

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

EP 0 918 907 B2

(12)

## NOUVEAU FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention de la décision concernant l'opposition:  
**18.01.2006 Bulletin 2006/03**

(45) Mention de la délivrance du brevet:  
**23.01.2002 Bulletin 2002/04**

(21) Numéro de dépôt: **97933694.8**

(22) Date de dépôt: **22.07.1997**

(51) Int Cl.:  
**E02D 5/04 (2006.01)**

(86) Numéro de dépôt international:  
**PCT/EP1997/003951**

(87) Numéro de publication internationale:  
**WO 1998/006905 (19.02.1998 Gazette 1998/07)**

### (54) PALPLANCHE EN FORME DE "U" A FAIBLE RESISTANCE D'ENFONCEMENT

U-FÖRMIGE SPUNDBOHLE MIT NIEDRIGEM EINTREIBWIDERSTAND

U-SHAPED SHEET PILE WITH LOW CUT-THROUGH RESISTANCE

(84) Etats contractants désignés:  
**AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI NL PT SE**

(30) Priorité: **14.08.1996 LU 88805**

(43) Date de publication de la demande:  
**02.06.1999 Bulletin 1999/22**

(73) Titulaire: **ProfilARBED S.A.  
4009 Esch-sur-Alzette (LU)**

(72) Inventeurs:

- **BASTIAN, Roland  
L-8272 Mamer (LU)**
- **SCHMITT, Alex  
L-8551 Noerdange (LU)**
- **REINARD, Charles  
L-4032 Esch/Alzette (LU)**

• **MEYRER, Marc  
L-3924 Mondercange (LU)**

(74) Mandataire: **Schmitt, Armand et al  
Office Ernest T. Freylinger S.A.  
234, route d'Arlon,  
B.P. 48  
8001 Strassen (LU)**

(56) Documents cités:  
**BE-A- 433 704 DE-B- 1 135 384  
FR-A- 434 497 FR-A- 686 816**

• **Extrait de "Larssen Handbuch", pages 50 et 51,  
Dortmund-Hörder Hüttenunion AG, Dortmund  
édition 1960**

## Description

**[0001]** La présente invention concerne une palplanche en forme de "U" à faible résistance d'enfoncement.

**[0002]** Depuis plus de 80 ans, plusieurs millions de tonnes de palplanches en forme de "U" ont été utilisées dans le monde entier pour la construction de rideaux de soutènement, par exemple lors de travaux de fouilles, de construction de barrages, de digues et de bassins de retenue d'eau.

**[0003]** Une palplanche en forme de "U" a un dos plat (appelé l'aile de la palplanche) auquel sont raccordées deux jambes (appelées âmes de la palplanche) portant des serrures d'enclenchement, de façon à ce que la palplanche ait un plan de symétrie perpendiculaire au dos. Pour former un rideau de soutènement, ces palplanches en forme de "U" sont assemblées à l'aide des serrures d'enclenchement, avec leur dos alternativement situé de part et d'autre du plan passant par les axes centraux des serrures d'enclenchement. Ce plan forme alors le plan neutre en flexion du rideau de palplanches en forme de "U".

**[0004]** Les méthodes classiques pour enfoncer les palplanches dans le sol sont le battage et la vibration. Il est connu que ces opérations d'enfoncement nécessitent le développement d'une énergie importante, qui est proportionnelle à la résistance à renforcement de la palplanche. Pour une méthode d'enfoncement donnée, cette résistance à l'enfoncement est principalement fonction des caractéristiques du sol et de la section transversale de la palplanche.

**[0005]** On appelle "hauteur" ou encore "profondeur" d'une palplanche en forme de "U", la distance qui sépare un plan passant par les axes centraux des deux serrures d'enclenchement de la face extérieure de l'âme, et "largeur utile" d'une palplanche en forme de "U", la distance qui sépare les axes centraux des deux serrures d'enclenchement de la palplanche. Des palplanches ayant une largeur utile importante permettent en principe de réduire les coûts de mise en oeuvre, car il faut enfoncer moins de palplanches dans le sol pour réaliser une longueur de rideau donnée. Des palplanches profondes peuvent avoir des épaisseurs de matière réduites au niveau de l'aile et des âmes tout en offrant un module de résistance élevé; ce qui réduit bien entendu le prix de revient des palplanches. D'où l'intérêt d'utiliser des palplanches en forme de "U" larges et profondes, ayant des épaisseurs de matière réduites au niveau de l'aile et des âmes.

