in de Ieperregio in relatie met Flanders Fields (Heyse I.; bronnen: De Moor G. 2006; De Moor G., Ozer A., 1985; DE Moor G., Ozer A., Heyse I. 2010; Tavernier et al. 1970; Tavernier R., De Moor G. 1974; De Moor G. 1979; Houthuys et al. 1993; De Wolf P. et al. 1993; Heylen J. 1997; Provoost T. 1997; Weyhaeghe J. & Heyse I. 2005)

Legende:

I	strand	7	spoorwegberm Nieuwpoort- Diksmuide	IZ	Izenberg
II	kustduinen	8	duinen	KEM	Kemmelberg
III	kustvlakte (Polders)	9	dagzomende Polderklei	KO	Kortrijk
IV	heuvelregio van Ieper	10	Frans-Belgische moeren	KOR	Kortemark
V	Interfluvium van Passendale	11	antropogeen inundatiegebied in de Kustvlakte IJzerbekken (frontzone 1914-'18)	ME	Menen
VI	heuvels van de Vlaamse Ardennen	12	kamlijn van het interfluvium van Passendale	MES	Mesen
VII	IJzer rivierbekken	13	heuvels van de Vlaamse Ardennen	MEU	Meulebeke
VIII	Leie rivierbekken	14	afkorting van dorpen	MO	Moorslede
1	Frans-Belgische grens	YP	Ieper	NP	Nieuwpoort
2	bekenpatroon	BR	Brugge	OO	Oostende
3	dagzomend leem en zandleem	DI	Diksmuide	PAS	Passendale
4	grens van de Kustvlakte	DP	De Panne	PO	Poperinge
5	grens van de dikke pleistocene afzettingen			ROE	Roeselare
6	dagzomend grind			ST	Staden
				TO	Torhout



terug vallen tot 1 à 1,8 m/s. Parallele zandbanken (o.a. de Nieuwpoortbank) zijn typisch voor de offshore zone. Als kustbescherming werden in de badsteden zeeweringsdijken gebouwd. Op het nat strand werden lokaal loodrecht op de kust parallelle golfbrekers gebouwd om de getijdestromingen af te zwakken.

2. Kustduinen

De kustduinen vormen een smalle natuurlijke duinengordel parallel met het nat strand. De breedte varieert tot enkele tientallen meter en de hoogte schommelt tussen 10 m en 20 m. In de badsteden zijn de duinen grotendeels verstoord door afgraving en bebouwing. Ter hoogte van De Panne is het duinengebied het best ontwikkeld. De totale breedte bedraagt ongeveer 3 km en het landschap wordt gekenmerkt door actieve duinen en gefixeerde relictduinen, al of niet begroeid. Naast de actieve duinen zijn ook duinpannen aanwezig. De hoogte van de duinen is sterk wisselend en sommige oude duinresten reiken amper tot + 6 à + 7 m. In het duingebied is het grondwater zoet waardoor zich een belangrijk zoetwaterreservoir vormt.

3. Polders

Het poldergebied is een zeer vlak gebied gelegen tussen de duingordel en het hoger gelegen landwaarts heuvelland. Het ligt algemeen op een peil van + 3 m à + 4 m. Door het microreliëf kan het peil soms iets hoger (ruggen) of iets lager (kommen) gelegen zijn. De breedte bedraagt doorgaans een 7tal km; alleen ter hoogte van de IJzer kan de breedte landinwaarts oplopen tot een 20tal km.

De poldergrens komt overeen met de + 5 m-hoogtelijn, wat overeenkomt met de gemiddelde HHW-lijn. Het nulvlak van de Belgische topografische kaarten is per definitie het statistisch gemiddeld niveau van de LLW-lijn over een lange periode.

De polders zijn gekenmerkt door een dominante zware kleibodem. Alleen in de brede dichtgeslibde kreekgeulen is de bodem lichter en zandiger. Het poldergebied komt overeen met een drooggelegd waddegebied. Morfologisch zijn nog lokaal relicte niet dichtgeslibde kreken aanwezig. Het grondwaterpeil in de talrijke antropogeen aangelegde grachten benadert soms het maaiveld in regenrijke perioden. De bedijkte IJzer kan alleen door gravitatie ontwateren gedurende laag water via het belangrijk sluizencomplex van Nieuwpoort.

De Frans-Belgische Moeren vormen een apart gebied op een laag peil van + 1 m. Hierdoor is een ringdijk met pompgemaal noodzakelijk voor het drooghouden van dit gebied.

4. Heuvelregio van Ieper

Het heuvelgebied van centraal West-Vlaanderen omvat het gebied van Poperinge, Ieper, Roeselare, Tielt tot Brugge

maar is in deze context benoemd als het Heuvelgebied van Ieper. Het heuvelgebied is een sterk versneden landschap dat globaal daalt in noordelijke richting van 80 m in het zuiden tot 20 m in het noorden nabij Brugge. Diverse beeksystemen zijn ingesneden in het landschap. De IJzer stroomopwaarts Diksmuide heeft als zijrivieren de Ieperlee in het Westen, de Handzame in het centrale gedeelte en de Mandel in het Oosten. In het noorden bevindt zich de Hertzbergebeek en in het zuiden situeren zich enkele zijbeken van de Leie.

Het heuvellandschap is ingesneden in het Tertiair substraat en het is bedekt met een relatief dunne zandleemmantel ten zuiden van de Handzame en een dunne zandmantel ten Noorden van de Handzame.

Het actuele beekvalleipatroon is een verzwakte vorm van een meer uitgesproken onderliggend kwartair erosief fluviatiel denudatiesysteem. Globaal gezien ligt het Tertiair substraat op geringe diepte.

5. Passendale-interfluvium

Het Interfluvium van Passendale vormt een kamlijn in het heuvelgebied van Ieper. Deze langgerekte boogvormige heuvelrug reikt tot 60 m hoogte in het zuiden en daalt geleidelijke tot 40 m nabij Wytschaete. Deze Passendale-rug is amper een 2tal km breed en heeft een lengte van ca. 25 km. Dit interfluvium is lokaal versneden en verlaagd tot zadeldalen door terugschrijdende erosie van enkele dalhoofden van de beeksystemen van de IJzer en de Leie. Hierdoor zijn geïsoleerde heuveltoppen ontstaan. Van noord naar zuid zijn volgende heuvels op de topografische kaarten vermeld: Parnassusberg (40 m), Stadenberg (45 m), Tiendenberg (47 m), Zeugeberg (50 m), Goudberg (50 m), De Berg (58 m), Zandberg (60 m), Heuvel (62 m).

