



Metody nedeštruktivního testování dřeva



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- Základní klasifikace NDT
- Vizuální inspekce
- Inspekce tekutým penetrantem
- Metoda rozptylových toků
- Metoda vířivých proudů
- Akustická emise



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR Techdrev - CZ 1.07/2.2.00/26.0019



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Organizace NETED

CHARAKTER PŘEDMĚTU

- Volitelný, postavený na samostudiu a vlastní aktivitě posluchačů
- 0/2 (přednáška-cvičení)

POŽADAVKY

- Samostudium
- Vypracování „protokolu“ - 1 stránka zpracovaného odborného článku s NDT tématem (materiál a metodika + výsledky)
- Zápočet 5-10 minutová diskuse nad protokolem

HARMONOGRAM

- 29.10 – úvod do NDT
- 5.11 – Optické měření deformací, korelace digitálního obrazu (DIC)
- 12.11 – Laboratorní práce s DIC
- 19.11 – Semideštruktivní metody měření vlastností dřeva *in situ* – zatlačování, resistografie, pilodyn, videoskop
- 26.11 – Semideštruktivní metody měření vlastností dřeva *in situ* – roztlačování, mikrotřesování, vývrtové metody
- 3.12 – Ultrazvukové metody a tomografie
- 10.12 – Termografie
- 17.12-20.12 – zápočet



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR Techdrev - CZ 1.07/2.2.00/26.0019



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Doporučená literatura

- Handbook of nondestructive evaluation – *Hellier Ch.*
- Nondestructive characterization and imaging of wood – *Bucur V.*
- Handbook of experimental solid mechanics – *Sharpe WN*
- Nedeštruktivní zkoušení materiálů a konstrukcí – *Kopeck B.*



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR Techdrev - CZ 1.07/2.2.00/26.0019



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Co je NDT?

- Všeobecná definice NDT zní: „je to vyšetření, test nebo evaluace, která je provedena na jakémkoli typu objektu bez jeho změny za účelem určení absence nebo přítomnosti určitých podmínek (např. vlhkosti) či diskontinuit (např. trhliny), které mohou mít vliv na jeho funkci.“



- NDI = Nondestructive Inspection
- NDE = Nondestructive Evaluation/Examination
- NDT je z hlediska inovací a jedinečnosti jedna z nejrychleji rostoucích „technologií“ za posledních 25 let

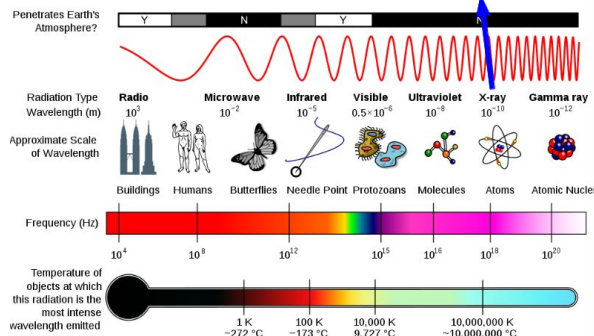
Mendelova univerzita v Brně
Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR Techdrev - CZ 1.07/2.2.00/26.0019



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

EM spektrum a NDT

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3e8}{10e18} = 0.000000003 \text{ m}$$



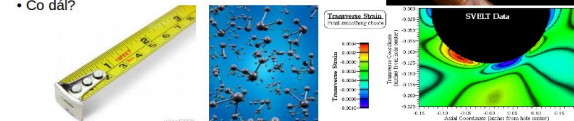
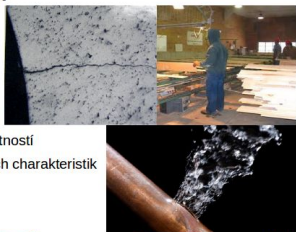
univerzita v Brně
Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR Techdrev - CZ 1.07/2.2.00/26.0019



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Co se často měří pomocí NDT?

- Detekce a evaluace trhlin
- Detekce prosáku (Leak detection)
- Určení pozice/místa „vady“
- Měření rozměrů
- Charakterizace struktury/mikrostruktury
- Měření mechanických a fyzikálních vlastností
- Měření napětí/deformace či dynamických charakteristik
- Sortimentace materiálů
- Určení chemického složení
- Co dál?



