

Přístrojové metody hodnocení stability stromů

Luděk Praus

Ústav nauky o dřevě,
Lesnická a dřevařská fakulta,
Mendelova univerzita v Brně

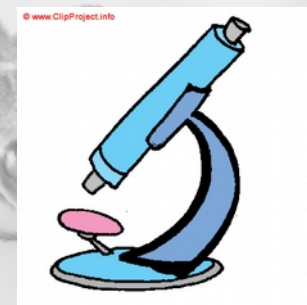
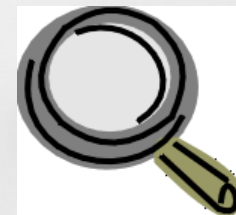
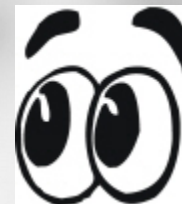
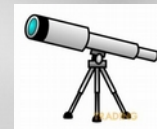
Zemědělská 3, 613 00 Brno
e-mail: ludek.praus@centrum.cz
tel.: 545 134 551





System péče z hlediska detailu informace

- Inventarizace a pasportizace
- Evidence a hodnocení
- Podrobné hodnocení
- Přístrojové metody



Trojúhelník stability

ZATÍŽENÍ



GEOMETRIE

MATERIÁL

Bezpečnost lze vyjádřit pomocí tzv. bezpečnostních koeficientů. Jsou to různá kritéria porovnávající vlastnost objektu a vznikající zatížení. Mohou být jednoduchá...

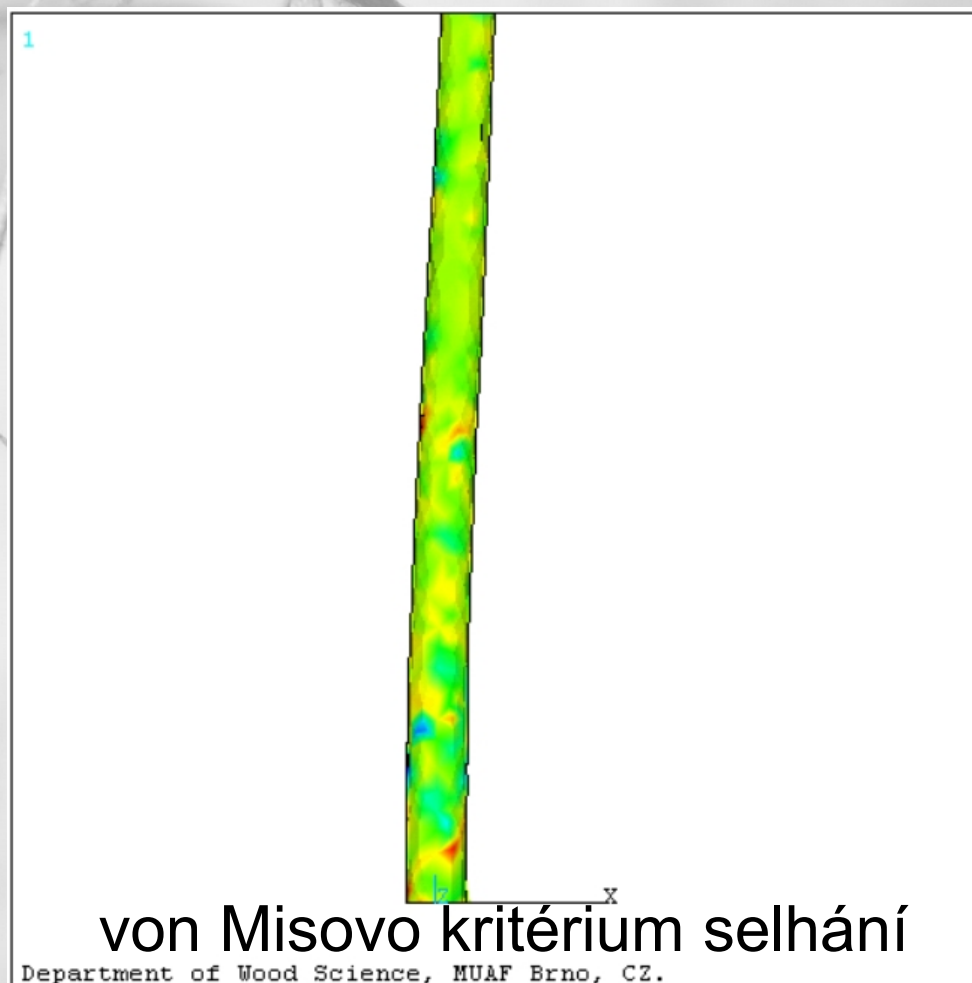
$$SF = \frac{\textit{pevnost}}{\textit{napětí}}$$

$$SF = \frac{\textit{limitní deformace}}{\textit{vznikající deformace}}$$

$$SF = \frac{\textit{maximální průhyb}}{\textit{aktuální průhyb}} \dots$$

... i složitá

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_{11} - \sigma_{22})^2 + (\sigma_{22} - \sigma_{33})^2 + (\sigma_{33} - \sigma_{11})^2 + 6(\sigma_{12}^2 + \sigma_{23}^2 + \sigma_{31}^2)]}$$



Selhání stromu

- Zlom
- Vývrat
- Odlomení části



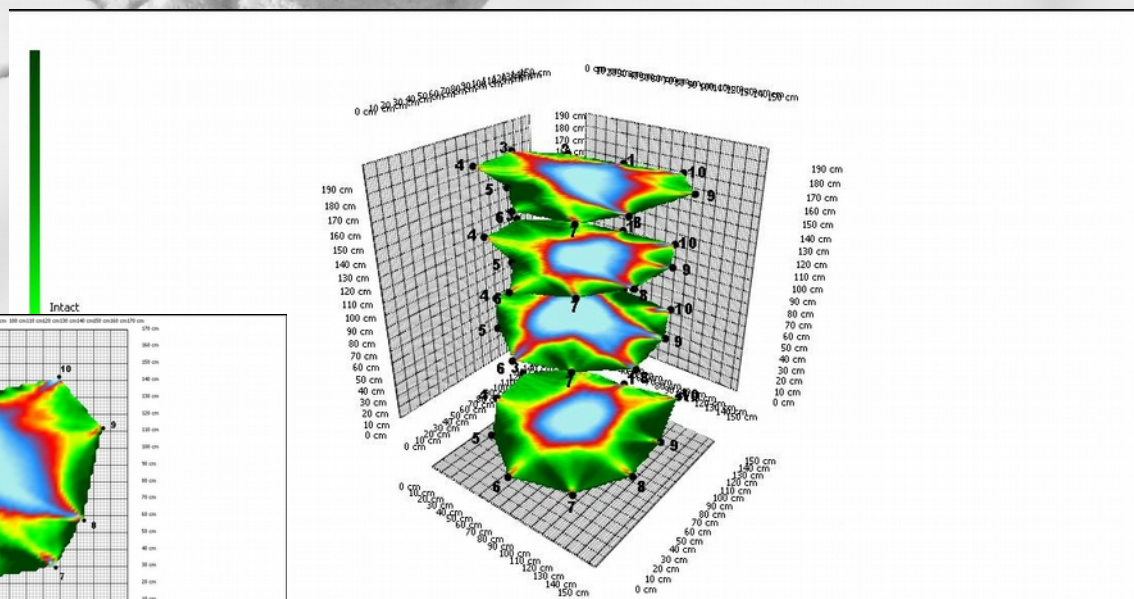
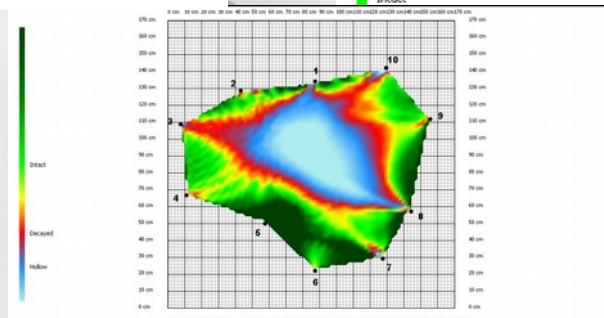
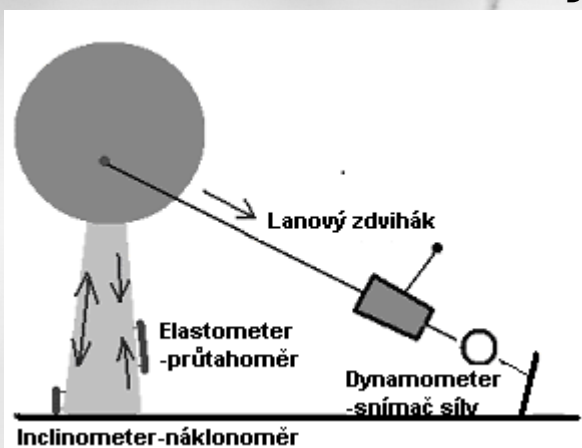