Op het interfluvium zijn meerdere dorpen gesitueerd. Van noord naar zuid zijn dat: Staden, Westrozebeke, Passendale, Zonnebeke, Geluvel, Hollebeke en Wytschaete.

6. Getuigeheuvels van de Vlaamse Ardennen

De hoogste toppen van het terrein komen overeen met enkele geïsoleerde bergen die georiënteerd zijn volgens een west-oostrichting en deels gelegen zijn in Frankrijk. Deze heuvels zijn geomorfologisch gekend als de heuvels van de Vlaamse Ardennen. Volgende heuvels domineren het terrein (van west naar oost):

- in Frankrijk: Casselberg (176 m), Recolletteberg (159 m), Zwarte berg (150 m)
- in België: Rode Berg (145 m) en de Kemmelberg (154 m).

Zij vormen lokaal de waterscheidingskam tussen het IJzerbekken en het Leiebekken. Geologisch komen ze overeen met getuigeheuvels (*outliers*) van het Tertiair substraat. Op de heuveltoppen zijn grintrijke Diestiaan formaties aanwe-

zig met ijzerhoudende zandsteenbanken die de erosieve verlaging van de heuveltoppen hebben vertraagd.

7. IJzerbekken

De IJzer ontspringt in Frankrijk en mondt uit in België (Nieuwpoort). Geomorfologisch heeft de IJzer 2 dominante stroomrichtingen. Een SW-NE sectie is gelegen in Frankrijk en deels in België, terwijl de S-N richting vanaf Diksmuide enkel in België voorkomt.

Stroomopwaarts Diksmuide is de IJzer met zijn bijrivieren landschappelijk gelegen in het Heuvelland van Ieper. De hoogteligging van de rivier stijgt langzaam richting Frankrijk maar ter hoogte van de Frans-Belgische grens is nauwelijks het peil 5 m bereikt.

Door de aanwezigheid van het kleiig Tertiair substraat op geringe diepte en de dunne kwartaire dekmantel is de infiltratiecapaciteit van het IJzerbekken gering. Hierdoor is de IJzer sterk gevoelig voor plotse debietwisselingen als gevolg van regenrijke perioden die aanleiding geven tot inundaties: de Blanckaert nabij Diksmuide fungeert als een belangrijke collector voor de IJzer en enkele bijrivieren met regelmatig overstromingen tijdens extreme perioden van precipitatie.

Stroomafwaarts Diksmuide stroomt de bedijkte IJzer in de laaggelegen poldervlakte op een peil 2 à 3 m. De natuurlijke afwatering wordt sterk bemoeilijkt niet alleen door het geringe verval maar ook door het getijderegime van de Noordzee. De afwatering is er intermitterend en alleen mogelijk door gravitatie bij laag water. Bij hoog water ontstaat aldus een stuweffect in de IJzer.

Ter hoogte van Nieuwpoort controleert een sluizencomplex de afwatering naar zee. Het sluizencomplex fungeert als een complex afwateringssysteem voor het ganse poldergebied. Het sluizencomplex ontvangt niet alleen de waters van de bedijkte en gekanaliseerde IJzer (sluis) maar ook van het Nieuw Bedelf (valdeur), het kanaal van Nieuwpoort (sluis), de Kreek van Nieuwendam (valdeur/ophaalschot), de Noordvaart (valdeur/ophaalschot), en het afleidingskanaal van het Langgeleed (sluis van Veurne). Dit sluizencomplex *Ganzevoet* genoemd heeft een cruciale rol gespeeld bij de inundatie van '14-'18.

8. Leiebekken

De Leie is een linkerbijrivier van de Schelde. De Leie ligt in het beschouwde gebied ten zuiden van de heuvels van de Vlaamse Ardennen en valt tussen Armentières en Menen samen met de Frans-Belgische grens. Het peil van de holocene alluviale Leievlaakte ligt grosso modo op 10 m. Het peil van het opvallingsvlak van de pleistocene Leie ligt beduidend hoger en kan tot 20 m reiken.

GEOLOGISCH SUBSTRAAT

De geologische kaart van België op schaal 1:40 000 (Rutot 1900)

De geologische kaart van België opgenomen door Rutot is opgesteld volgens het criterium van de chronostratigrafie. De kwartaire deklagen zijn in principe weggelaten maar de alluviale holocene sedimenten zijn wel aangegeven. Soms zijn enkele boorgegevens vermeld. In het beschouwde gebied komen alleen Tertiaire mariene formaties voor. Van oud naar jong zijn volgende formaties vermeld: Landenian, Ieperiaan, Paniseliaan, Lediaan, Wemmeliaan, Bartoon en Diestiaan. Elke formatie komt overeen met een sedimentatiecyclus gescheiden door een erosieve denuatiefase. Eén chronologische sedimentatiecyclus omvat sedimenten van diverse faciës. Zowel kleien als zanden al of niet schelphoudend wisselen af. Soms zijn dunne zandsteenbanken en veldsteenbanken aanwezig.

Tabel 1 geeft een overzicht van de diverse mariene Tertiaire Eocene formaties, de gebruikelijke lettersymboliek en de voornaamste lithologische kenmerken.

In het heuvelgebied van Ieper tot Brugge dagzomen vooral de Ieperiaan formatie en de Paniseliaan formatie. Alleen in de heuvels van de Vlaamse Ardennen dagzomen het Lediaan, Wemmeliaan, Bartoon en het Diestiaan. Het Tertiair substraat situeert zich op geringe diepte in de Heuvels van Ieper, het Passendale interfluvium en de getuigeheuvels van de Vlaamse Ardennen. In de Kustvlakte (polders en aansluitende duingebieden) ligt het Tertiair op grotere diepte en reikt soms tot – 15 m. Eveneens in de Leie vallei ligt het tertiair substraat diep tot waarden van – 10 m.

De geologische kaart van België op schaal 1:50.000 (Jacobs et al.)

De nieuwe geologische kaart van België (we gebruiken kaartblad en 27, 28 en 36: Proven-Ieper-Ploegsteert) op schaal 1:50 000 is niet opgesteld volgens het chronostratigrafisch principe maar volgens het lithostratigrafisch principe. Lithostratigrafische formaties hebben het voordeel dat kartering eenvoudiger is omdat verschillende lithologieën onmiddellijk uit boringen kunnen gedefinieerd worden.