**[0006]** Aujourd'hui les palplanches en forme de "U", disponibles sur le marché comme profilés standards, ont des largeurs utiles de 400 à 600 mm et un rapport "profondeur/largeur utile" de 0,18 à 0,54. Les palplanches en forme de "U" les plus usuelles ont un rapport "profondeur/largeur utile" supérieur ou égal à 0,25, voire supérieur à 0,30. L'épaisseur de l'aile se situe entre 7 et 20 mm et l'épaisseur des âmes entre 6 et 12 mm.

**[0007]** Il faut cependant remarquer que des palplan-

ches larges et profondes avec de faibles épaisseurs de matière au niveau de l'aile et des âmes deviennent aussi rapidement instables en cas de conditions difficiles d'enfoncement. D'où l'intérêt de limiter les sollicitations auxquelles sont exposées ces palplanches lors de leur enfoncement, c'est-à-dire d'avoir des palplanches ayant une résistance à l'enfoncement aussi réduite que possible. Or, bien que la diminution des épaisseurs de matière au niveau de l'aile et des âmes a certainement une influence positive sur la résistance d'enfoncement, on constate qu'une augmentation du rapport "profondeur/largeur utile" a malheureusement un effet très négatif sur la résistance à l'enfoncement des palplanches en forme de "U".

5 **[0008]** Une palplanche selon la préambule de la revendication 1 est connue du document FR 686 816

10 **[0009]** Il sera dès lors apprécié que la présente invention a trouvé une solution qui permet d'avoir une diminution de la résistance à l'enfoncement d'une palplanche en forme de "U" tout en améliorant la stabilité de la palplanche lors de sa mise en oeuvre.

15 **[0010]** Cette solution est définie dans la première revendication.

20 En premier lieu il convient de noter que, contrairement à ce que l'on pouvait attendre a priori, la réduction de la résistance à l'enfoncement n'est pas obtenue par un amincissement de la section transversale de la palplanche, mais par des surépaisseurs de matière localisées au niveau des coins concaves définis par les

25 deux raccords aile/âme.

30 **[0011]** Une surépaisseur de matière localisée au niveau d'un coin concave défini par deux âmes d'une palplanche en forme de cornière a déjà été décrite en 1939 dans le brevet d'invention BE-A-433704. Dans ce brevet il est essentiellement indiqué que la surépaisseur de matière forme un renforcement du sommet d'angle de palplanche.

35 **[0012]** Du brevet d'invention FR-A-434497, correspondant au brevet US-A-1012124, on connaît des palplanches spéciales ayant une aile arquée, ainsi que deux

40 membres latéraux courbés de hauteur très faible, qui sont raccordés à l'aile arquée et qui portent chacun une serrure d'enclenchement. Ces palplanches assez massives, sont censées travailler en traction et remplacer

45 des palplanches plates pour permettre la construction de parois dont l'épaisseur totale de paroi au milieu de l'aile n'est pas supérieure à l'épaisseur de deux serrures enclenchées. Elles ne peuvent par conséquent pas être assimilées aux palplanches en forme de "U" qui font l'objet de la présente invention. Ces dernières ont en effet

50 des profondeurs de loin supérieures pour pouvoir travailler en flexion. Il sera encore noté que dans une exécution préférée décrite dans le brevet français, l'aile arquée comporte une surépaisseur de matière au niveau des deux raccords aux membres latéraux pour présenter

55 une face extérieure sensiblement plane sur toute sa largeur. Dans le brevet d'invention français, il est en outre précisé que cette surépaisseur de matière, qui est située

du côté extérieur de l'aile arquée, augmente sensiblement le moment d'inertie et le module de résistance de la palplanche, qu'elle renforce considérablement la section de la palplanche et qu'elle s'oppose à une déformation de l'aile arquée sous pression.

