

# ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA

ICS 03.120.01; 03.120.30 **Červenec 2009**

Weibullova analýza

**ČSN**  
**EN 61649**  
01 0653

idt IEC 61649:2008

Weibull analysis

Analyse de Weibull

Weibull-Analyse

Tato norma je českou verzí evropské normy EN 61649:2008. Překlad byl zajištěn Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Má stejný status jako oficiální verze.

This standard is the Czech version of the European Standard EN 61649:2008. It was translated by Czech Office for Standards, Metrology and Testing. It has the same status as the official version.

Nahrazení předchozích norem

S účinností od 2011-10-01 se nahrazuje ČSN IEC 61649 (01 0653) z dubna 1999, která do uvedeného data platí souběžně s touto normou.

Národní předmluva

Upozornění na používání této normy

Souběžně s touto normou se může do 2011-10-01 používat dosud platná ČSN IEC 61649 (01 0653) z dubna 1999, v souladu s předmluvou k EN 61649:2008.

Změny proti předchozím normám

Změny proti předchozí normě jsou uvedeny v článku Informativní údaje z IEC 61649:2008 v této Národní předmluvě.

Informace o citovaných normativních dokumentech

**IEC 60050-191** zavedena v ČSN IEC 50(191) (01 0102) Mezinárodní elektrotechnický slovník – Kapitola 191: Spožehlivost a akost služieb

IEC 60300-3-5:2001 zavedena v ČSN IEC 60300-3-5:2002 (01 0690) Management spolehlivosti – Část 3-5: Návod k použití – Podmínky při zkouškách bezporuchovosti a principy statistických testů

IEC 61810-2 zavedena v ČSN EN 61810-2 (35 3412) Elektromechanická elementární relé – Část 2: Spolehlivost

ISO 2854:1976 zavedena v ČSN ISO 2854:1994 (01 0234) Statistická interpretace údajů – Odhady a testy středních hodnot a rozptylů

ISO 3534-1:2006 dosud nezavedena

Informativní údaje z IEC 61649:2008

Mezinárodní norma IEC 61649 byla připravena Technickou komisí IEC 56: Spolehlivost.

Toto druhé vydání ruší a nahrazuje první vydání publikované v roce 1997 a je jeho technickou revizí.

Hlavní změny vzhledem k předchozímu vydání jsou:

- název byl zkrácen a zjednodušen, takže je nyní „Weibullova analýza“;
- byly přidány metody jak pro analytické, tak pro grafické řešení.

Text této normy vychází z těchto dokumentů:

FDIS	Zpráva o hlasování
56/1269/FDIS	56/1281/RVD

Úplné informace o hlasování při schvalování této normy je možné nalézt ve zprávě o hlasování uvedené v tabulce.

Tato publikace byla navržena v souladu s Částí 2 Směrnic ISO/IEC.

Komise rozhodla, že se obsah této publikace nebude měnit až do konečného data vyznačeného na webové stránce IEC s adresou <http://webstore.iec.ch> v údajích týkajících se této publikace. Po tomto datu bude tato publikace buď

- znovu potvrzena,
- zrušena,
- nahrazena revidovaným vydáním, nebo
- změněna.

Vypracování normy

Zpracovatel: RNDr. Jaroslav Matějček, CSc., IČ 41127749

Technická normalizační komise: TNK 5 Spolehlivost

Pracovník Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví: Ing. Jindřich Šesták

**EVROPSKÁ NORMA EN 61649**  
**EUROPEAN STANDARD**  
**NORME EUROPÉENNE**  
**EUROPÄISCHE NORM** Listopad 2008

ICS 03.120.01; 03.120.30

**Weibullova analýza**

## **(IEC 61649:2008)**

Weibull analysis  
(IEC 61649:2008)

Analyse de Weibull  
(CEI 61649:2008)

Weibull-Analyse  
(IEC 61649:2008)

Tato evropská norma byla schválena CENELEC 2008-10-01. Členové CENELEC jsou povinni splnit Vnitřní předpisy CEN/CENELEC, v nichž jsou stanoveny podmínky, za kterých se musí této evropské normě bez jakýchkoliv modifikací dát status národní normy.

Aktualizované seznamy a bibliografické citace týkající se těchto národních norem lze obdržet na vyžádání v Ústředním sekretariátu nebo u kteréhokoliv člena CENELEC.

