

endgültige mittlere effektive Spannung, $\sigma'_{v,Tf}$

$$\sigma'_{v,Tf} \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) = \frac{H_{s,Tf} \cdot (\rho_{Tf} - G_f \cdot \rho_w) \cdot 9,81}{2 \cdot 1000}$$

Aus den oben aufgeführten Größen können mehrere Parameter bestimmt werden: Konsolidationsbeiwert, Zusammenpressbarkeitsbeiwert, Kompressionsindex und Durchlässigkeit.

A.7.4.1 Konsolidationsbeiwert c_v

Die durchschnittliche Höhe des Schlamms H_{ave} ist durch Folgendes gegeben:

$$H_{ave} \text{ (mm)} = \frac{H_{s,Tc} - H_{s,Tf}}{2}$$

und der Konsolidationsbeiwert c_v kann mit folgender Gleichung berechnet werden:

$$c_v \left(\frac{\text{m}^2}{\text{yr}} \right) = \frac{T_v \cdot \left(\frac{H_{ave}}{2} \right)^2}{T_n - T_c} \cdot 31,54$$

Dabei wird $(T_n - T_c)$ in Sekunden gemessen.

Der Zeitfaktor T_v variiert während der Prüfung. Er ist eine Funktion des durchschnittlichen Festigungsgrades U und kann aus Tabellen oder Diagrammen für zweiseitige Dränierung entnommen werden. Der Festigungsgrad ist durch Folgendes gegeben:

$$U = \frac{H_{s,Tc} - H_{s,Tn}}{H_{s,Tc} - H_{s,Tf}}$$

Die Werte von T_v für eine Festigung von 50 %, 70 % und 90 % sind 0,196, 0,398 bzw. 0,848.

A.7.4.2 Zusammenpressbarkeitsbeiwert m_v

Der Zusammenpressbarkeitsbeiwert m_v kann mit der folgenden Gleichung ermittelt werden:

$$m_v \left(\frac{\text{m}^2}{\text{MN}} \right) = \frac{1}{H_{s,Tc}} \left(\frac{H_{s,Tc} - H_{s,Tf}}{\sigma'_{v,Tf} - \sigma'_{v,Tc}} \right) \cdot 1000$$

A.7.4.3 Kompressionszahl C_c

Die Kompressionszahl kann mit der folgenden Gleichung ermittelt werden:

$$C_c = \frac{e_{Tc} - e_{Tf}}{\log_{10} \frac{\sigma'_{v,Tf}}{\sigma'_{v,Tc}}}$$

A.7.4.4 Durchlässigkeitsbeiwert k_v

Der durchschnittliche Durchlässigkeitsbeiwert in vertikaler Richtung k_v kann mit der folgenden Gleichung berechnet werden:

$$k_v \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right) = c_v \cdot m_v \cdot G_f \cdot \rho_w \frac{9,81}{3,514 \cdot 10^{10}}$$

Dabei ist ρ_w in g/ml angegeben.

Da die Höhe des Schlamms, die Höhe der Überstandsflüssigkeit und das Volumen der freigesetzten Flüssigkeit aus dem Ablauf während einer Prüfung überwacht werden, ist es möglich, eine Schätzung der Trockendichte $\rho_{d,Tn}$ und der vertikalen Durchlässigkeit $k_{v,Tn}$ zu jedem Zeitpunkt T_n mit der folgenden Gleichung vorzunehmen:

$$\rho_{d,Tn} = \left(\frac{g}{ml} \right) = \frac{D_s}{H_{s,Tn} \cdot A_c} \cdot 1000$$

$$k_{v,Tn} = \left(\frac{m}{s} \right) = \left(\frac{\Delta V_{Tn}}{\Delta V_n} \right) \cdot \left(\frac{H_{s,Tn}}{H_{s,Tn} + H_{w,Tn}} \right) \cdot \left(\frac{1}{A_c} \right)$$

Dabei ist $\Delta T_n = T_n - T_{n-1}$ in Sekunden angegeben. Die oben aufgeführten Gleichungen ermöglichen die grafische Darstellung einer Kurve der Durchlässigkeit über der Trockendichte.