**[0013]** Des effets analogues sont naturellement aussi obtenus avec les surépaisseurs de matière selon la présente invention. On obtient notamment une plus grande résistance à la torsion de la palplanche en forme de "U". Le surplus de matière dans les coins de raccord rigidifie les âmes et l'aile, ce qui réduit le danger de voilement. De plus, le moment plastique de la palplanche et sa capacité de rotation en flexion augmentent sensiblement, de sorte que l'on sait mobiliser des réserves de déformations plastiques appréciables avant que la palplanche en forme de "U" n'atteigne la ruine.

**[0014]** Cependant, le principal mérite de la présente invention est d'avoir découvert qu'on peut diminuer la résistance à l'enfoncement d'une palplanche en forme de "U" de section donnée par un apport de matière au niveau des coins concaves. En effet, selon la présente invention, les surépaisseurs locales au niveau des coins concaves servent avant tout à aplatisir les coins concaves à l'endroit du raccord aile/âme, c'est-à-dire à rendre ces coins concaves moins fermés. Lors de l'enfoncement de la palplanche par battage ou par vibrations, cet aplatissement des coins concaves facilite l'écoulement des particules de sol en dehors des coins. On évite ainsi un compactage important du sol dans les coins concaves, ce qui fait diminuer la résistance à l'enfoncement de la palplanche. Il sera noté que l'effet obtenu est particulièrement marqué dans des sols sablonneux.

**[0015]** Des surfaces de raccord cylindriques, sensiblement tangentées aux faces de l'aile et de l'âme respective dans lesdits coins concaves, semblent donner les meilleurs résultats du point de vue réduction de la résistance à l'enfoncement de la palplanche. Cette conclusion n'exclut cependant pas d'utiliser des surfaces courbes quelconques, tangentées ou non aux faces de l'aile et de l'âme respective, voire même des surfaces polygonales ou une simple surface plane pour définir les surfaces de raccord dans lesdits coins concaves, à condition naturellement que les coins concaves ainsi formés soient suffisamment aplatis pour faciliter l'écoulement des particules de sol en dehors de ces derniers.

**[0016]** Des essais de battage effectués dans un lit de sable normalisé ont montré qu'on commence à obtenir une réduction vraiment significative de l'énergie de battage avec une surface de raccord cylindrique d'un rayon égal à 75 mm qui est tangente aux faces de l'aile et de l'âme respective dans les coins concaves. De ce résultat, on peut déduire de façon générale que, pour obtenir une réduction du temps de battage significative, ladite surépaisseur doit être telle que les coins concaves à l'endroit des raccords aile/âme soient au moins aussi ouverts qu'un raccord cylindrique tangent de rayon 75 mm. En termes plus quantitatifs, ladite surépaisseur locale doit être au moins suffisante pour qu'une surface cylindrique

fictive, qui a un rayon au moins égal à 75 mm et qui est tangente aux deux plans qui auraient formé le coin de raccord concave aile/âme respectif en l'absence de ladite surépaisseur, soit située complètement à l'intérieur de ladite surépaisseur entre les deux génératrices de tangence.

**[0017]** Il sera noté que les coins convexes à l'endroit des raccords aile/âme sont seulement légèrement arrondis (rayon d'arrondi  $\leq 25$  mm), de façon à conférer au profil un moment d'inertie aussi élevé que possible par concentration d'un maximum de matière dans la partie extérieure des âmes.

**[0018]** Reste à noter que la palplanche selon l'invention est de façon avantageuse une palplanche en acier obtenu par laminage à chaud.

**[0019]** Un mode d'exécution préféré d'une palplanche selon l'invention est décrit sur base des dessins ci-anexés, dans lesquels:

- 20 • la Figure 1 montre une section transversale d'une moitié de la palplanche;
- la Figure 2 montre un agrandissement d'un raccord aile/âme de la palplanche de la Figure 1 ;

**[0020]** La Figure 1 montre une section transversale de la moitié d'une palplanche en forme de "U" selon l'invention. L'autre moitié est exactement symétrique à la moitié représentée, par rapport au plan de symétrie repéré par la référence 8. Cette palplanche a une aile 10 sensiblement plane et perpendiculaire au plan de symétrie 8 de la section. A cette aile 10 sont raccordées deux âmes 12 sensiblement planes, dont seulement l'âme gauche est représentée sur la Figure 1. Chacune de ces âmes 12 porte une serrure 14 qui permet de former un joint plus ou moins étanche par enclenchement avec une serrure correspondante d'une autre palplanche. L'axe central de la serrure 14, qui est perpendiculaire au plan du dessin, est repéré par la référence 15. Il sera encore noté que l'aile 10 est en général sensiblement plus épaisse que les âmes 12.