Tato evropská norma existuje ve třech oficiálních verzích (anglické, francouzské, německé). Verze v každém jiném jazyce přeložená členem CENELEC do jeho vlastního jazyka, za kterou zodpovídá a kterou notifikuje Ústřednímu sekretariátu, má stejný status jako oficiální verze.

## **CENELEC**

**Evropský výbor pro normalizaci v elektrotechnice**  
**European Committee for Electrotechnical Standardization**  
**Comité Européen de Normalisation Electrotechnique**  
**Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung**  
**Ústřední sekretariát: rue de Stassart 35, B-1050 Brusel**

© 2008 CENELEC Veškerá práva pro využití v jakékoli formě a jakýmkoli prostředky jsou celosvětově vyhrazena členům CENELEC.  
Ref. č. EN 61649:2008 E

Členy CENELEC jsou národní elektrotechnické komitety Belgie, Bulharska, České republiky, Dánska, Estonska, Finska, Francie, Irska, Islandu, Itálie, Kypru, Litvy, Lotyšska, Lucemburska, Maďarska, Malty, Německa, Nizozemska, Norska, Polska, Portugalska, Rakouska, Rumunska, Řecka, Slovenska, Slovinska, Spojeného království, Španělska, Švédska a Švýcarska.

### **Předmluva**

Text dokumentu 56/1269/FDIS, budoucího 2. vydání normy IEC 61649, vypracovaný v technické komisi IEC TC 56 „Spolehlivost“ byl předložen k paralelnímu hlasování IEC-CENELEC a byl schválen CENELEC jako EN 61649 dne 2008-10-01.

Byla stanovena tato data:

- nejzazší datum zavedení EN na národní úrovni vydáním identické národní normy nebo vydáním oznámení o schválení EN k přímému používání jako normy národní
- nejzazší datum zrušení národních norem, které jsou s EN v rozporu

(dop) 2009-07-01

(dow) 2011-10-01

Přílohu ZA doplnil CENELEC.

Oznámení o schválení

Text mezinárodní normy IEC 61649:2008 byl schválen CENELEC jako evropská norma bez jakýchkoliv modifikací.

Obsah

Strana

Úvod 8

**1** Rozsah platnosti 9

**2** Citované normativní dokumenty 9

**3** Termíny, definice, zkratky a značky 9

**3.1** Termíny a definice 9

**3.2** Zkratky 11

**3.3** Značky 11

**4** Použití technik 12

**5** Weibullovo rozdělení 12

**5.1** Dvouparametrické Weibullovo rozdělení 12

**5.2** Tříparametrické Weibullovo rozdělení 13

**6** Úvahy o datech 14

**6.1** Typy dat 14

**6.2** Doba do první poruchy 14

**6.3** Charakteristiky materiálu a Weibullovo rozdělení 14

**6.4** Rozsah výběru 14

**6.5** Cenzurovaná data a vyloučená data 14

**7** Grafické metody a dobrá shoda 15

**7.1** Přehled 15

**7.2** Jak vypracovat pravděpodobnostní graf 15

**7.2.1** Seřazení 15

**7.2.2** Weibullův pravděpodobnostní graf 16

**7.2.3** Zacházení s vyloučeními nebo s cenzurovanými daty 16

**7.2.4** Zakreslení do pravděpodobnostního grafu 17

<b>7.2.5</b>	Kontrola shody	17
<b>7.3</b>	Zakreslení hazardní funkce do grafu	18
<b>8</b>	Interpretace Weibullova pravděpodobnostního grafu	19
<b>8.1</b>	Vanová křivka	19
<b>8.1.1</b>	Všeobecně	19
<b>8.1.2</b>	$b < 1$ - Naznačuje časné poruchy	19
<b>8.1.3</b>	$b = 1$ - Naznačuje konstantní okamžitou intenzitu poruch	19
<b>8.1.4</b>	$b > 1$ - Naznačuje poruchy opotřebením	20
<b>8.2</b>	Neznámé Weibullové způsoby poruch mohou být „maskovány“	20
<b>8.3</b>	Malé rozsahy výběru	20
<b>8.4</b>	Odlehlé body	21
<b>8.5</b>	Interpretace nelineárních grafů	21
<b>8.5.1</b>	Jiná rozdělení než Weibullovo	23
<b>8.5.2</b>	Nesrovnalosti v datech a poruchy s více způsoby poruch	24
<b>9</b>	Výpočetní metody a dobrá shoda	24
<b>9.1</b>	Úvod	24
<b>9.2</b>	Předpoklady a podmínky	24
<b>9.3</b>	Omezení a přesnost	24
<b>9.4</b>	Vstupní a výstupní data	25
<b>9.5</b>	Test dobré shody	25
<b>9.6</b>	MLE - Bodové odhady parametrů rozdělení $b$ a $h$	26
<b>9.7</b>	Bodový odhad střední doby do poruchy	26
<b>9.8</b>	Bodový odhad kvantilu (10 %) doby do poruchy	26
<b>9.9</b>	Bodový odhad pravděpodobnosti bezporuchového provozu v čase $t$ ( $t \leq T$ )	26
<b>9.10</b>	Softwarové programy	26
<b>10</b>	Konfidenční intervaly	27
<b>10.1</b>	Intervalový odhad parametru $b$	27