Uit figuur 2 op de volgende bladzijde is duidelijk de monoklinale structuur van de Tertiaire formaties te herkennen. De maximale helling is grosso modo 4 m/km in NE richting als gevolg van een subsidentiezone in Nederland. Een alternatie van zandige en kleiige lagen is duidelijk. De Ieperformatie met zijn dikke, plastische klei is de voornaamste laagseenheid waarin trouwens de voornaamste tunnelingactiviteiten werden uitgevoerd.

Tabel 1 Tertiaire formaties in de Ieperregio en de Kustvlakte

Geologische kaart van België 1:40 000 (Rutot, 1900)			Geologische kaart van België 1:50 000 (Jacobs et al, 1996)		
chronostratigrafie	lithologie	lithostratigrafie	lithostratigrafie	lithologie	genese
Boven Kwartair of Recent		Q			
Onder Kwartair of Diluvium		Q			
Prd	fijn zand, glauconiet	Laat Ieperiaan Vroeger Paniseliaan Gent Formatie (max. 50 m dik)	Lid van Vlierzele	fijn zand, glauconiet, lokaal zandsteen	marien, shelf, ondiep
PrC	zandige klei, glauconiet	Idem	Lid van Pittem		marien
Prb	zeer dunne alternatie van glauconiethoudend zand en grijze klei	Idem	Lid van Pittem		marien
P1m	grijze klei, zeer plastisch, compact lagunair	Idem	Lid van Merelbeke	compacte klei	marginaal marien, lagunair
Yd	fijn zand, groenachtig, glauconiet, Foraminiferen, N. planulatus	Vroeg & Midden Ieperiaan Tielt Formatie (max. 30 m dik)	Lid van Egem Lid van Kortemark	fijn zand, glauconiet	marien
Yc	klei, groenachtig, licht zandig	Vroeg & Midden Ieperiaan Kortrijk Formatie (max. 125 m dik)	Lid van Aalbeke Lid van Moen Lid van Saint-Maur	silteuze klei en klei	marien

Op tabel 1 is een vergelijkende correlatie aangegeven tussen de oude geologische terminologie en de nieuwe geologische stratigrafie

KWARTAIRE MANTEL (IV)

Zie figuur 2 en tabel 2 op de volgende bladzijde.

Het kwartair dek valt uiteen in regio's met een dun kwartair dek en regio's met een dik kwartair dek.

Een dunne kwartaire bedekking is aanwezig in de heuvelregio van Ieper, het Passendale-interfluvium en de getuigeheuvels van de Vlaamse Ardennen (Kemmelberg). Een dik kwartair dek is aanwezig in de Kustvlakte met het aangrenzend duinengebied en in de Leie vallei.

1. Getuigeheuvels van de Vlaamse Ardennen

De kwartaire toplaag is extreem dun of zelfs afwezig. De topzone is zandig en grindrijk. Het kwartair is herwerkt diestiaan-zand vermengd met grind. Lokaal dagzoomt ijzerhoudende zandsteen met verweerde grindkeien (gecacholiseerd). Deze verwerking situeert zich reeds van in het Tertiair. Hierdoor werd de verticale denudatie van de heuvel-

top verlaagd. Langs de heuvelhelling is het kwartair dek gradueel dikker maar uitgespoeld uit de oudere, vooral zandige tertiaire lagen als hellingssediment. Op de toplaagvlakken van de tertiaire kleien situeren zich ook hellingsbronnen die door regressieve erosie evolueren tot dalhoofden.

2. Passendale-interfluvium

Op het interfluvium zijn vooral grintrijke terrassen aanwezig die getuigen van mid-pleistocene rivieren met globaal een S-N verloop en waarvan de dalbeddingen op een peil van 60 m à 40 m gelegen zijn. Dit grindpakket tot 1 à 2 m dik bestaat vooral uit zandsteen, silex en in mindere mate kwarts. Lokaal kan het terras dagzomen en aanleiding geven tot zandbodems of nog bedekt zijn met een zandleempakket.