Anhang B (informativ)

Geochemische Programme und Internetseiten

Es gibt verschiedene Organisationen, Programme und Dokumente, die Hintergrundinformationen zu ARD bereitstellen, und zahlreiche wissenschaftliche Zeitschriften und internationale Konferenzen befassen sich mit Forschung zu ARD und verwandten Themen. Dazu gehören

- das Programm „Canadian Mine Environmental Neutral Drainage“ (MEND),
- das „International Network for Acid Prevention“ (INAP),
- der Leitfaden „Global Acid Rock Drainage“ (GARD), gesponsert von INAP,
- die Richtlinie der Europäischen Kommission über gefährliche Abfälle,
- die „International Conferences on Acid Rock Drainage“ (ICARD),
- die „Sudbury Mining and the Environment International Conferences“.

Literaturhinweise

EN 1990, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*

EN 1991, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke*

EN 1997 (Reihe), *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik*

EN 1998, *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben*

EN ISO 14688, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden*

EN ISO 14689, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels (ISO 14689:2017)*

EN ISO 22476, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Felduntersuchungen*

EN ISO 22475, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen*

EN ISO 22282, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Geohydraulische Versuche*

EN ISO 18674, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Geotechnische Messungen*

EN 16907, *Erdarbeiten*

CEN/TR 16376, *Charakterisierung von Abfällen — Leitfaden zur Charakterisierung von Abfällen der mineralgewinnenden Industrie*

CEN/TR 16365, *Charakterisierung von Abfällen — Probenahme von Abfällen aus der mineralgewinnenden Industrie*

CEN/TR 16363, *Charakterisierung von Abfällen — Kinetische Prüfungen zur Bestimmung des Säurebildungspotentials von sulfidhaltigen Abfällen der mineralgewinnenden Industrie*

CEN/TS 16229, *Charakterisierung von Abfällen — Probenahme und Analyse von leicht freisetzbaren Cyaniden bei der Einleitung in Absetzteiche*

EN 15875, *Charakterisierung von Abfällen — Statische Prüfung zur Bestimmung des Säurebildungspotenzials und des Neutralisationspotenzials von sulfidhaltigen Abfällen*

CEN/TR 15310, *Charakterisierung von Abfall — Probenahme*

EN 14899, *Charakterisierung von Abfällen — Probenahme von Abfällen — Rahmen für die Erstellung und Anwendung eines Probenahmeplans*

CEN/TS 14405, *Charakterisierung von Abfällen — Auslaugungsverhalten — Perkolationsprüfung im Aufwärtstrom (unter festgelegten Bedingungen)*

Für Bemessungsaspekte in Bezug auf die Geotechnik wird verwiesen auf EN 1997-1, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 1: Allgemeine Regeln* und auf die relevanten Teile der Normenreihe EN 1998, *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben*

Weiterhin wird auf die EU-Richtlinie 2006/21/EG über die Bewirtschaftung von Abfällen aus der mineralgewinnenden Industrie verwiesen.

CAMBRIDGE M. et al. *The hydraulic transport and storage of extractive waste*. Guidelines to European Practice Springer Books, 2018

ICOLD-Bulletins:

- 74: Tailings Dam Safety Guidelines (1989)
- 97: Tailings Dam — Design of Drainage (1994)
- 98: Tailings Dams and Seismicity — Review and Recommendations (1995)
- 101: Tailings Dams, Transport, Placement and Decantation — Review and Recommendations (1995)
- 103: Tailings Dams and Environment — Review and Recommendations (1996)
- 104: Monitoring of Tailings Dams — Review and Recommendations (1996)
- 105: Dams and related structures in cold climate — Design guidelines and case studies (1996)
- 106: A Guide to Tailings Dams and Impoundments — Design, Construction, Use and Rehabilitation (1996)
- 121: Tailings Dams Risk of Dangerous Occurrences — Lessons Learnt From Practical Experiences (2001)
- 139: Improving Tailings Dam Safety — Critical Aspects of Management, Design, Operation and Closure (2011)
- 148: Selecting Seismic Parameters for Large Dams — Guidelines (2016)
- 153: Sustainable Design and Post-closure Performance of Tailings Dams (2013)

Richtlinie 2006/21/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. März 2006 über die Bewirtschaftung von Abfällen aus der mineralgewinnenden Industrie und zur Änderung der Richtlinie 2004/35/EG.