**[0021]** Dans la palplanche représentée, l'angle aigu  $\alpha$  formé entre les âmes et un plan parallèle à l'aile vaut environ 74°. Il va de soi que cet angle peut naturellement être choisi plus petit ou plus grand. Pour les palplanches concernées par l'invention, l'angle aigu  $\alpha$  sera normalement compris entre 40° et 80°.

**[0022]** On appellera dans la suite "coins convexes définis par les raccords aile/âme" (ou simplement "coins convexes"), le coin situé du côté extérieur de la palplanche et repéré sur la Figure 1 par la flèche de référence 16, ainsi que son coin symétrique non représenté; et "coins concaves définis par les raccords aile/âme" (ou simplement "coins concaves"), le coin situé du côté intérieur de la palplanche et repéré sur la Figure 1 par la flèche de référence 18, ainsi que son coin symétrique non représenté.

**[0023]** Les coins convexes 16 relient les faces planes

extérieures 20 des âmes 12 à la face plane extérieure 22 de l'aile 10 (voir aussi Figure 2). Ces coins convexes 16 présentent un arrondi, dont le rayon "r" est déterminé par des contraintes de laminage et/ou par des considérations de sécurité (éviter des arêtes vives). Normalement "r" sera plus grand que 10 mm et plus petit que 25 mm. Plus "r" est petit, plus élevé sera le module de résistance en flexion du profil.

**[0024]** Afin de réduire la résistance à l'enfoncement de la palplanche dans le sol, les coins concaves 18 sont, selon l'invention, sensiblement aplatis par une surépaisseur locale de la palplanche à ces endroits. Cette modification de la palplanche en forme de "U" connue sera étudiée plus en détail à l'aide de la Figure 2. Sur cette dernière, le coin concave aile/âme d'une palplanche classique est représenté en traits interrompus (voir les lignes repérées par le numéro de référence 24 sur la Figure 2). On constate que ce coin concave 24 a un arrondi dont le rayon est déterminé par des contraintes de laminage et correspond approximativement au rayon "r" du coin convexe 16. La surépaisseur locale qui a permis d'aplatir le coin concave classique 24 et de rendre par conséquent ce coin plus ouvert, est représentée sur la même figure par la surface hachurée 26. Cette surépaisseur 26 définit une surface de raccord concave 30. Reste à noter que le coin concave symétrique a naturellement le même aspect.

**[0025]** Dans le cas de la palplanche représentée sur les Figures 1 et 2, la surface de raccord concave 30 est une surface de raccord cylindrique qui est tangente à la face plane intérieure de l'aile 10 et à la face plane intérieure 34 de l'âme 12. Les flèches 36 sur la Figure 2 montrent comment des particules de sol peuvent s'écouler librement le long de la surface de raccord cylindrique 30 évitant ainsi la formation d'un noyau fortement compacté dans le coin concave 18 qui s'oppose à l'enfoncement de la palplanche en forme de "U".

**[0026]** Des essais de battage effectués dans un lit de sable normalisé ont montré qu'on commence à obtenir une réduction significative de l'énergie de battage avec une surface de raccord cylindrique d'un rayon égal à 75 mm qui est tangente aux faces de l'aile et de l'âme respective dans les coins concaves à l'endroit du raccord aile/âme. Dans la Figure 2, la trace de ce raccord cylindrique "minimal" est représentée par un arc de cercle tracé en traits interrompus et repéré par le numéro de référence 38. L'arc de cercle 38, qui est tangent aux traces des deux plans 32, 34 qui auraient formé le coin de raccord concave aile/âme respectif en l'absence de la surépaisseur 26, est censé déterminer la surépaisseur minimale dans les coins concaves nécessaires pour obtenir une réduction significative de l'énergie de battage. On voit que la surépaisseur de matière qui correspond à la surface de raccord cylindrique 30 est sensiblement plus importante, ce qui ne réduit pas seulement davantage la résistance à l'enfoncement, mais augmente aussi le moment plastique et la capacité de rotation du profil en flexion. La référence 40 repère la trace d'une surface

polygonale de raccord qui se situe entre la surface 30 et la surface de minimum de matière 38.