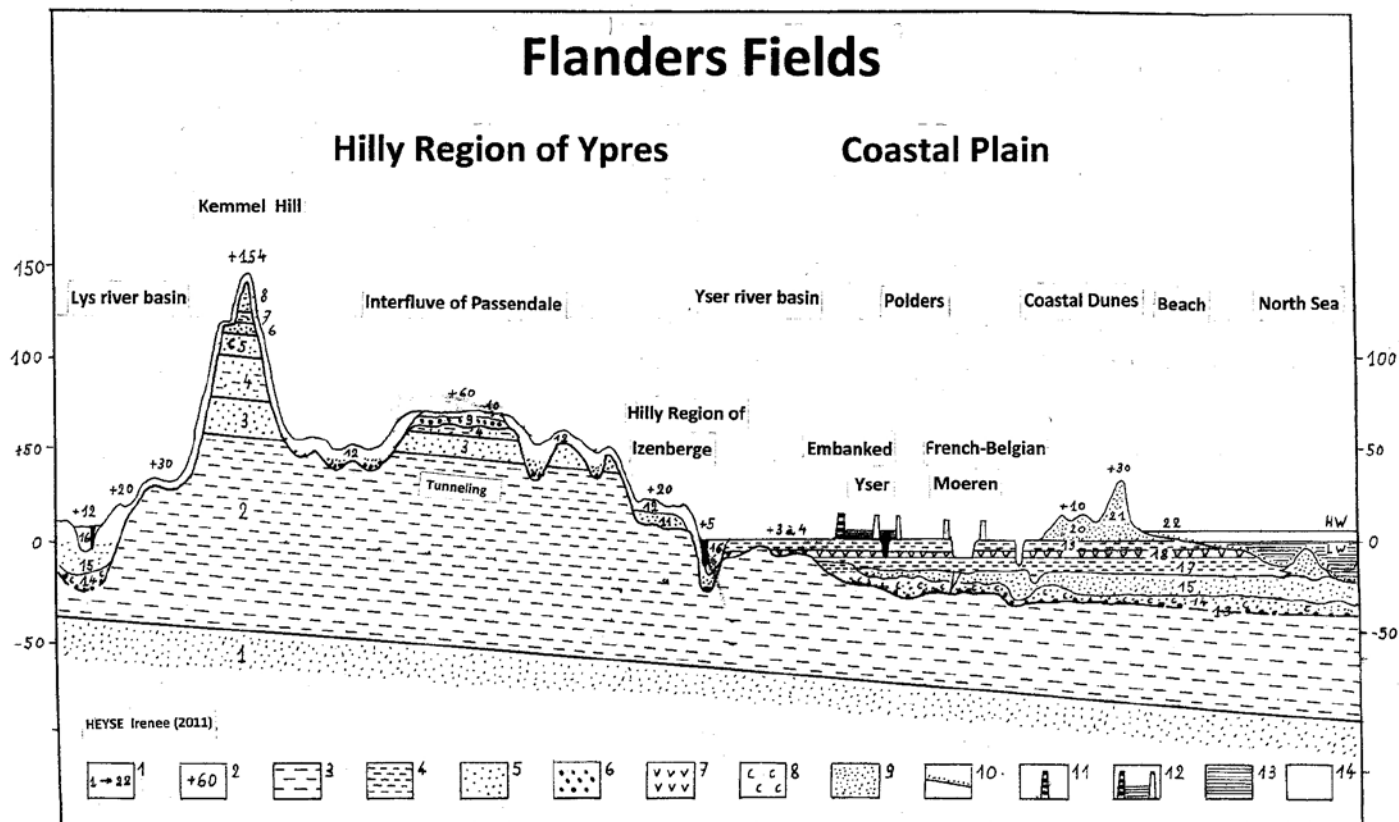
3. Heuvels van Ieper-regio

De dikte van het kwartair is sterk geomorfologisch beïnvloed. Hoewel de dikte in principe eerder dun is (minder dan 5 m) neemt deze aanzienlijk toe in de beekdalen (tot zelfs 10 m). Het bedolven polychroon denudatie-paleoreliëf ingesneden in het Tertiair substraat is duidelijk meer uitgesproken dan het huidige heuvelslandschap. In de thalwegen van de bedolven beekvalleien komen lokaal herwerkte tertiaire zanden voor, vermengd met herwerkt grind o.a. af-

Figuur 2: Flanders Fields (S-N schematisch transect): profiel Kemmelberg-Ieper-Kustpolders

Legende:

1	lagensequentie (zie tabel 3)	6	grindafzetting	11	spoordijk
2	hoogteligging	7	turf(veen)-afzetting	12	militaire antropogene inundatie tussen de Spoordijk en de IJzer
3	kleiafzetting (Tertiair)	8	mariene schelpen	13	Noordzee
4	kleiafzetting (Kwartair)	9	zandafzetting (Kwartair)	14	leemafzetting (Kwartair)
5	zandafzetting (Tertiair)	10	strandzand		



komstig van de terrassen van het Passendale-interfluvium. Deze geremanieerde sedimenten zijn doorgaans bedekt door een dunne zandlemmantel, die primair eolisch werd aangevoerd vanuit het noorden gedurende de glaciale en die lokaal herwerkt werden door afspoeling op de flauwe beekhellingen. De actieve loessaanvoer situeert zich vooral

in het Midden Pleistoceen en het Laat Pleistoceen. Relict ijswiggen ondersteunen dit proces. Dit afspoelingsproces is eveneens in het Holocene nog steeds actief.

De kleigroeve van Zonnebeke illustreert zeer duidelijk dit geomorfologisch proces (figuur 3).

Figuur 3: De kleigroeve van Zonnebeke



Tabel 2: Kwartaire Formaties (Ieperregio en Kustvlakte)

Chronostratigrafie	Vlaamse Heuvel of Kemmelberg	Interfluvium van Passendale	Heuvels van Ieper	IJzer stroomop van Diksmuide	Kustvlakte en Polders	IJzer stroomaf van Diksmuide	Duin gebied	Noordzee strand
Hedendaags			zandleem, hellingsproces	klei, leem, zand fluviatiel		klei, leem fluviatiel	zand eolisch	zand getijdenproces
Historisch			zandleem hellingsproces	klei, leem, zand, fluviatiel	klei, silt, zand in kreken	klei, leem fluviatiel	zand eolisch	
Dunkerque IIIb			idem		idem			
Dunkerque IIIa								
Dunkerque II			idem		idem			
Dunkerque I			idem		idem			
Boreal			idem		veen			
Calais			idem		klei, silt			
Weichsel		zandleem eolisch	zandleem eolisch		zandleem, koud fluviatiel			
Wurm								
Eemiaan		bodem profiel?	bodem profiel?		grind, zand, schelpen, marien			
Saale, Riss		zandleem eolisch	zandleem eolisch		grind, koud fluviatiel erosie			
Nediaan			zand					
Zand van Izenberge			Izenberge marien					
Mindel of ouder	grind, zand	grind terras fluviatiel		erosie				

4. IJzerbekken stroomopwaarts Diksmuide

De IJzer stroomopwaarts Diksmuide ligt geomorfologisch in de heuvelregio van Ieper. De thalweg van de IJzer is dieper ingesneden in de klei van Ieper als gevolg van de grotere stroomdebieten en is bijgevolg meer beïnvloed door de Holocene rivierevolutie.

5. Kustvlakte

Het kwartair dek in de kustvlakte is doorgaans dik (meer dan 20 m). Alleen in de randzone van de Kustvlakte vermindert het belang van de kwartaire formaties als gevolg van het oprijzend tertiair substraat.

Van oud naar jong zijn volgende kwartaire lagen aanwezig:

- grindrijke zandige estuariene Eemiaansedimenten
- zandige en zandlemige pleistocene Weicheliaansedimenten
- kleiige schorreafzettingen van Calais, lokaal dagzomend in de Moeren (Flandriaanse transgressie, 4500-2000 voor Christus)

- venige brakwatersedimenten van Subboriale Holocene ouderdom (2000-200 voor Christus) in wisselende dikte (enkele cm tot enkele m). Deze werden als brandstof lokaal uitgeveend door abdijen.
- kleiige schorre-afzettingen van Subatlanticum dagzomend in de ganse Kustvlakte en afgezet in diverse transgressie fasen Duinkerke I (2^{de} eeuw voor Christus tot 1^{ste} eeuw na Christus), Duinkerke II (4^{de} eeuw tot 8^{ste} eeuw na Christus), Duinkerke III (11^{de} eeuw na Christus) vooral rond het IJzer estuarium. De dagzomende Duinkerke II sedimenten komen overeen met het Oudland en de dagzomende sedimenten van Duinkerke III zijn gekend als Nieuwland.