© Ing. Kateřina Nehybová



Přístrojové metody

- Hlavním cílem je zvýšení objektivity informace
- Zvýšení přesnosti odhadu selhání
- Postižení skrytých stavů stromu



Přístrojové metody v arboristice

- Proč přístroje?
- Zařazení přístrojových metod do systému péče
- Základní otázka
- Co je bezpečnost a jak ji vyjádřit
- **Požadavky na metody**
- Principy a charakteristiky vybraných metod



Požadavky na přístrojové metody

- Minimální destruktivita
- Co největší komplexnost měření
- Opakovatelnost
- Snadnost interpretace
- Rychlost měření
- Přijatelná (nízká) cena
- Snadná manipulace
- ...



Výběr vhodné metody

- Hledaná informace!!! (zde pravděpodobnost mechanického selhání)
- Typ selhání
- Charakter a stav jedince
- Možnost interpretace a zpracování dat
- Fyzikální princip
- Dostupnost

I zdánlivě méně vhodné metody (např. penetrografie) mohou poskytnout téměř plnohodnotnou informaci, ovšem za určitou cenu (provrtání stromu).

Kdy sáhnout k přístrojovým metodám

- **Tam, kde vizuální hodnocení není dostatečné**
- Tam, kde hrozí neobjektivní zhodnocení
- Tam, kde je kolize společenských zájmů (?)
- Tam, kde jsou nutná ověřitelná fakta

Jsou přístrojové metody všelék?

- Přístrojové metody mají stejná omezení jako hodnocení vizuální: jsou závislé na principu snímání zvolené veličiny.
- Výsledek metody je závislý na kvalitě interpretace.
- Výsledek je závislý na kvalifikaci měřícího.

Principy základních metod

- Strukturální metody
 - Tomografie akustická
 - Tomografie elektrická impedanční
 - Radar
 - Další (rentgen)
- Základní informace o distribuci materiálu (Geometrie) a jeho vlastnostech

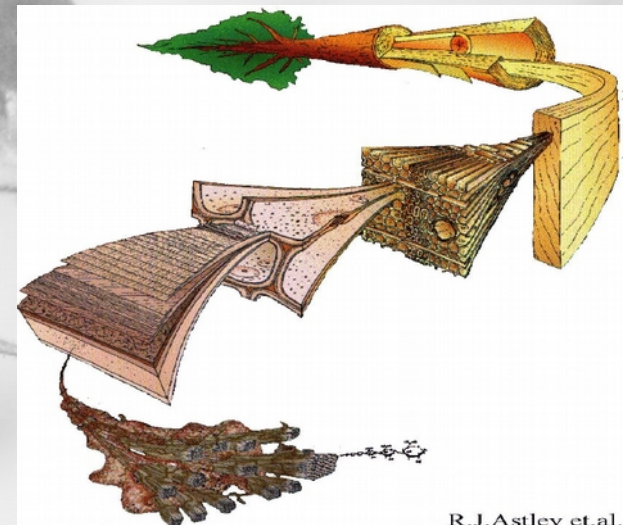
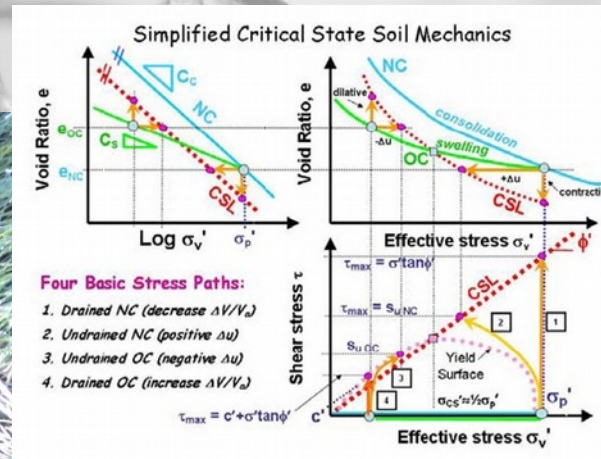
Strukturální metody

- Výhody
 - Jednoduché k prezentaci
 - Relativně nenáročné na obsluhu (AT, EIT)
 - Frekventované
- Nevýhody
 - Bez zátěžové analýzy hrozí chybná interpretace
 - Přílišná „zřejmost“
 - Na některých defektech vadné výsledky – principiálně
 - Nepřímá výpověď: geometrie nemusí vypovídat o pravděpodobnosti selhání

Funkční metody

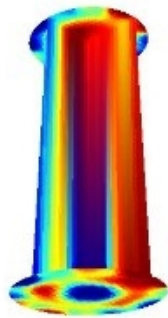
- Tahová zkouška
 - Zjištění pravděpodobnosti zlomení kmene
 - Zjištění pravděpodobnosti vývratu
- Funkční hodnocení stromu – odpovídá přímo na zadanou otázku
- Principem je zjištění reakce stromu na definované zatížení, jeho extrapolace na potenciální zatížení a porovnání s parametrem bezpečnosti.

Principy metod - modelujeme

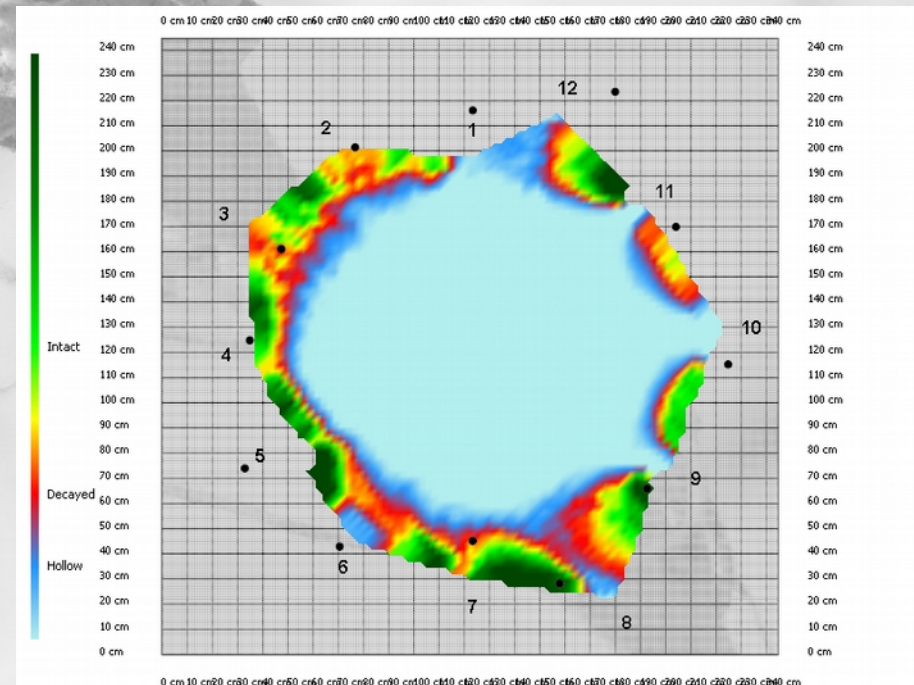


Principy metod – strukturální metody

- Metody strukturální – zobrazují. Kde co je a kde něco není – např. akustická tomografie