**[0027]** Il sera apprécié que les palplanches décrites se distinguent des palplanches en forme de "U" connues notamment:

- a) par une résistance à l'enfoncement plus faible, qui se fait surtout remarquer dans des sols sablonneux lors d'une mise en oeuvre par battage ou par vibrations;
- b) par une augmentation notable du moment plastique et de la capacité de rotation en flexion qui va de pair avec la réduction de la résistance à l'enfoncement, ce qui permet une augmentation significative du rendement sur le chantier;
- c) par une amélioration de la résistance à la torsion de la palplanche.
- d) par un bon rendement "module de résistance élastique/poids" pour un écran formé de telles palplanches, du fait de la possibilité d'économies au niveau des épaisseurs de l'âme et de l'aile en dehors des raccords aile/âme;
- e) par une meilleure transmission des efforts dans le cas d'écrans de soutènement munis de liernes et/ou de plaques d'ancrage.

**[0028]** En conclusion, la présente invention présente un profil de battage et de fonçage par vibration idéal pour la mise en oeuvre dans des conditions difficiles.

## Revendications

1. Palplanche en forme de "U" comprenant une aile plane (10) sur sensiblement toute sa largeur, deux âmes planes (12) raccordées à l'aile (10) de façon à être symétriques par rapport à un plan (8) perpendiculaire à l'aile (10), une serrure d'enclenchement se trouvant en bout de chacune des deux âmes (12); ladite palplanche ayant un rapport profondeur/largeur utile supérieur ou égal à 0,18, où la largeur utile est définie comme étant la distance entre les axes centraux des serrures (14), et la profondeur est définie comme étant la distance qui sépare un plan passant par les axes centraux des deux serrures (14) et la face extérieure (22) de l'aile (10); et chacun des deux raccords aile/âme définissant un coin convexe (16, du côté extérieur de la palplanche et un coin concave (18) du côté intérieur de la palplanche; **caractérisée en ce que** lesdits coins concaves (18) sont sensiblement aplatis par une surépaisseur (26) de matière, de façon à obtenir une réduction de la résistance à l'enfoncement de la palplanche; **en ce que** ladite surépaisseur (26) est suffisante

pour qu'une surface cylindrique fictive (38), qui a un rayon au moins égal à 75 mm et qui est tangente aux plans prolongeant les faces intérieures de l'aile et de l'âme (32, 34), soit complètement située à l'intérieur de ladite surépaisseur (26) entre ses deux génératrices de tangence; et  
**en ce que** les coins convexes (16) sont légèrement arrondis, le rayon d'arrondi étant inférieur ou égal à 25 mm.

2. Palplanche selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** les surfaces de raccord qui définissent les coins concaves (18) comprennent des surfaces courbes (30).
3. Palplanche selon la revendication 2, **caractérisée en ce que** les surfaces de raccord définissant les coins concaves (18) comprennent des surfaces courbes (30) qui sont tangentées aux faces intérieures planes de l'aile et de l'âme (32, 34).
4. Palplanche selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** les surfaces de raccord définissant les coins concaves (18) comprennent des surfaces polygonales (40).
5. Palplanche selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisée en ce que** les surfaces de raccord définissant les coins concaves (18) comprennent une surface plane.
6. Palplanche selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisée en ce que** la palplanche est une palplanche en acier laminée à chaud.
7. Palplanche selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisée par** un rapport profondeur/largeur utile supérieur ou égal à 0,25.