6. Duinengebied inclusief strand

De morfologische ontwikkeling van de duinen is parallel geschied met de vorming van de Kustvlakte.

Vooraf tijdens de regressiefasen en stabilisatie van de kustlijn zijn strandruggen en duinen gevormd. Deze disconti-

Tabel 3: Flanders Fields (schematisch S-N-transect): compilatie en correlatie van tertiaire en kwartaire lagen

laag	Geologie 1900 Rutot	Geologie 1999 Jacobs	Kwartair 2011 Heyse	lithologie	genese
L22			hedendaags (strand)	zand	getijden
L21			Subatlanticum (Jonge duinen)	zand	eolisch
L20			Subatlanticum (Oude duinen)	zand	eolisch
L19			Dunkerque I, II, IIIa, IIIb	klei	marien
L18			Subborea	turf	lagunair
L17			Calais	klei	marien
L16			Weichseliaan and Holocene	zand, leem, klei	fluviatiel
L15			Weichseliaan	zand, grind, leem	fluviatiel (koud)
L14			Eemiaan	zand, grind, klei, schelpen	marien
L13			Riss	laag grind	fluviatiel (koud)
L12			Jong Pleistoceen	leem	eolisch
L11			Jong Pleistoceen (Ne-diaan)	zand, glauconiet	marien
L10			Midden Pleistoceen	leem	eolisch
L9			Midden Pleistoceen Mindel	grind	fluviatiel (koud)
L8	D Diestiaan	Diest Formatie		zand en grind	marien
L7	Asa-b-c-d Assiaan	Maldegem Formatie		klei en zand	marien
L6	Le Lediaan	Lede Formatie		fijn zand	marien
L5	Pd Paniseliaan	Aalter Formatie		zand en schelpen	marien
L4	Prb-c-d Paniseliaan	Gent Formatie		klei en zand	marien
L3	Yd Ieperiaan	Tielt Formatie		fijn zand	marien
L2	Yc Ieperiaan	Kortrijk Formatie		klei en silt	marien
L1	L Landeniaan	Landeniaan		zand	marien

nue kustlijn was onderbroken door kreken met vertakkingen tot in het achterliggend wadgebied.

De oude duinen van Adinkerke zijn gevormd in het Subborea (2000-200 voor Christus) parallel met de vorming van het veen in het Poldergebied. De Middeloude duinen zijn tot stand gekomen in de Romeinse regressie (8^{ste} eeuw tot 11^{de} eeuw na Christus). Om de Duinkerke III transgressie te beperken in het IJzerestuarium werden door de mens ook zeeweringsdijken gebouwd (Oude zeedijk 12^{de} eeuw) om bepaalde polders (bv. de Polder van Veurne) reeds te vrijwaren van inundatie. De jonge duinen evolueren nu nog verder maar worden ook nog aangetast door stormvloed. Het actueel strand is permanent onderhevig aan de actuele morfodynamiek van de getijdewerking.

7 IJzer bekken stroomafwaarts Diksmuide

De IJzer stroomafwaarts Diksmuide is ingesneden in de kwartaire sedimenten. De Holocene evolutie is grotendeels

zuiver fluviatiel maar is ook onderhevig aan de primairne invloed en de getijdewerking. De mens speelt hierbij een belangrijke rol door de constructie van dijken, kanalen, afwateringssystemen en pompgemalen. De invloed van de getijdewerking wordt steeds onder controle gehouden door de bouw van sluizen en verlaten gelinkt aan de getijdewerking.

De afwatering van de IJzer door gravitatie kan alleen geschieden bij laag water. Bij hoog water dient het rijzend getij geblokkeerd te worden om instroom van zout water te beletten.

8 Leie bekken

In de pleistocene Leievallei is het kwartair dek 20 à 25 m dik. In de thalweg zijn estuariene zandige Eemianafzettingen aanwezig die bedekt zijn met Pleistocene sedimenten van Weichseliaan-ouderdom. Deze sedimenten zijn lemig en kleilig. Toch kunnen deze sedimenten verder in

Figuur 4: De Kemmelberg



detail opgesplitst worden door de aanwezigheid van erosieve niveau's. De dagzomende Pleistocene formaties zijn gekenmerkt door leembodems.

In de Holocene Leievallei komen vooral lemige en kleiïge sedimenten voor al of niet afgewisseld met humeuze niveau's. De alluviale kleibodems zijn zeer vochtig.

IMPACT VAN HET TERREIN OP DE MILITAIRE OPERATIES

Voor deze tekst werden de volgende bronnen gebruikt: De Vos L. 19858; Barton P., Doyle P., Vandewalle J. 2004; Willig D. 1999; Wuyts F. 2008; Weyhaeghe J. & Heyse I. 2005.; Bostyn F. 1999; Frontkaart 1914-1918 Yser-Ieper-Mesen-Passendale 2008.

1. Getuigeheuvel van de Vlaamse Ardennen (Kemmelberg)

De Kemmelberg met zijn uitzonderlijke hoogte van 153 m (figuur 4) is gedurende de ganse stellingenoorlog – gelet op de korte afstand tot het front – een ideaal observatiepunt geweest voor de geallieerden. De heuvel was ingenomen door de Duitsers (aanval van 25 april 1914) voor enkele maanden maar een tegenoffensief (5 september 2014) resulteerde in een permanente bezetting van de heuvel door de geallieerden gedurende het verdere verloop van de stellingenoorlog.

Een gedenkteken is geplaatst op het beste uitzichtspunt ter nagedachtenis van de veldslag en de gesneuvelden.

2. Heuvelland van Ieper en het Interfluvium van Passendale

De frontzone gelegen in het Heuvelland van Ieper verliep grosso modo van Diksmuide (ter hoogte van de IJzertoren)

naar Noordschote, Bikschote, Poelkapelle (nabij Passendale), Zonnebeke, Geluveld, Zandvoorde (Hill 62, Hill 60), Hollebeke, Comines Warneton, Mesen, tot de Franse grens Frélinghien.

De Duitse stellingen beheersten volledig het Interfluvium van Passendale en hadden het voordeel van een betere geomorfologische hoogteligging.

De plastische droge Ieperiaan klei was bijzonder geschikt om tunnelactiviteiten uit te voeren. In mindere mate de Paniseliaanklei.