Mendelova univerzita v Brně
Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR Techdrev - CZ 1.07/2.2.00/26.0019



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Jakou NDT metodu vybrat?

- Žádná NDT metoda zkoušení neodhalí všechno!
- Výběr NDT metody zohledňuje cíl (trhliny v. kvalita), materiál (železo v. hliník), typ objektu (nosný v. nenosný), případně dimenzionalitu informace (2d povrch v. 3d objem),



Mendelova univerzita v Brně
Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR Techdrev - CZ 1.07/2.2.00/26.0019



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vizuální inspekce

- Základní a nejčastější inspekční metoda
- Fiberskop, videoskop, zrcadla, lupy + videonahrávka a základní nástroje zpracování obrazu, roboty



Mendelova
univerzita
v Brně

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR Techdrev - CZ 1.07/2.2.00/26.0019



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vizuální inspekce

- Základní a nejčastější inspekční metoda
- Fiberskop, videoskop, zrcadla, lupy + videonahrávka a základní nástroje zpracování obrazu, roboty
- Inspekce a sanace konstrukcí, ochrana dřeva



Mendelova
univerzita
v Brně

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR Techdrev - CZ 1.07/2.2.00/26.0019



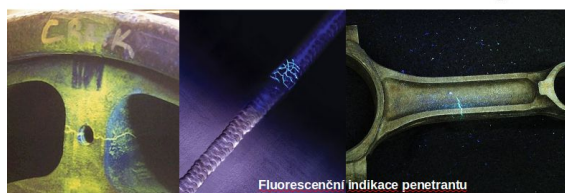
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Metoda tekutého penetrantu

- Tekutina s vysokou smáčivostí se aplikuje na zkoumaný povrch tělesa, nechá se vsáknout (kapilární jev). Potom se nadbytečná část z povrchu odstraní a aplikuje se „agent“, který tekutinu povytáhne tekutinu na povrch, kde lze vidět
- Posledním krokem je opět vizuální inspekce
- Penetrant je často fluorescenční → UV lampa při inspekci



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

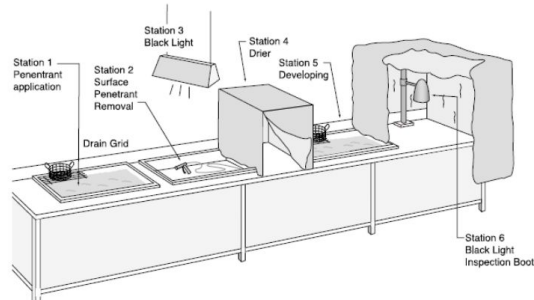


Mendelova
univerzita
v Brně

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR Techdrev - CZ 1.07/2.2.00/26.0019

Metoda tekutého penetrantu

- Automatizovaná linka pro sériovou inspekci pomocí tekutého penetrantu



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

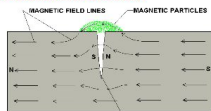
Mendelova
univerzita
v Brně

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR Techdrev - CZ 1.07/2.2.00/26.0019

Metoda rozptylových toků

(Magnetická prášková metoda, angl. **Magnetic Particle Inspection**)

- Zkoumaná část se vyčistí, zmagnetizuje
- Jemný železný prášek s barevnou složkou se nanese na povrch. Poté se přiloží „cívka“, částice se zorientují tak aby překlenuly diskontinuitu
- Posledním krokem je opět vizuální inspekce (UV)
- Vhodné pro ocelové konstrukce/části, sváry, trubky, tyče, písty apod.
- Dřevařství – pilové kotouče, části strojů apod.



Mendelova
univerzita
v Brně

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR Techdrev - CZ 1.07/2.2.00/26.0019

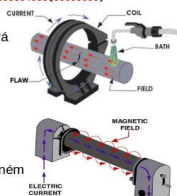


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Metoda rozptylových toků

(Magnetická prášková metoda, angl. **Magnetic Particle Inspection**)

- Způsoby magnetizace
 - **Pólová** – magnetický tok uvnitř i vně tělesa, těleso zůstává magnetické i vně, póly u vstupu/výstupu, pomocí cívky či magnetizační jho
 - **Cirkulární** – magnetický tok jen v tělese, navenek se neprojevuje, pomocí vodiče či indukci proudu v tělese
- **Odmagnetování** vnějším střídavým proudem s klesající amplitudou, komutací, magnetování s opačnou polaritou
- **Inspekce** – min. 500 Lx bez luminoforů, max 20 Lx v zatemněném prostředí, adaptace okolo 5 min.