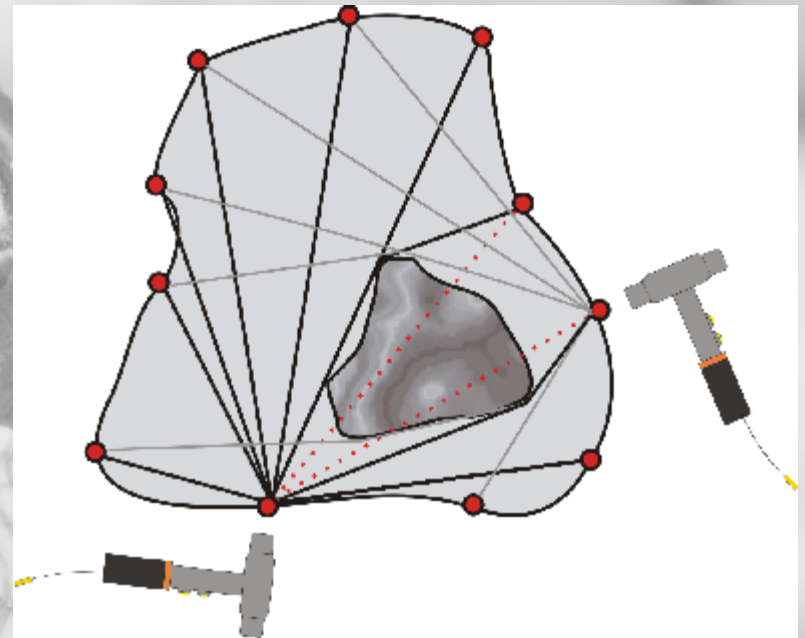
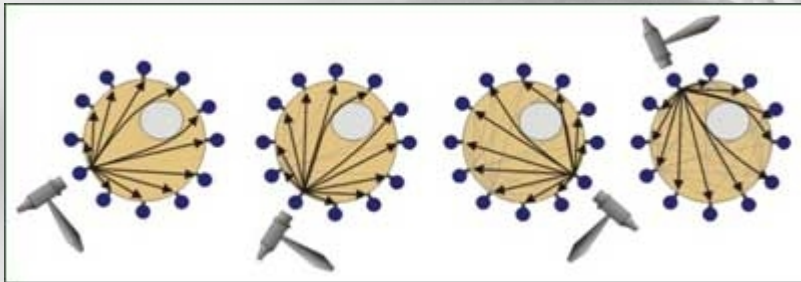
www.PiCUS-Info.com