De aanwezigheid van de Ieperse klei (Yc) en de Paniseliaan klei (P1c) was cruciaal voor de tunnel oorlog. Tunneling was mogelijk in de droge taaie Ieperse klei maar de luchtcirculatie en de waterdamp veroorzaakten expansie van de klei gedurende de uitgravingswerken waardoor een zijdelingse druk ontstond op de houten wanden. De techniek van de klei kicking was zwaar en uitputtend. Tunneling in de Paniseliaan klei (genoemd “bastard blue clay”) was eveneens mogelijk omwille van het meer zandig karakter waardoor de uitgravingswerken gemakkelijker waren. Tunneling in droge zanden was eerder zeldzaam.

De kwartaire deklaag was een nadelig element evenals de zandige tertiaire afzettingen (Yd) en de zandige-kleiïge Paniseliaan afzettingen (P1d). De Paniseliaan afzettingen zijn waterhoudend en werden door de Duitsers als Kemmel drijfzand (Schwemsande) genoemd. Ongecontroleerd contact met deze afzettingen resulteerde in overgesatureerde zandstromen (liquifactie) waardoor delen van de tunnels geblokkeerd werden. Ook het aansnijden van de waterhoudende kwartaire basis (grintlaag) leidde tot een ongecontroleerde watervloed met frequente instorting van de tunnel als gevolg. Hoe dan ook langzame constante waterinsijpeling in de tunnels veroorzaakte een permanent probleem waardoor constante drainage en afwatering noodzakelijk was.

Het topniveau van de Ieperse klei geschikt voor tunneling was zeer diep gelegen op het Passendale Interfluvium dat bezet was door de Duitsers. Inderdaad de gehele dikte van het waterhoudend Iepers zand (Yd) moest vertkaal doorboord worden waardoor de wanden moesten versterkt worden met stalen platen of betonnen ringen om waterinsijpeling te vermijden. Tunneling werd ook sporadisch uitgevoerd door de Duitsers in de Paniseliaan klei (P1m).

De posities van de geallieerde eenheden in het Westen waren morfologisch ongunstiger door de lagere ligging. In deze zone was de toplaag van de Ieperse klei (Yc) onmiddellijk gelegen onder het kwartair dek wat een beduidend voordeel was voor tunnel activiteiten. Het Ieper zand (Yd) is daar immers afwezig.

Ter bescherming van de troepen tegen de frequente beschietingen werden talrijke ondergrondse schuilplaatsen ("dugouts") uitgegraven en gebruikt als bescherming voor officieren, manschappen en gekwetsten.

De "Ypres Salient" is gelegen ten zuiden van Ieper in de Wytschate-Mesen boog. Hier waren de belligeranten het meest actief in tunneling gedurende de ganse 1914-1918 oorlog. Van Noord naar Zuid werden door de Britten volgende dugouts gegraven om mijnen te plaatsen:

- Hill 60 (Zillebeke)
- Caterpillar (Zillebeke)
- St Eloi (Voormezele)
- Hollandse Schuur Farm (3 mijnen) (Wijtschate)
- Petit Bois (2 mijnen) (Wijtschate)
- Maeldelstede Farm (Wijtschate)

- Peckham (Wijtschate)
- Spanbroekmolen (Wijtschate)
- Kruisschans (3 mijnen) (Wijtschate)
- Ontario Farm (Wijtschate)
- Petite Douve Farm (Ploegsteert)
- Trench 127 (2 mijnen) (Ploegsteert)
- Factory Farm (2 mijnen) (Ploegsteert)

De Duitse tunnelactiviteiten waren eveneens gesitueerd in de zone Zillebeke, Voormezele, Wijtschate, Ploegsteert en werden als volgt genoemd:

- Schacht Ernst
- Schacht Eugen
- Schacht Eric
- Schacht Ewald
- Schacht Franz
- Schacht Ferdinand (2 mijnen)
- Schacht Ferdinand I
- Schacht Friedrich
- Schacht Gert
- Schacht Heinrich (2 mijnen)
- Schacht Herman

Restanten van de 19 mega ontploffingen zijn nu nog in het landschap bewaard als reuze explosiekraters (figuur 5). Morfologisch gelijken ze sterk op natuurlijke pingo's gekenmerkt door een ringwal en een centraal cirkelvormige depressie meestal gevuld met water. Twee van de begraven munitiedepots zijn niet geexplodeerd tijdens de oorlog 1914-1918. Eén is op een ongecontroleerde wijze ontploft op 17 juli 1965 en de laatste is nog niet afgegaan.

Figuur 5: De Caterpillar-bomkrater in Zillebeke



3. Polders

De frontzone in de polders verliep van Lombardsijde over Nieuwpoort, Sint Joris, Mannekensvere, Schoorbakke, Bocht van Tervake, Stuivekenskerke, Klaaskerke, Diksmuide.

De grootste impact op de militaire operaties was de gecontroleerde inundatie van de IJzervlakte door het minutieus aanwenden van de getijdewerking. De overstroming was beperkt tot het gebied gelegen tussen de rechteroever IJzerdijk en de Spoorwegberm Nieuwpoort Diksmuide. Om het overstromingsgebied te controleren dienden vooraf al de openingen in de spoorwegberm te worden gedicht met zandzakjes. Het sluizencomplex van Nieuwpoort (de Ganzepoot) speelde hierbij een centrale rol omdat daar de instroom van de getijden kon geregeld worden via sluizen en ophaalschotten.

De inundatie heeft de stabilisatie van het front in grote mate bepaald.

Naast de IJzer als rivier hebben ook de dijken een beschermende rol gespeeld als verdedigingslijnies.

Het aanleggen van klassieke uitgegraven loopgraven in het terrein was nagenoeg onmogelijk door de kleiïge bodem en de hoge grondwaterstand in de polders.

Tussen de verschillende frontlinies dienden ook verhoogde houten verbindingspaden te worden geconstrueerd. Hierbij kon dankbaar gebruik gemaakt worden van het bestaande microreliëf van iets hoger gelegen zones.

4. Duinen

De droge zandige duinen in de omgeving van Nieuwpoort met lage grondwaterstand waren zeer geschikt voor diverse bouwwerken zoals bunkers, opslagplaatsen en loopgraven.

KLEIPUT VAN ZONNEBEKE

De ontsluiting is gelegen nabij de Hanebeek ter hoogte van het dalhoofd en ze behoort tot het bekken van de IJzer.