Mendelova
univerzita
v Brně

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR Techdrev - CZ 1.07/2.2.00/26.0019

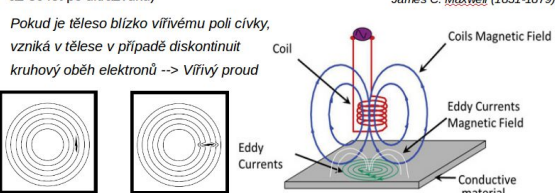
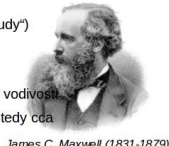


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Inspekce pomocí vířivých proudů

(Eddy Current Testing)

- VP objeveny Leon Foucaultem roku 1855 („Foucaultovy proudy“)
- Ucelený popis podal J. Maxwell --> ucelená teorie elektromagnetického pole („Maxwellovy rovnice“)
- První použití 1879 D.E. Hughesem na sortimentaci pomocí vodivosti
- Rozvoj až s počítači (od 80. let nabírá v NDT na významu, tedy cca až 30 let po ultrazvuku)



Mendelova
univerzita
v Brně

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR Techdrev - CZ 1.07/2.2.00/26.0019



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Inspekce pomocí vířivých proudů

(Eddy Current Testing)



Mendelova
univerzita
v Brně

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR Techdrev - CZ 1.07/2.2.00/26.0019

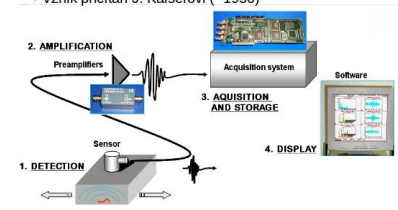


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Akustická emise

(Acoustic Emission)

- Snímá elastické vlny o vysoké f (akustické signály) vzniklé v materiálu zavedením napětí (zatížení) uvolňující energii (dislokace, trhliny, mikropoškozky apod.). Podobné ultrazvukovým metodám (AE je **pasivní**)
- Ultrazvukové senzory převádí akustické vlny (20 kHz až 1 MHz) na elektrické signály pomocí piezoelektrických snímačů
- Vznik přičítán J. Kaiserovi (~1950)



Mendelova
univerzita
v Brně

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR Techdrev - CZ 1.07/2.2.00/26.0019

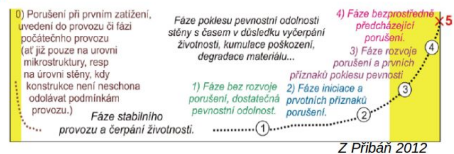


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Akustická emise

(Acoustic Emission)

- Používá se ke stanovení deformačních a lomových charakteristik, příp. k fázové přeměně, k hodnocení životnosti, pravděpodobnosti selhání (zejména kovové **k-če**)
- **Výhody:** levné, kontinuální i dlouhodobé měření, úspora času v porovnání s ostatními NDT metodami
- **Nevýhody:** neznáme příčinu vzniku vlny --> mnoho faktorů (tvar, povrch tělesa, nehomogenity apod.)
- **AE** je vhodná pro všechny fáze pravděpodobnosti havarijního porušení **k-čí** (níže) --> kontinuita



Mendelova
univerzita
v Brně

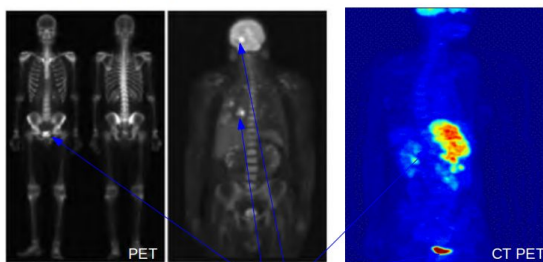
Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR Techdrev - CZ 1.07/2.2.00/26.0019



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Gamma záření

- Nejmenší vlnová délka/nejvyšší f a energie fotonu (eV)
- Důležitý nástroj pro výzkum vesmíru, medicínu (PET) a bezpečnost