Entscheidung der Kommission 2009/360/EG vom 30. April 2009 zur Ergänzung der technischen Anforderungen für die Charakterisierung der Abfälle gemäß der Richtlinie 2006/21/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über die Bewirtschaftung von Abfällen aus der mineralgewinnenden Industrie.

Entscheidung der Kommission 2009/359/EG vom 30. April 2009 zur Ergänzung der Begriffsbestimmung von Inertabfällen gemäß Artikel 22 Absatz 1 Buchstabe f der Richtlinie 2006/21/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über die Bewirtschaftung von Abfällen aus der mineralgewinnenden Industrie.

Entscheidung der Kommission 2009/337/EG vom 20. April 2009 über die Festlegung der Kriterien für die Einstufung von Abfallentsorgungseinrichtungen gemäß Anhang III der Richtlinie 2006/21/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über die Bewirtschaftung von Abfällen aus der mineralgewinnenden Industrie.

English Version

Earthworks - Part 7: Hydraulic placement of extractive waste

Terrassements - Partie 7 : Placement hydrauliques de déchets miniers

Erdarbeiten - Hydraulische Einbringung von mineralischen Abfällen

This draft European Standard is submitted to CEN members for enquiry. It has been drawn up by the Technical Committee CEN/TC 396.

If this draft becomes a European Standard, CEN members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration.

This draft European Standard was established by CEN in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN member into its own language and notified to the CEN-CENELEC Management Centre has the same status as the official versions.

CEN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, Former Yugoslav Republic of Macedonia, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Serbia, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey and United Kingdom.

Recipients of this draft are invited to submit, with their comments, notification of any relevant patent rights of which they are aware and to provide supporting documentation.

Warning : This document is not a European Standard. It is distributed for review and comments. It is subject to change without notice and shall not be referred to as a European Standard.



EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

CEN-CENELEC Management Centre: Rue de la Science 23, B-1040 Brussels

Contents

Page

European foreword.....	4
Introduction	5
1 Scope.....	8
2 Normative references.....	8
3 Terms and definitions	9
4 Abbreviations	11
5 Development of hydraulic placement projects	12
6 Mine Waste Facility Characterization.....	14
7 Material characterization	14
8 Extractive Waste Management Plan.....	26
9 Mine Waste Facility design, construction, operation and closure.....	27
10 Construction quality control.....	44
11 Instrumentation and monitoring	47
12 Inspection regimes	52
Annex A (normative) Non-standard geotechnical tests	66
A.1 Introduction.....	66
A.2 Solids content test.....	66
A.2.1 Description	66
A.2.2 Apparatus.....	66
A.2.3 Procedure.....	67
A.2.4 Results.....	67
A.3 Particle settling velocity test.....	67
A.3.1 Description	67
A.3.2 Apparatus.....	68
A.3.3 Procedure.....	68
A.3.4 Results.....	68
A.4 Undrained settling test.....	68
A.4.1 Description	68
A.4.2 Apparatus.....	69
A.4.3 Procedure.....	69
A.4.4 Results.....	70
A.5 Drained settling test.....	71
A.5.1 Description	71

A.5.2	Apparatus	71
A.5.3	Procedure	71
A.5.4	Results	72
A.6	Air-drying test.....	74
A.6.1	Description.....	74
A.6.2	Apparatus	74
A.6.3	Procedure	74
A.6.4	Results	76
A.7	Slurry consolidation test.....	77
A.7.1	Description.....	77
A.7.2	Apparatus	77
A.7.3	Procedure	77
A.7.3.1	Preparation.....	78
A.7.3.2	Settlement	78
A.7.3.3	Consolidation	78
A.7.4	Results	79
A.7.4.1	Coefficient of consolidation, c_v.....	81
A.7.4.2	Coefficient of compressibility, m_v	81
A.7.4.3	Compression index, C_c.....	81
A.7.4.4	Coefficient of permeability, k_v.....	82
Annex B (informative)	Geochemical programmes and websites	83
Bibliography		84

European foreword

This document (prEN 16907-7:2019) has been prepared by Technical Committee CEN/TC 396 “Earthworks”, the secretariat of which is held by AFNOR.

This document is currently submitted to the CEN Enquiry.