Tabel 4 geeft een gedetailleerde beschrijving van de lithologie (L1-L8), van de primaire structuren met betrekking tot de afzettingsprocessen, de secundaire structuren als gevolg van het paleoklimaat, de bodemvorming, de antropogene storingen door militaire impact en de antropogene storingen door bodembewerking. De kleiput van Zonnebeke illustreert de complexiteit van de kwartaire mantel in verband met de geomorfologie van het heuvelgebied van de Ieperregio en de relatie met de Ieperse klei formatie (figuren 6 en 7).

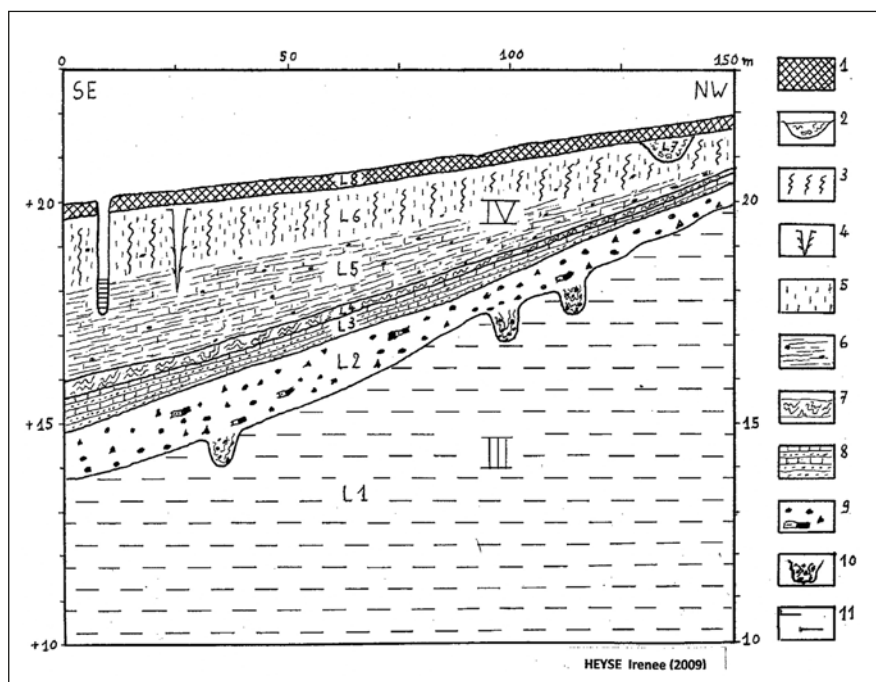
Tabel 4: De kleiput van Zonnebeke (SW-NE transect): survey: Heyse Irene 2009, topografische kaart: Geluveland (28/3) schaal 1:25 000, coördinaten Lambert 50,9-174,4. Regionale situatie: Heuvelregio van Ieper, nabij het Interfluvium van Passendale. Geomorfologie: Hanebeek dalhoofd, zijbeek van de IJzer. Eigendom : Wienerberger (NV Terca Zonnebeke, Ieperstraat 186, 8980 Zonnebeke)

Laag	Lithologie		Geneseprocessen	Ouderdom
	Primaire sedimentaire structuren	Secundaire sedimentaire structuren, verstoringen		
L8	humeuze leem en zandleem, bruin donker grijs, homogeen	homogenisatie door ploegen	antropogene cultuur laag	hedendaags
L7	leem, zand grijs, roestig, chaotische structuur	chaotische structuur	bomput antropogeen	WO I (1914-1918)
L6	compacte fijne leem, oranje, roestig, bleek grijze vlekken, zonder duidelijke structuur	topzone bodem profiel relict ijswig in de topzone	topzone bodem profiel eolisch, periglaciaal ijswigpatroon	holoceen bodem profiel Weichseliaan ijswig patroon
L5	leem, fijn zand lamellatie, sporadische lokale grind elementen	gecryoturbeerd	eolisch, ruissellement, hellingsafzetting, periglaciale omgeving	Weichseliaan
L4	leem en zand lamellatie,		mollisol	Weichseliaan
L3	fijne lamellatie van zand, leem en silt, glauconiet		ruissellement, herwerkt tertiair zand, hellingsafzetting	Weichseliaan
L2	grind, flint, zandsteen, quartz, klei, grind	sterk gecryoturbeerde grindzak in de topzone van L1	terras, herwerkt terras	Saale, Riss Plio-Pleistoceen
L1	zwarte plastische klei, blauw, homogeen		marien	Eoceen, Ieperiaan klei, Formatie van Kortrijk, Lid van Aalbeke

Figuur 6: Kleiput Zonnebeke (SW-NE transect). Survey : Heyse Irene. 2009, Topografische kaart: Geluveld (28/3) schaal 1:25.000: Coördinaten Lambert 50,9-174,4; regionale situering: Heuvels van Ieperregio nabij het Interfluvium van Passendale; geomorfologie: helling van de Hanebeek vallei, zijbeek van de IJzer.

Legende (zie ook tabel 4 op de vorige bladzijde)

1. ploeglaag
2. bomput (figuur 7)
3. bodemprofiel
4. relict ijswig storing (figuur 8)
5. leem
6. lemige lamellatie met verspreide grind elementen (figuur 9)
7. gecryoturbeerde lemige lamellatie
8. alternatie van lemige en zandige lamellatie
9. grind laag (silex, zandsteen, quartz)
10. cryoturbatie ketel met gecryoturbeerde grind invulling
11. zware platische blauwe klei (Tertiair)



Figuur 7: Grindlaag (kleiput van Zonnebeke)



Figuur 9: Grindlaag (kleiput van Zonnebeke)



Figuur 8: Ijswig (kleiput van Zonnebeke)



De Ieperse klei is duidelijk geschikt voor tunneling. In de nabijgelegen percelen zijn archeologische sporen van tunneling activiteiten waargenomen zoals archeologische restanten van een houten spoorweg (dixit Barton P., Doyle P. 2004, figuur 10).

Figuur 10: Resten van een spoorweg



De kwartaire afzettingen rusten direct op de impermeabele Ieperse klei. De grindlaag (L2, figuur 9) vertoont grote involuties in de onderliggende klei en is waarschijnlijk verstoord als gevolg van dooi-vorst cycli.