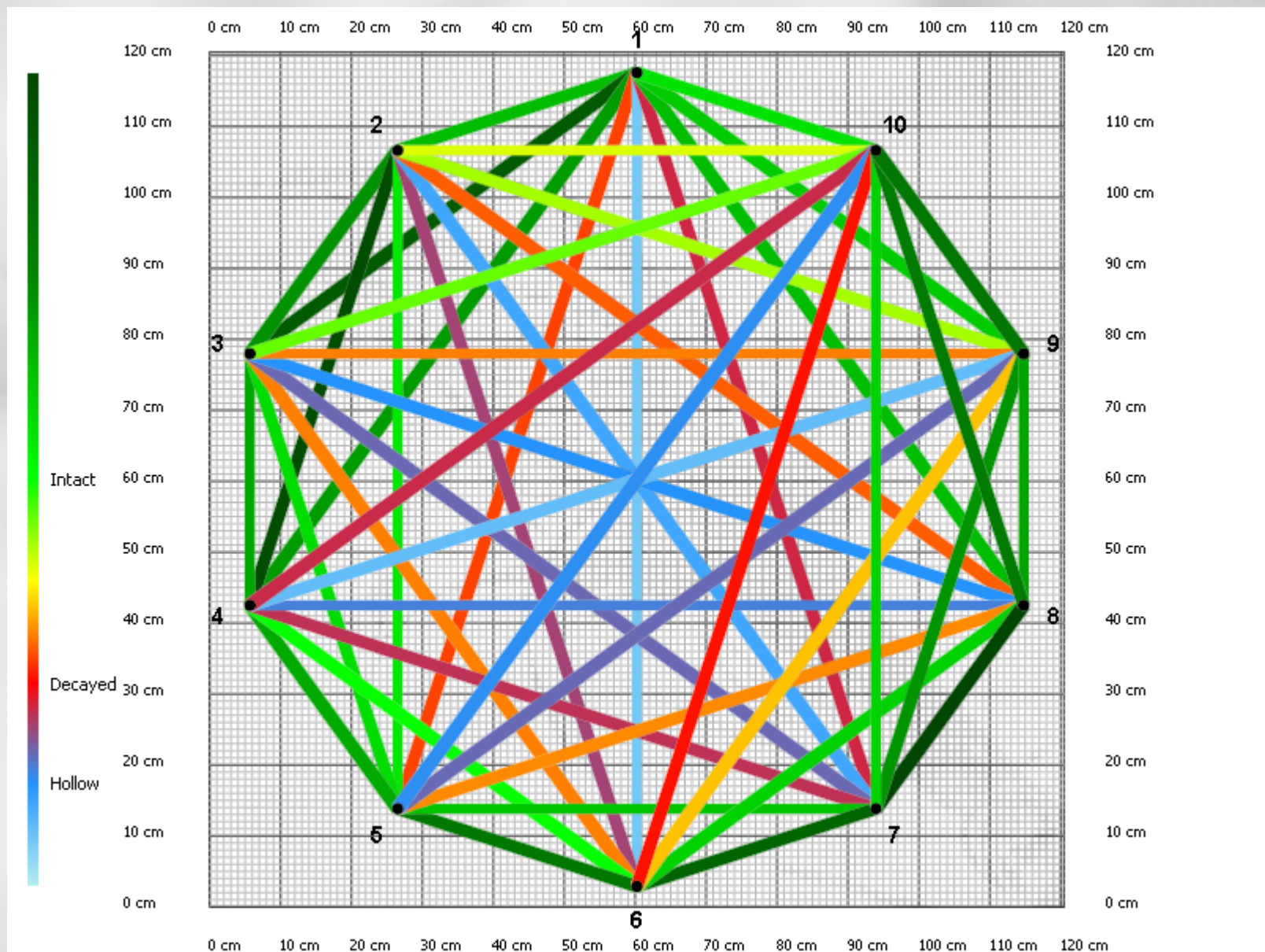


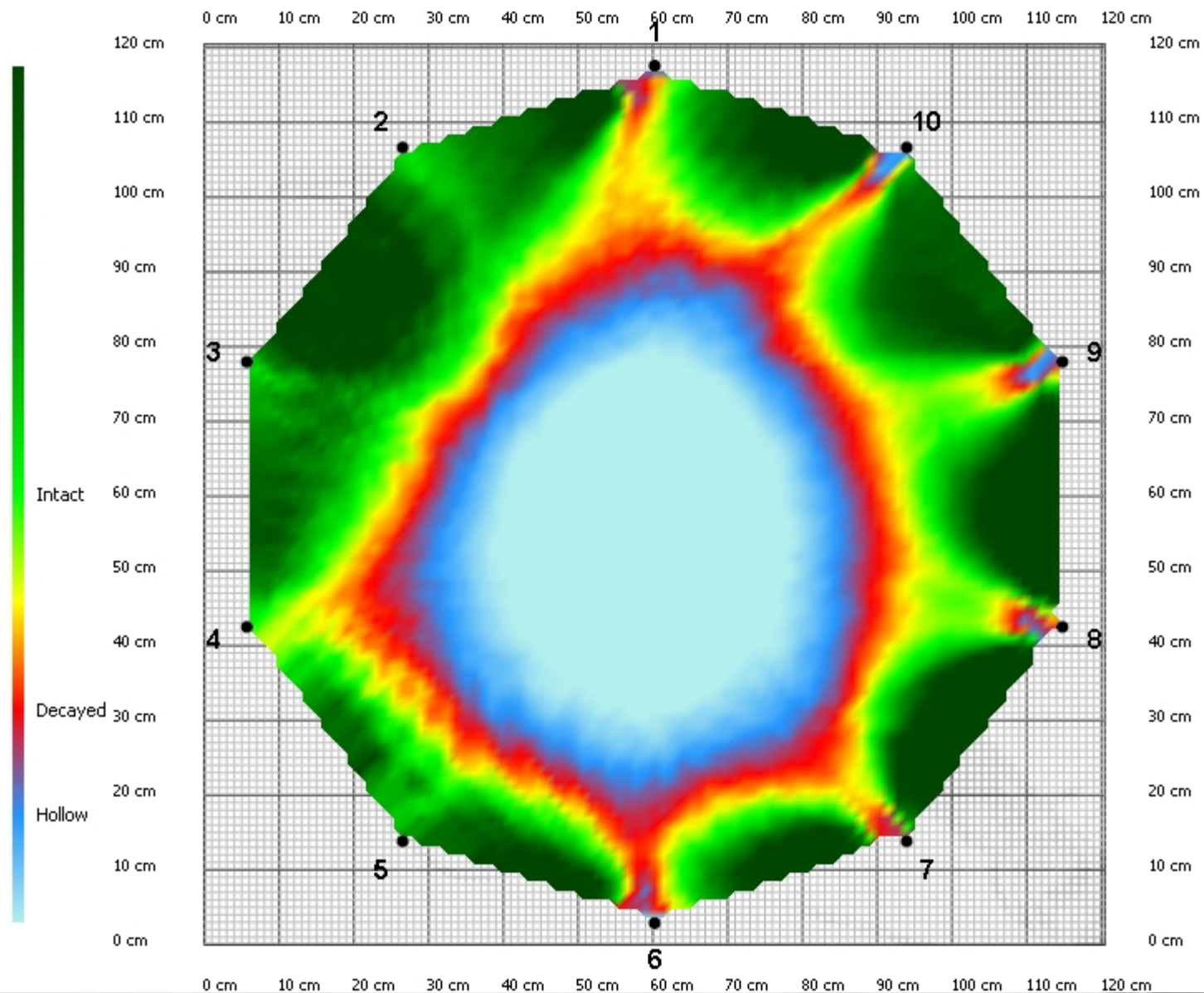
Akustické přístroje

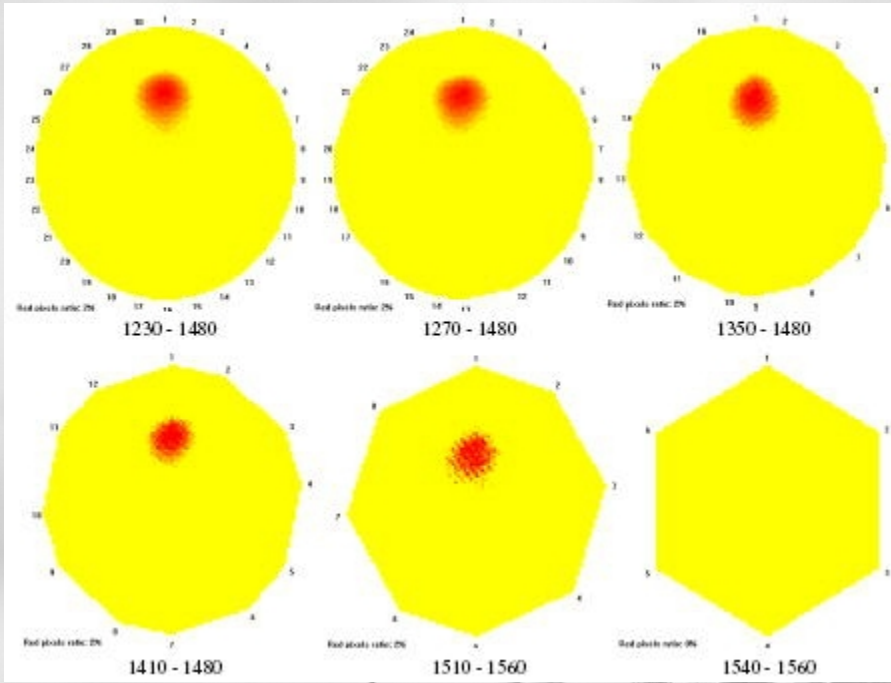
- Principem je zjišťování rychlosti průchodu akustického signálu materiálem
- Rychlost signálu je přímo úměrná tuhosti a nepřímo úměrná hustotě materiálu
- Rychlost je snížena pokud:
 - Je v cestě signálu necelistvost (musí ji obejít)
 - Vlastnosti materiálu (dřeva) jsou rozkladem zhoršeny (snížení tuhosti)

Akustická tomografie









$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

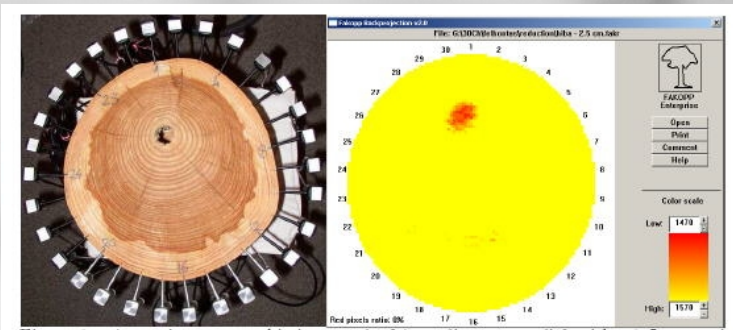


Figure 2a: Acoustic tomographic image of a 34 cm dia. spruce disk with a 2.5 cm cavity (0.5% of the cross-section area.)

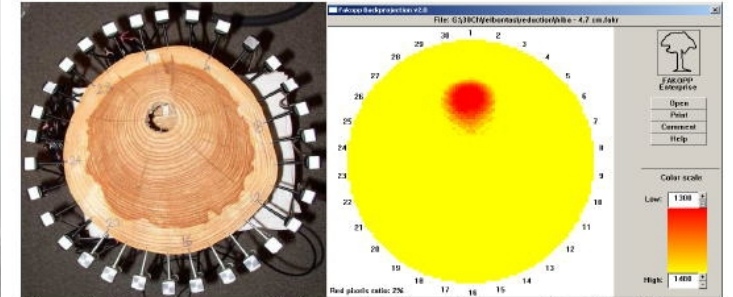


Figure 2b: Acoustic tomographic image of a 34 cm dia. spruce disk with a 4.7 cm cavity (2% of the cross-section area.)