Mendelova
univerzita
v Brně

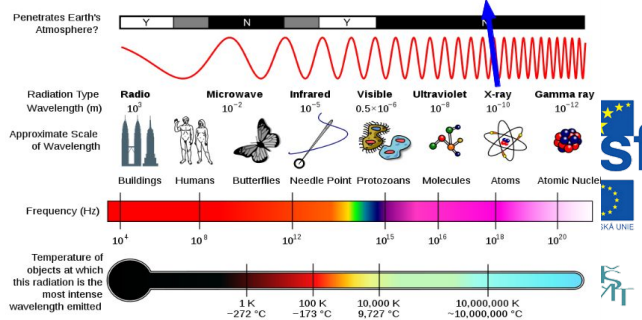
Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR Techdrev - CZ 1.07/2.2.00/26.0019



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

EM spektrum a NDT

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3e8}{10e18} = 0.000000003 \text{ m}$$



Mendelova
univerzita
v Brně

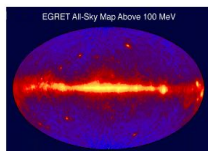
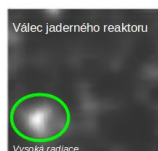
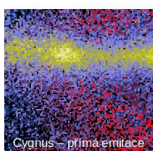
Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR Techdrev - CZ 1.07/2.2.00/26.0019



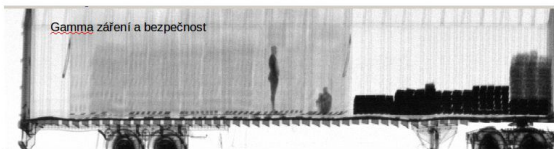
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Gamma záření

- V dřevařství byla Gamma denzitometrie nahrazena X-ray denzitometrií



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Mendelova
univerzita
v Brně

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR Techdev - CZ 1.07/2.2.00/26.0019



Magnetická nukleární rezonance (MRI)

- Velmi důležitý snímání nástroj, zejména v medicíně
- Nulová radiční zátěž (oproti X-ray CT)
- S nebo bez kontrastní látky
- Výkon = hustota magnetického toku (T), v ČR 20 μ T



MRI tlukoucího srdce



MRI zařízení o výkonu 3T



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

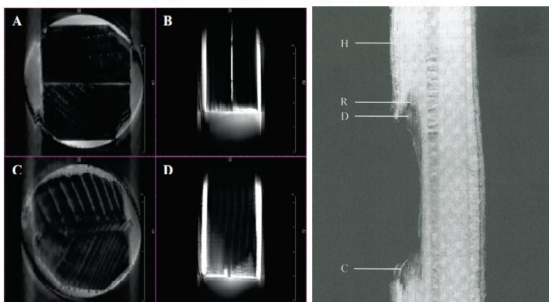
Mendelova
univerzita
v Brně

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR Techdev - CZ 1.07/2.2.00/26.0019



MRI - dřevařství

- Zjišťování vnitřních heterogenit ve dřevě a stromech (kavity, napadení DKH)
- Zjišťování vlhkosti (inspekce na zpracovatelských závodech?)



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

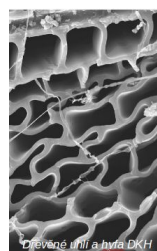
Mendelova
univerzita
v Brně

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR Techdev - CZ 1.07/2.2.00/26.0019

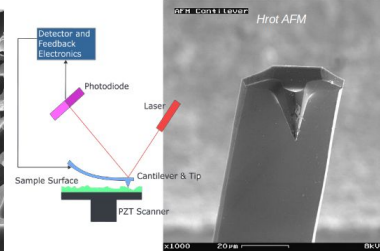


Mikroskopické snímání – AFM

- Atomic Force Microscopy (mikroskopie atomárních sil), vznik ~ 1986 <- STM (1986 NC), postaven *de facto* na Hookeově zákoně,
- Na rozdíl od SEM, TEM, AFM nabízí 3D snímek (povrch) a není třeba pokovení, ale je pomalý, kontaktní vs. nekontaktní (van der Waalsovy síly)



Dřevní buňka a hřbet DKH



Hrot AFM



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Mendelova
univerzita
v Brně

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR Techdev - CZ 1.07/2.2.00/26.0019