De watervoerende grindlaag vormt tevens een belangrijke grondwater laag die waterinsijpeling en infiltratie in de tunnelschachten mogelijk maakt. De richting en intensiteit van de grondwaterdruk is grotendeels geconditioneerd door de hellingsrichting van het terrein en vooral door de paleogeomorfologie van de top van de Ieperse klei.

De toenemende dikte van de kwartaire lagen (L3-L4-L5-L6) getuigt van belangrijke hellingsprocessen, ruissellement en herwerking van het loessdek onder wisselende klimatologische omstandigheden. Lokaal wijzen cryoturbatie verschijnselen ondubbelzinnig op mollisol condities onder koude omstandigheden. De verspreide grindelementen in L5 onderstrepen het belang van oppervlakkige run off.

De relicte ijswig pseudomorf in de topzone van L6 (figuur 8) is een belangrijk stratigrafisch gegeven wijzend op een Weichsel ouderdom.

CONCLUSIES

De frontlijn van WO I 1914-1918 in België is gekend in de literatuur als *Flanders Fields*. De langdurige stellingenoorlog is grotendeels beïnvloed door het terrein in twee totaal verschillende morfologische en geologische gebieden namelijk de Heuvelregio van Ieper en de Kustpolders van de IJzer.

In de Heuvelregio van Ieper heeft de aanwezigheid van de Ieperiaanse compacte plastische klei op geringe diepte de mogelijkheid geboden voor de beide belligeranten van intensieve militaire tunnel activiteiten aan te wenden met als doel de vijandelijke frontlinies te destabiliseren. Getuige hiervan zijn de actuele reuze ontploffingskraters die nu in het landschap nog zichtbaar zijn en als illustratiepunten gebruikt worden voor *battlefield tours*.

In de Kustpolders van de IJzer kon door gebruik te maken van de getijden een ingenieus gecontroleerd inundatiegebied gecreëerd worden in de frontzone waardoor de stabilisatie van het front in sterke mate werd gerealiseerd.

SELECTIEVE REFERENTIES

Ameryckx J. 1959; De ontstaansgeschiedenis van de Zeepolders, Biekerf 60ste jaar, nr 11B, 26p.
 Barton P., Doyle P., Vandewalle J. 2004: Beneath Flanders Fields, the Tunnellers' war 1914-1918, Spellmound limited, 304p
 Bostyn F., 1999: Beecham Dugout, Passendaele, 1914-1918. Association for Battlefield Archaeology in Flanders, Atelier, Roeselare, 135 p.

Bultynck P. & Dejonghe L. 2001: Lithostratigraphic scale of Belgium, Geologica Belgica, volume 4 Nr 1-2
 De Moor G., 1979: Recent beach evolution along the Belgium North Sea Coast. Bull. Soc. Belge Géologie, 88, p143-157
 De Moor G. 2006: Strandgids, Het Vlaamse Strand, geomorfologie en dynamiek, Vlaams Instituut voor de Zee (VLIZ), 154p.
 De Moor G., Ozer A., Heyse I. 1985: Belgium. In Bird & Schwarz: The World's Coastline, New York, Van Nostrand-Reinhold, p353-358
 De Moor G. & Pissart A., 1992: Les formes du relief pp129-216. In Bird & Schwarz: The World's Coastline, New York, Van Nostrand-Reinhold, p353-358
 De Vos L. 1995: Veldslagen in de Lage Landen: De Slag aan de IJzer p133-149; De Ypres Salient p 143-156, Davidsfonds Leuven.
 De Wolf P., Fransaert D., Van Sielegheem J., Houthuys R., 1993: Morphological Trends of the Belgian Coast shown by 10 Years of Remote-Sensing based Surveying. In Coastlines of the Southern North Sea (eds R. Hillen & J. Verhagen, New York, Amer. Soc. Civil Engin., pp245-257, fig 5.
 Frontkaart 1914-1918 IJzer-Ieper-Mesen-Passendaele 2008: Memorial Museum Passendaele 1917 Zonnebeke; Cartografie Aquaterra
 Gullentops F., Bogemans F., De Moor G., Paulissen E., Pissart A. 2011: Quaternary, Lithostratigraphic Units (Belgium), vol 4 Nr 1-2, p 153-164
 Heylen J. 1997: De Hydrologie van het IJzer bekken, Water Nr 97, pp239-244
 Houthuys R., De Moor G., Sommé J. 1993: The Shaping of the French-Belgium North Sea Coast throughout Recent Geology and History. In Coastlines of the Southern North Sea (eds R. Hilton & J. Verhagen). New York, Amer. Soc. Civil. Engin., pp27-40, 4 figuur
 Jacobs P., De Ceukelaire M., De Geyter G., 1999: Geological map of Belgium, scale 1:50.000, map Proven, Ypres, Ploegsteert, Geological Institute, Jennerstraat, Brussels, Ghent University
 Laga P., Louwey S., Geets S. 2001: Paleogene stratigraphic units (Belgium), vol 4, Nr1-2, pp135-152
 Laga P., Louwey S., Geets S. 2001: Paleogene stratigraphic units (Belgium), vol 4, Nr 1-2 p135-152
 Maréchal R., 1992: Kwartair geologische kaart, Com. Nationale Atlas, blad II, 3.1, Tweede Atlas van België, Nationaal geografisch Instituut, Brussel
 Provoost T. 1997: De IJzer: een kleine stroom met een groot verleden, Water nr 97, pp 233-238
 Rutot 1900: Geological Map of Belgium, scale 1:40.000, map Ypres, Geological Institute, Jennerstraat, Brussels
 Steurbaut E. 2006: Ypresian, Geologica belgica, Nr 9/1-2, pp73-93
 Tavernier R., Ameryckx J., Snacken F., Farasyn D. 1970: Atlas of Belgium: Kust, Polders, Atlas van België, blad 17, Nationaal Comité voor Geografie
 Topographic Map of Belgium: scales, 1:25.000; 1:50.000; 1:100.000; 1:125.000, National geographic Institute, Brussels
 Weyhaeghe J. & Heyse I. 2005: De invloed van de Klei van Ieper op het front van WO I in de sector Passendaele-Mesen, ongepubliceerde thesis, Universiteit Gent
 Willig D. 1999: Entwicklung Wehr geologie. Aufgabenspektrum van den Anfängen bis 1918. In Fachliche Mitteilungen, Amt für Wehrgeophysik, Nr 255, pp 72-80
 Wuyts F. 2008: Belgium Battlefield of Europe scale 1:250.000, National Geographic Institute, Military Heritage