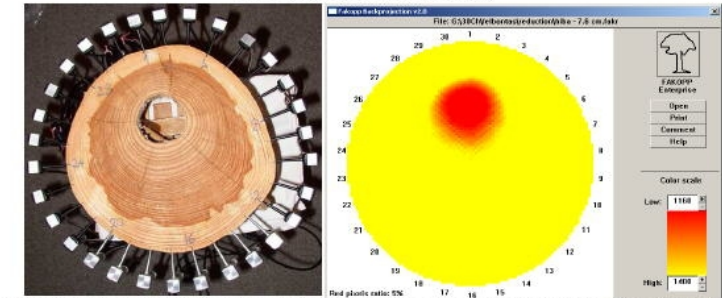


Figure 2c: Acoustic tomographic image of a 34 cm dia. spruce disk with a 7.6 cm cavity (5% of the cross-section area.)

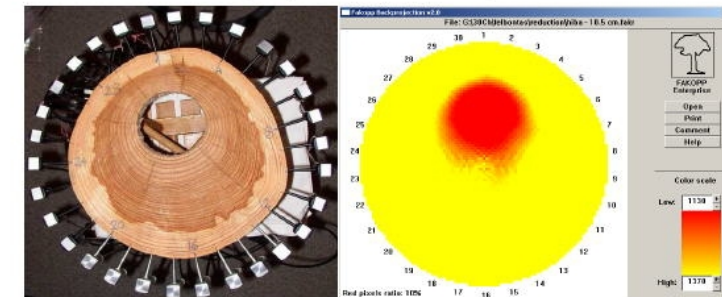
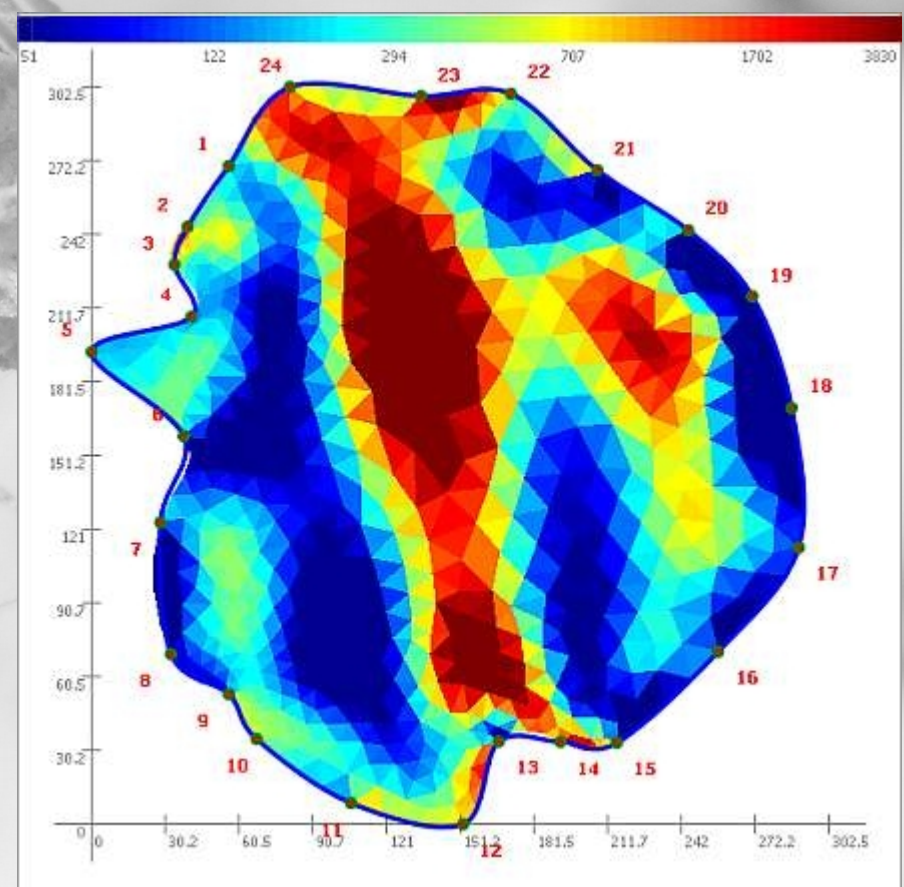
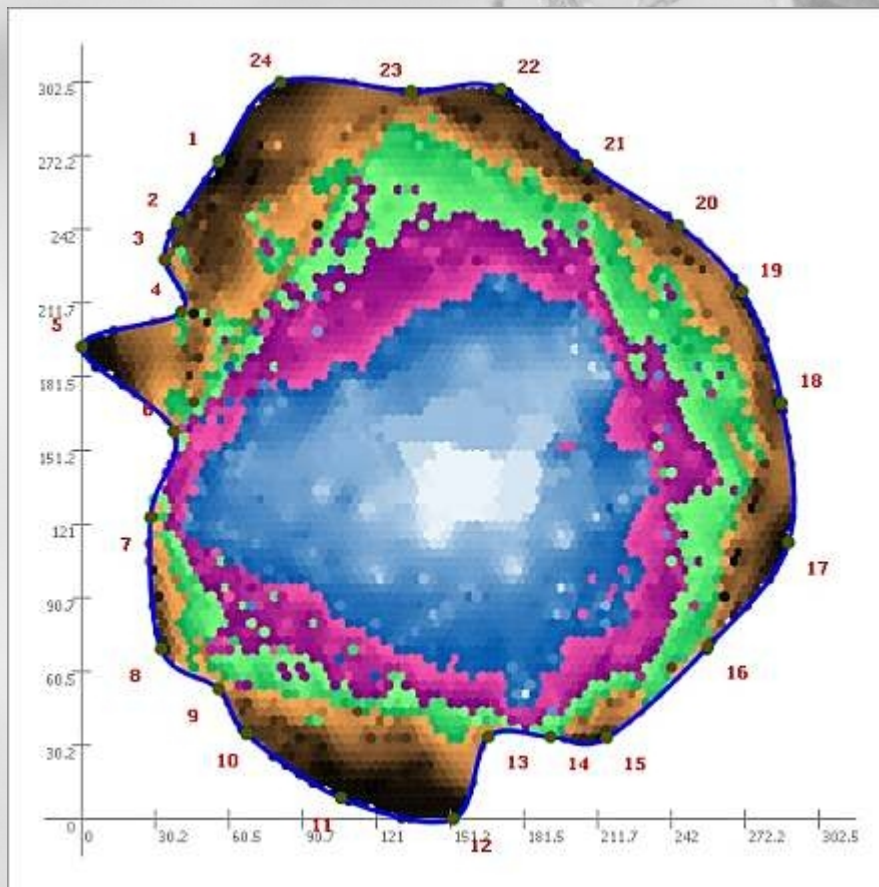
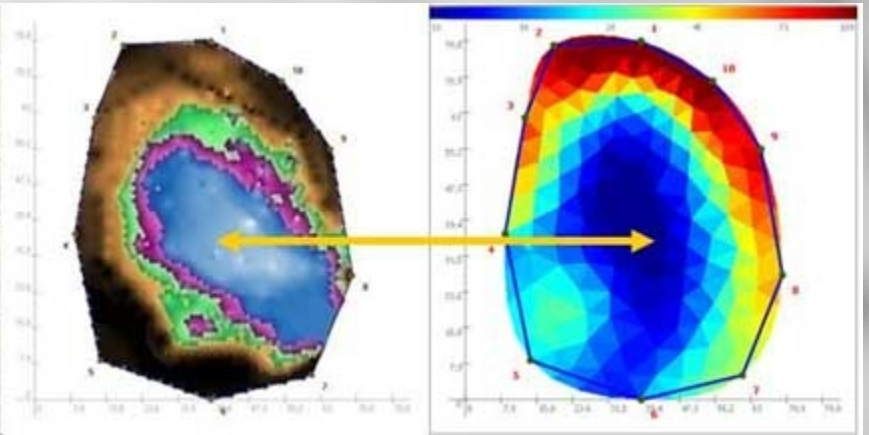


Figure 2d: Acoustic tomographic image of a 34 cm dia. spruce disk with a 10.7 cm cavity (10% of the cross-section area.)