- 10.2** Intervalový odhad parametru  $h$  27
- 10.3** Hranice beta-binomického rozdělení regrese MRR 28
- 10.4** Hranice Fisherovy matice 28
- 10.5** Dolní konfidenční mez pro  $B_{10}$  28
- 10.6** Dolní konfidenční mez pro  $R$  29
- 11** Porovnání metod odhadu pomocí regrese střední hodnoty (MRR) a metody maximální věrohodnosti (MLE) 29
  - 11.1** Grafické zobrazení 29
  - 11.2** Odhady doby života  $B$ , někdy známé jako kvantily  $B$  nebo  $L$  29
  - 11.3** Malé rozsahy výběru 29
  - 11.4** Parametr tvaru  $b$  29
  - 11.5** Konfidenční intervaly 30
  - 11.6** Jediná porucha 30
  - 11.7** Matematická přesnost 30
  - 11.8** Prezentace výsledků 30
- 12** WeiBayesův přístup 30
  - 12.1** Popis 30
  - 12.2** Metoda 30
  - 12.3** WeiBayesova analýza bez poruch 31
  - 12.4** WeiBayesova analýza s poruchami 31
  - 12.5** WeiBayesova případová studie 31
- 13** Metoda zkrácených a zrychlených zkoušek životnosti 32
- 14** Jiná rozdělení 34
- Příloha A** (informativní) Příklady a případové studie 35
- Příloha B** (informativní) Příklad výpočtu 37
- Příloha C** (informativní) Tabulky středních hodnot 39
- Příloha D** (normativní) Statistické tabulky 45
- Příloha E** (informativní) Příklad použití tabulkového procesoru 46

**Příloha F** (informativní) Příklad Weibullova pravděpodobnostního papíru 54

**Příloha G** (informativní) Směsi několika způsobů poruch 55

**Příloha H** (informativní) Příklad tříparametrického Weibullova rozdělení 57

**Příloha I** (informativní) Sestrojení Weibullova papíru 59

**Příloha J** (informativní) Technické základy a odkazy 61

Bibliografie 63

**Příloha ZA** (normativní) Normativní odkazy na mezinárodní publikace a na jim příslušející evropské publikace 65

Strana

Obrázek 1 - Tvary PDF Weibullový skupiny pro  $h = 1,0$  13

Obrázek 2 - Celková doba zkoušky (v minutách) 17

Obrázek 3 - Typická vanová křivka objektu 19

Obrázek 4 - Weibullový způsoby poruch mohou být „maskovány“ 20

Obrázek 5 - Rozsah výběru: 10 21

Obrázek 6 - Rozsah výběru: 100 21

Obrázek 7 - Příklad ukazující nedostatečnou shodu s dvouparametrickým Weibullovým rozdělením 22

Obrázek 8 - Stejná data zakreslená s tříparametrickým Weibullovým rozdělením vykazují dobrou shodu s posunutím o 3 měsíce (poloha - 2,99 měsíce) 22

Obrázek 9 - Příklad odhadu  $t_0$  od oka 23

Obrázek 10 - WeiBayesova analýza nového návrhu kompresoru v porovnání se starým návrhem 32