#### Patentansprüche

1. U-förmige Spundbohle, umfassend einen nahezu auf der ganzen Breite ebenen Flansch (10), zwei ebene Stege (12), die mit dem Flansch (10) so verbunden sind, dass sie symmetrisch zu einer zum Flansch (10) lotrechten Ebene (8) sind, sowie ein Schloss am Ende von jedem der beiden Stege (12); wobei die Spundbohle ein Verhältnis Tiefe zu Nutzbreite von größer oder gleich 0,18 aufweist, die Nutzbreite als der Abstand zwischen den Mittelachsen der Schlosser (14) definiert ist, und die Tiefe als der Abstand zwischen einer durch die Mittelachsen der zwei Schlosser (14) verlaufenden Ebene und der Außenfläche (22) des Flanschs (10) definiert ist, und wobei jede der zwei Flansch-Steg-Verbindungen, eine konvexe Ecke (16) an der Außenseite der Spundbohle und eine konkave Ecke (18) an der Innenseite

der Spundbohle definieren

**dadurch gekennzeichnet, dass** die konkaven Ecken (18) durch eine Materialzugabe (26) so stark abgeflacht sind, dass eine Verringerung des Eindringwiderstands der Spundbohle erzielt wird;

dass die Materialzugabe (26) ausreicht, damit eine gedachte zylindrische Fläche (38), die einen Radius von mindestens 75 mm aufweist und die tangential zu den, die Innenflächen des Flanschs und des Stegs (32, 34) verlängernden Ebenen angeordnet ist, vollständig im Inneren der Materialzugabe (26) liegt, und zwar zwischen den zwei Berührungsmaillinien; und

dass die konvexen Ecken (16) leicht abgerundet sind und der Rundungsradius kleiner oder gleich 25 mm ist.

2. Spundbohle gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindungsflächen, die die konkaven Ecken (18) definieren, gekrümmte Flächen (30) umfassen.
3. Spundbohle gemäß Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindungsflächen, die die konkaven Ecken (18) definieren, gekrümmte Flächen (30) umfassen, die zu den ebenen Innenflächen des Flanschs und des Stegs (32, 34) tangential angeordnet sind.
4. Spundbohle gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindungsflächen, die die konkaven Ecken (18) definieren, Polygonalflächen (40) umfassen.
5. Spundbohle gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindungsflächen, die die konkaven Ecken (18) definieren, eine ebene Fläche umfassen.
6. Spundbohle gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spundbohle eine warmgewalzte Stahlspundbohle ist.
7. Spundbohle gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verhältnis Tiefe zu Nutzbreite größer oder gleich 0,25 ist.

#### Claims

1. U-shaped sheet pile comprising a flange (10) which is flat over substantially the whole of its width, two flat webs (12) connected to the flange (10) so as to be symmetrical with respect to a plane (8) perpendicular to the flange (10), an interlocking element located at the end of each of the two webs (12); the said sheet pile having a depth/useful width ratio greater than or equal to 0.18, where the useful width

is defined as being the distance between the central axes of the interlocking elements (14), and the depth is defined as being the distance separating a plane passing through the central axes of the two interlocking elements (14) and the outer face (22) of the flange (10); each of the two flange/web connections defining a convex corner (16) on the outer face of the sheet pile and a concave corner (18) on the inner face of the sheet pile;

**characterised in that** said concave corners (18) are significantly flattened by an extra thickness (26) of material so as to obtain a reduction in the resistance of the sheet pile to pile-driving;

**in that** the said extra thickness (26) is sufficient for a fictitious cylindrical surface (38), which has a radius at least equal to 75 mm and which is tangential to the planes extending the inner faces of the flange and the web (32, 34), to be completely located inside the said extra thickness (26) between its two tangential generators; and

**in that** the convex corners (16) are slightly rounded, the radius of curvature being less than or equal to 25 mm.

2. Sheet pile according to Claim 1, **characterised in that** the connecting surfaces defining the concave corners (18) comprise curved surfaces (30). 25
3. Sheet pile according to Claim 2, **characterised in that** the connecting surfaces defining the concave corners (18) comprise curved surfaces (30) which are tangential to the inner flat faces of the flange and the web (32, 34). 30
4. Sheet pile according to any one of Claims 1 to 3, **characterised in that** the connecting surfaces defining the concave corners (18) comprise polygonal surfaces (40). 35
5. Sheet pile according to any one of Claims 1 to 4, **characterised in that** the connecting surfaces defining the concave corners (18) comprise a flat surface. 40
6. Sheet pile according to any one of Claims 1 to 5, **characterised in that** the sheet pile is a hot-rolled steel sheet pile. 45
7. Sheet pile according to any one of Claims 1 to 6, **characterised by** a depth/useful width ratio greater than or equal to 0.25. 50