EIT



Další metody – radar



Další metody – radar

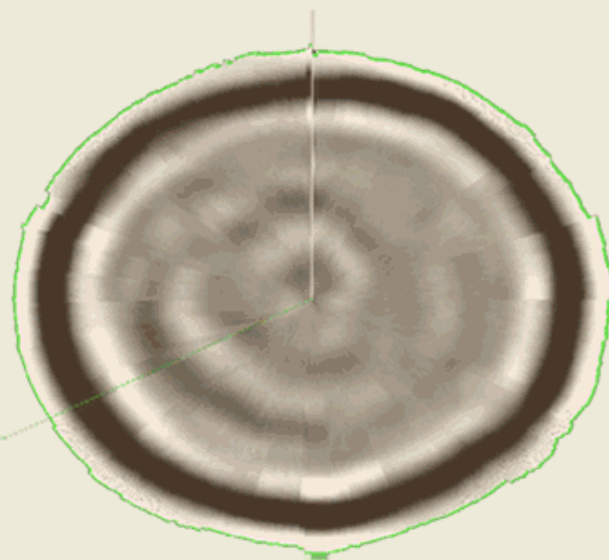
THE UNIVERSITY OF MARYLAND
ARBORETUM AND BOTANICAL GARDEN



Tree 830
4' Sawcut

Decay Detection 1

THE UNIVERSITY OF MARYLAND
ARBORETUM AND BOTANICAL GARDEN



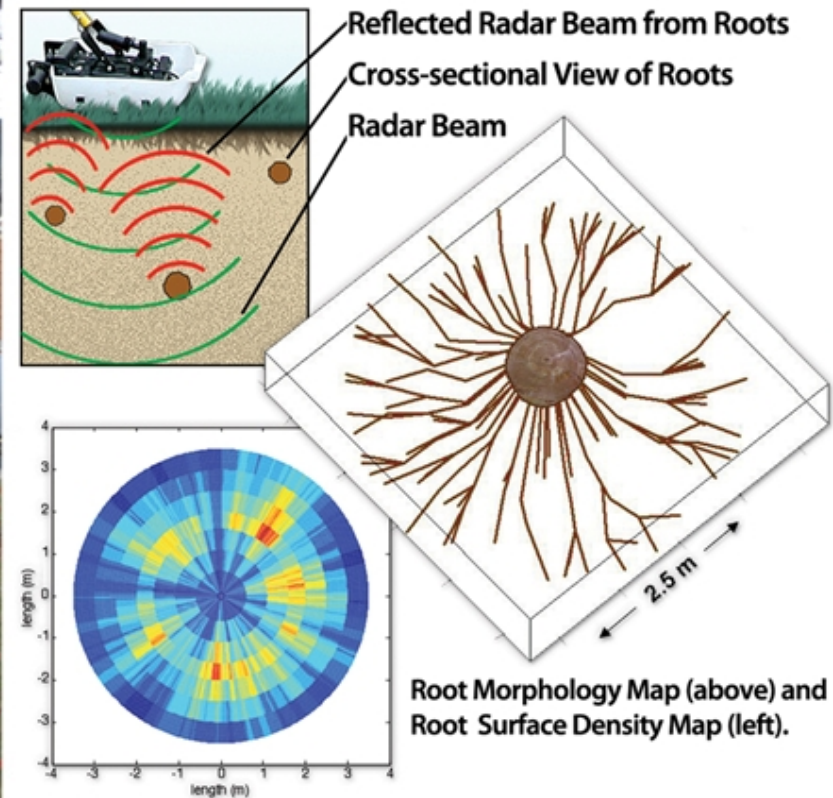
Grayscale

THE UNIVERSITY OF MARYLAND
ARBORETUM AND BOTANICAL GARDEN



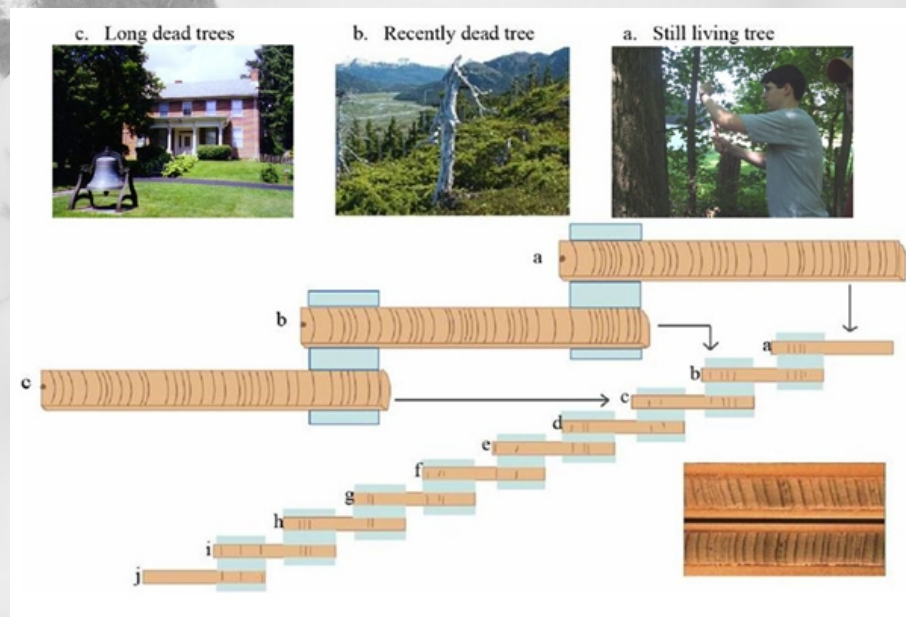
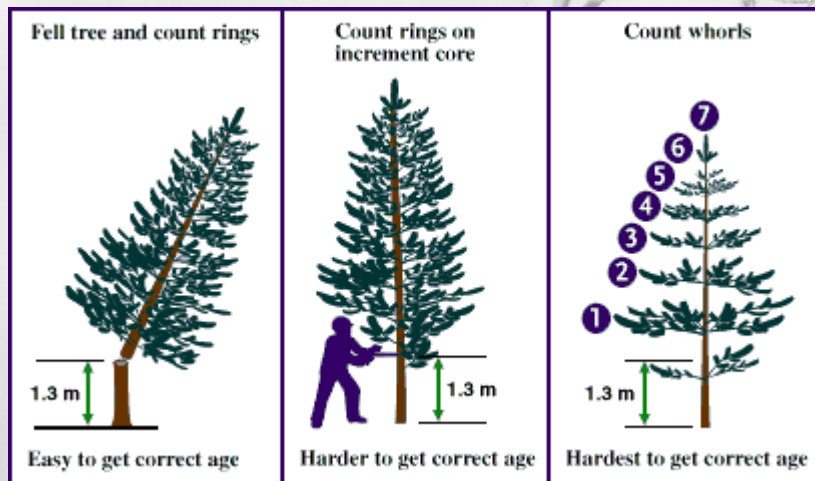
Decay Detection Outline