Obrázek A.1 - Poruchy hlavního olejového čerpadla v počátečním období 35

Obrázek A.2 - Poruchy ložiska tlakového čerpadla 36

Obrázek A.3 - Skryté problémy strmých hodnot  $b$  36

Obrázek B.1 - Graf z výpočtů 38

Obrázek E.1 - Weibullův graf pro grafickou analýzu 47

Obrázek E.2 - Weibullův graf pro cenzurovaná data 49

Obrázek E.3 - Graf kumulativní hazardní funkce pro data z tabulky E.4 51

Obrázek E.4 - Grafy kumulativní hazardní funkce pro tabulku E.6 53

- Obrázek F.1 – Weibullův pravděpodobnostní papír 54
- Obrázek H.1 – Lomová houževnatost oceli – Zakřivená data 57
- Obrázek H.2 –  $t_0$  zlepšuje proložení dat z obrázku H.1 57
- Tabulka 1 – Návod pro použití normy IEC 61649 12
- Tabulka 2 – Seřazená data o poruchách nýtů 15
- Tabulka 3 – Nastavená pořadí pro vyloučená nebo cenzurovaná data 16
- Tabulka 4 – Rozsah podskupiny k odhadu doby do  $X$  % poruch s použitím metody zkrácených a zrychlených zkoušek životnosti 33
- Tabulka 5 – Zřetězená data – Cykly do poruchy 33
- Tabulka B.1 – Doby do poruchy 37
- Tabulka B.2 – Souhrn výsledků 37
- Tabulka D.1 – Hodnoty gama-funkce 45
- Tabulka D.2 – Kvantily normovaného normálního rozdělení 45
- Tabulka E.1 – Příklad praktické analýzy 46
- Tabulka E.2 – Nastavení tabulkového procesoru pro analýzu cenzurovaných dat 48
- Tabulka E.3 – Příklad Weibullovy analýzy pro vyloučená data 48
- Tabulka E.4 – Příklad použití tabulkového procesoru pro cenzurovaná data 50
- Tabulka E.5 – Příklad použití tabulkového procesoru 50
- Tabulka E.6 – Data týkající se relé poskytnutá ISO/TC94 a analýza hazardní funkce pro způsob poruchy 1 52
- Tabulka I.1 – Sestrojení pořadnic ( $Y$ ) 59
- Tabulka I.2 – Sestrojení úseček ( $t$ ) 60
- Tabulka I.3 – Obsah dat zapisovaných do tabulky tabulkového procesoru 60

## Úvod

Weibullovo rozdělení se používá k modelování dat bez ohledu na to, zda je intenzita poruch stoupající, klesající či konstantní. Weibullovo rozdělení je pružné a přizpůsobivé pro data v širokém rozsahu. U všech objektů je třeba zaznamenávat dobu do poruchy, cykly do poruchy, přepravní vzdálenost, mechanické namáhání nebo obdobné spojité parametry. Rozdělení doby života může být modelováno dokonce i tehdy, jestliže všechny objekty neměly poruchu.

V normě je uveden návod, jak provádět analýzu s použitím programu tabulkového procesoru. Je v ní



těž uveden návod, jak samostatně analyzovat různé způsoby poruch a jak identifikovat základní soubor možných slabých objektů. S použitím tříparametrického Weibullova rozdělení lze získat informace o době do první poruchy nebo o minimu výdrže (dlouhodobé odolnosti) ve výběru.

## 1 Rozsah platnosti

V této mezinárodní normě jsou uvedeny metody pro analyzování dat z Weibullova rozdělení s použitím spojitých parametrů, jako je doba do poruchy, cykly do poruchy, mechanické namáhání atd.

Tato norma je použitelná kdykoliv, když jsou k dispozici data o parametrech, jako jsou například doby do poruchy, cykly, namáhání atd., pro náhodný výběr objektů provozovaných za podmínek zkoušky nebo v provozu za účelem odhadu ukazatelů bezporuchovosti základního souboru, ze kterého byly tyto objekty odebrány.

Tato norma je použitelná, když jsou analyzovaná data nezávisle a stejně rozdělena. Toto má být buď testováno, nebo se má předpokládat, že to platí (viz IEC 60300-3-5).

V této normě jsou popsány numerické a grafické metody pro zakreslení dat do grafu, pro provedení testu dobré shody, k odhadu parametrů dvou nebo tříparametrického Weibullova rozdělení a pro zakreslení konfidenčních mezí do grafu. Je v ní uveden návod, jak interpretovat grafickou závislost v podobě rizika vzniku poruchy jako funkce času, způsobů poruch a možného základního souboru slabých objektů a doby do první poruchy nebo minima výdrže.

Konec náhledu - text dále pokračuje v placené verzi ČSN.