This document is one of the European Standards within the framework series of EN 16907 on *Earthworks*. The set of standards prepared by CEN/TC 396 is divided into several parts, which correspond to different steps of the planning, execution and control of earthworks and should be considered collectively as a group of standards for executing earthworks. The full set of Parts is as follows:

- EN 16907-1, Earthworks — Part 1: Principles and general rules (this document);
- EN 16907-2, Earthworks — Part 2: Classification of materials;
- EN 16907-3, Earthworks — Part 3: Construction procedures;
- EN 16907-4, Earthworks — Part 4: Soil treatment with lime and/or hydraulic binders;
- EN 16907-5, Earthworks — Part 5: Quality control;
- EN 16907-6, Earthworks — Part 6: Land reclamation earthworks using dredged hydraulic fill;
- EN 16907-7, Earthworks — Part 7: Hydraulic placement of waste.

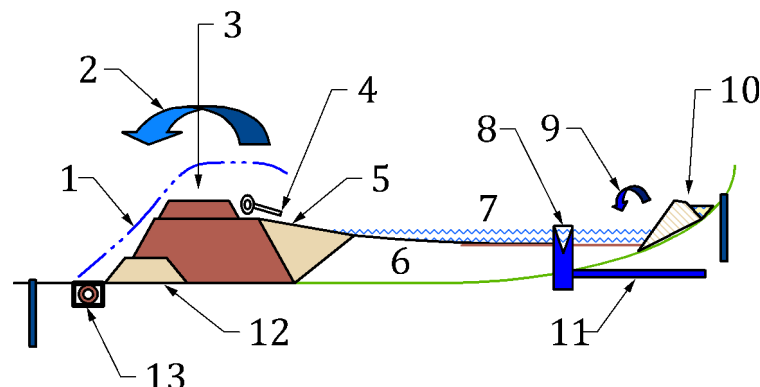
Within this standard references to specific parts of the standard are written by reference the full reference (e.g. “EN 16907-2”).

These “Earthworks standards” do not apply to the environmental planning and geotechnical design that determines the required form and properties of the earth-structure that is to be constructed. They apply to the design of the earthworks materials, execution, monitoring and checking of earthworks construction processes to ensure that the completed earth-structure satisfies the geotechnical design.

Introduction

European Directive 2006/21/EC of the European Parliament and of the Council of 15 March 2006 on the management of waste from the extractive industries states that the preparation of a waste management plan is required for certain mine waste facilities (MWFs). One of the objectives of the waste management plan is to ensure both short- and long-term safe disposal of the extractive waste by choosing a design which achieves geotechnical and geochemical stability of any hydraulic fill placed above a pre-existing ground surface. By inference this requires that suitable features are incorporated into the design, construction, operation and maintenance, closure and after-closure of a MWF to prevent major accidents and to limit any adverse consequences for human health and/or the environment. This Standard addresses all technical stages of the development of a hydraulic fill project in the context of the Extractive Waste Directive (EWD), with an emphasis on waste and facility characterization and on earthworks procedures.

All sectors of the extractive industry are likely to produce a residue which, during mineral processing, will have been physically, and sometimes chemically, altered due to both the comminution and concentration processes employed. These residues (tailings) comprise fine particulate materials which are generally discharged from the process plant in slurry form as a hydraulic fill, noting that coarse particles are generally neither transported nor deposited by hydraulic means. Such extractive wastes, regardless of their consistency and general characteristics, need to be placed in a secure containment facility unless they are to be immediately recycled. The aggregates and industrial minerals sectors tend to refer to these facilities as “silt lagoons”, the energy sector as “ash lagoons” and the metal mining industry as “tailings management facilities”. Within this standard, all three are referred to as mine waste facilities (MWFs) Figure 1 and Figure 2.



Key

- | | |
|-------------------------------|--|
| 1 Seepage recycle | 8 Process water / Excess runoff via decant |
| 2 Emergency spillway | 9 Plant site runoff |
| 3 Confining embankment | 10 Diversion system |
| 4 Tailings discharge pipeline | 11 Return pipeline to process plant |
| 5 Tailings beach | 12 Seepage control drain |
| 6 Slimes | 13 Seepage return pump |
| 7 Reservoir | |

Figure 1 — Typical section - tailings management facility