Radar – detekce kořenů

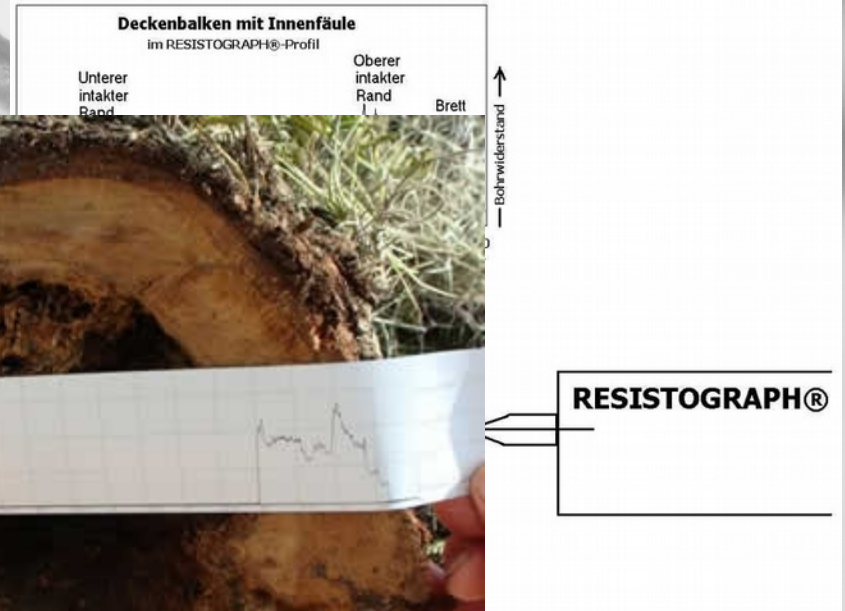


Penetrometrická měření

- Jsou založena na odebírání materiálu a jeho analýze. Objekt je provrtán – penetrován.
 - Nejstarší metody – přírůstové nebo zezy, lze využít pro dendrochronologické analýzy
 - Inteligentní vrtačky, resitografy – zařízení měřící odpor proti vrtání.



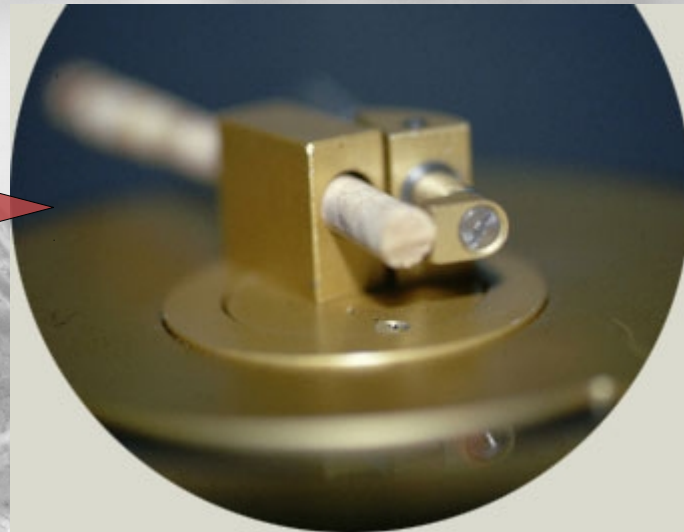
Penetrografy



Penetrografy



Penetrografy



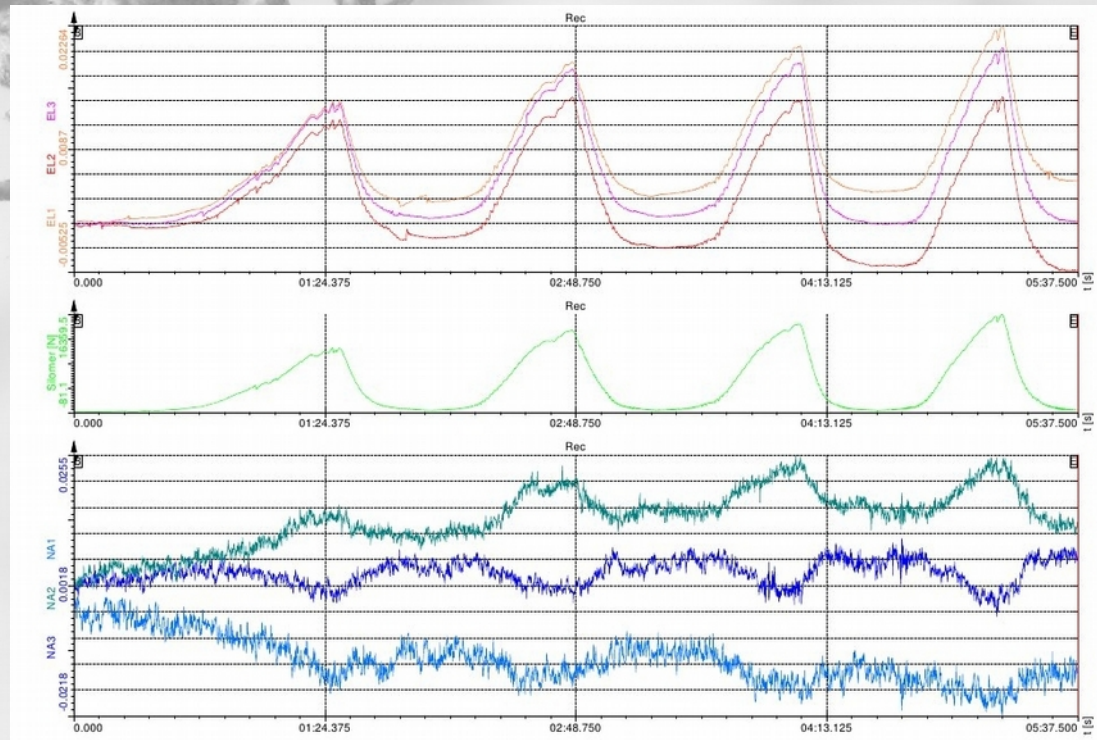
Fractometer 2



Principy metod – metody funkční

- Metody funkční – jak co plní/neplní svoji funkci

Tahová zkouška je typickým představitelem funkčního hodnocení.



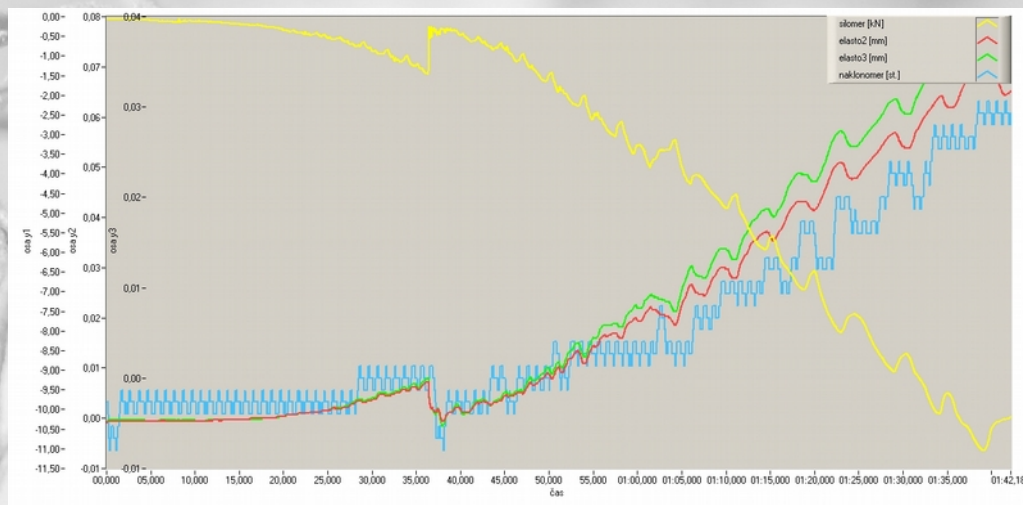
Tahové zkoušky - postup



- Tři kroky
 - Měření
 - Zátěžová analýza
 - Přepočet a hodnocení

Zátěžová analýza slouží k zjištění potenciálního zatížení stromu při zvolených podmínkách (u nás 12 ° Beauforta, 33 m/s)

Tahové zkoušky - postup



Měří se:

- síla,
- deformace dřeva kmene,
- náklon báze stromu

Výsledkem je:

- pravděpodobnost zlomu kmene
- pravděpodobnost vývratu

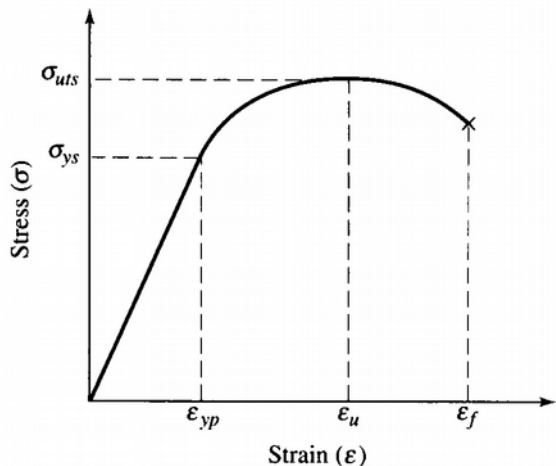
Tahové zkoušky - zlom



Měří se:

- síla,
- deformace kmene,

Je vypočtena poměrná deformace, která je po extrapolaci porovnávána s tzv. deformací na mezi úměrnosti dřeva



Mez úměrnosti je zatížení, kdy dochází ke vzniku prvních plastických deformací. Od tohoto bodu je dřevo považováno za poškozené.

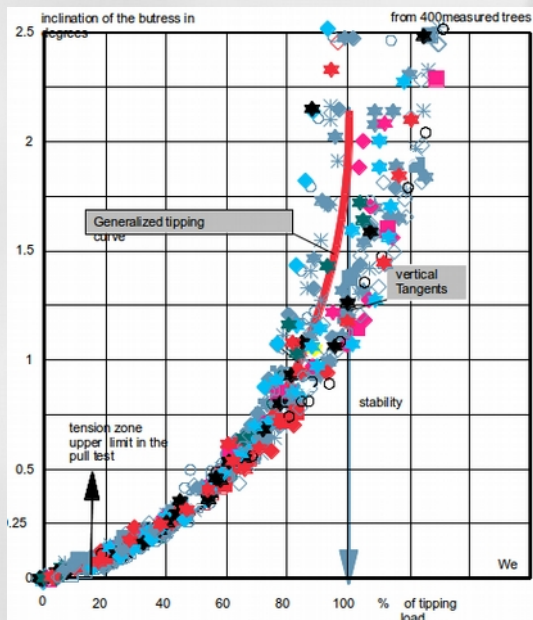
Tahové zkoušky - vývrat



Měří se:

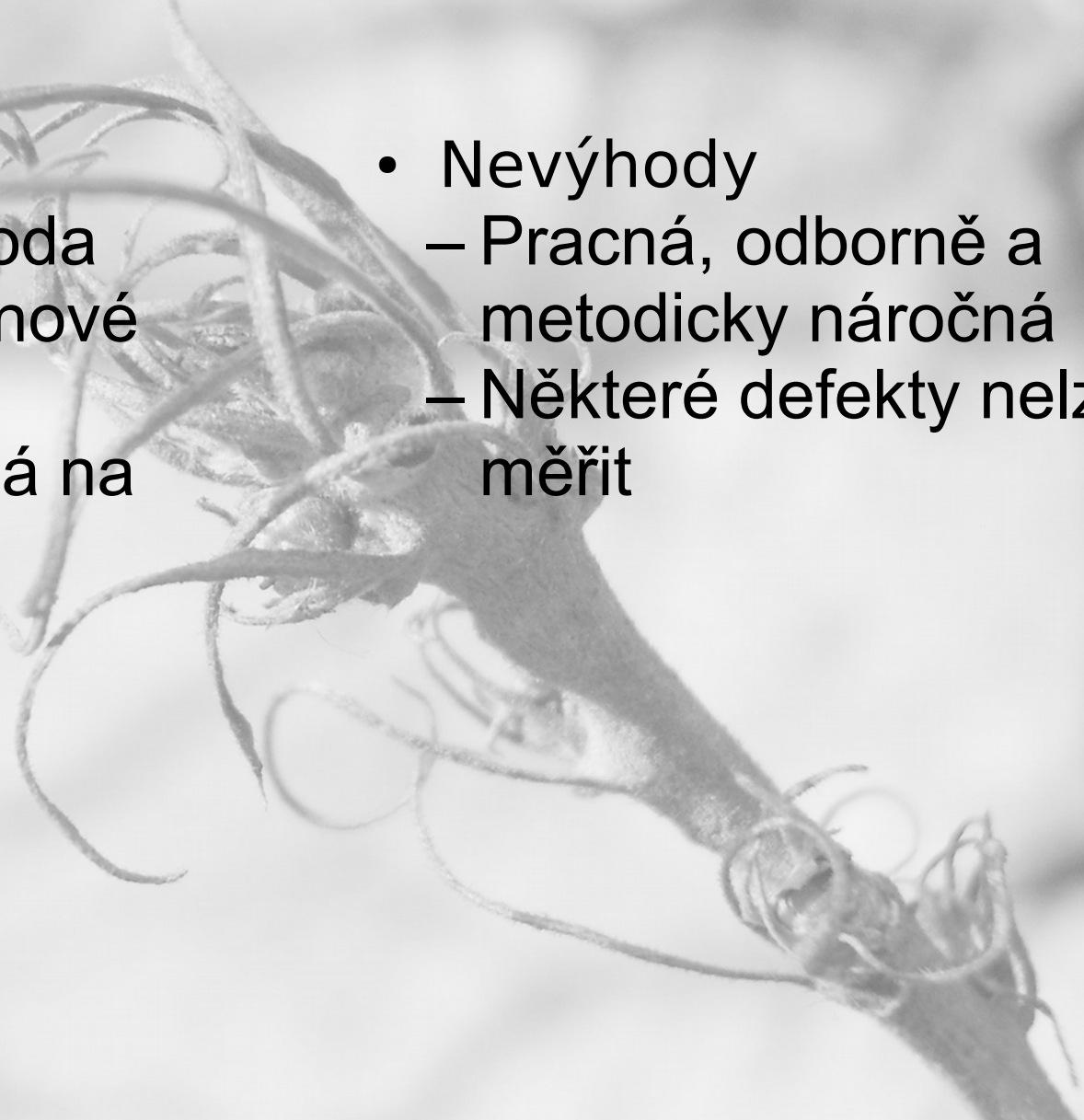
- síla,
- náklon báze stromu

Základní teorie, zpracovaná dr. Wessolym na základě empirických dat tvrdí, že podle reakce při určitém malém zatížení, definovaném ale náklonem, lze vypočítat náklon při potenciálním zatížení a ten pak komparovat s experimentálně zjištěnou nelineární funkcí, popisující průběh vyvrácení stromu, která má, dle autora, obecnou platnost.



Tahová zkouška

- Výhody
 - Přímá metoda
 - Měří i kořenové systémy
 - Jednoduchá na pochopení
- Nevýhody
 - Pracná, odborně a metodicky náročná
 - Některé defekty nelze měřit





Kdy co použít?



Poškození kořenového systému

- Není viditelné, tudíž vizuálně nezhodnotitelné
- Samotný fakt odebrání byť významné části KS nemusí znamenat **kritické** snížení stability stromu
- I strom s intaktním KS může být náchylný k vývratu.

Poškození kořenového systému

- Tahová zkouška stanovuje přímo tuhost kořenového systému, tedy vlastnost fyzikálně nejbližší pevnosti KS.
- Metody založené na lokalizaci kořenů nemusí podávat informaci dostatečnou pro zhodnocení stability
- Akustická tomografie kmene může nepřímo ukázat na poškození KS

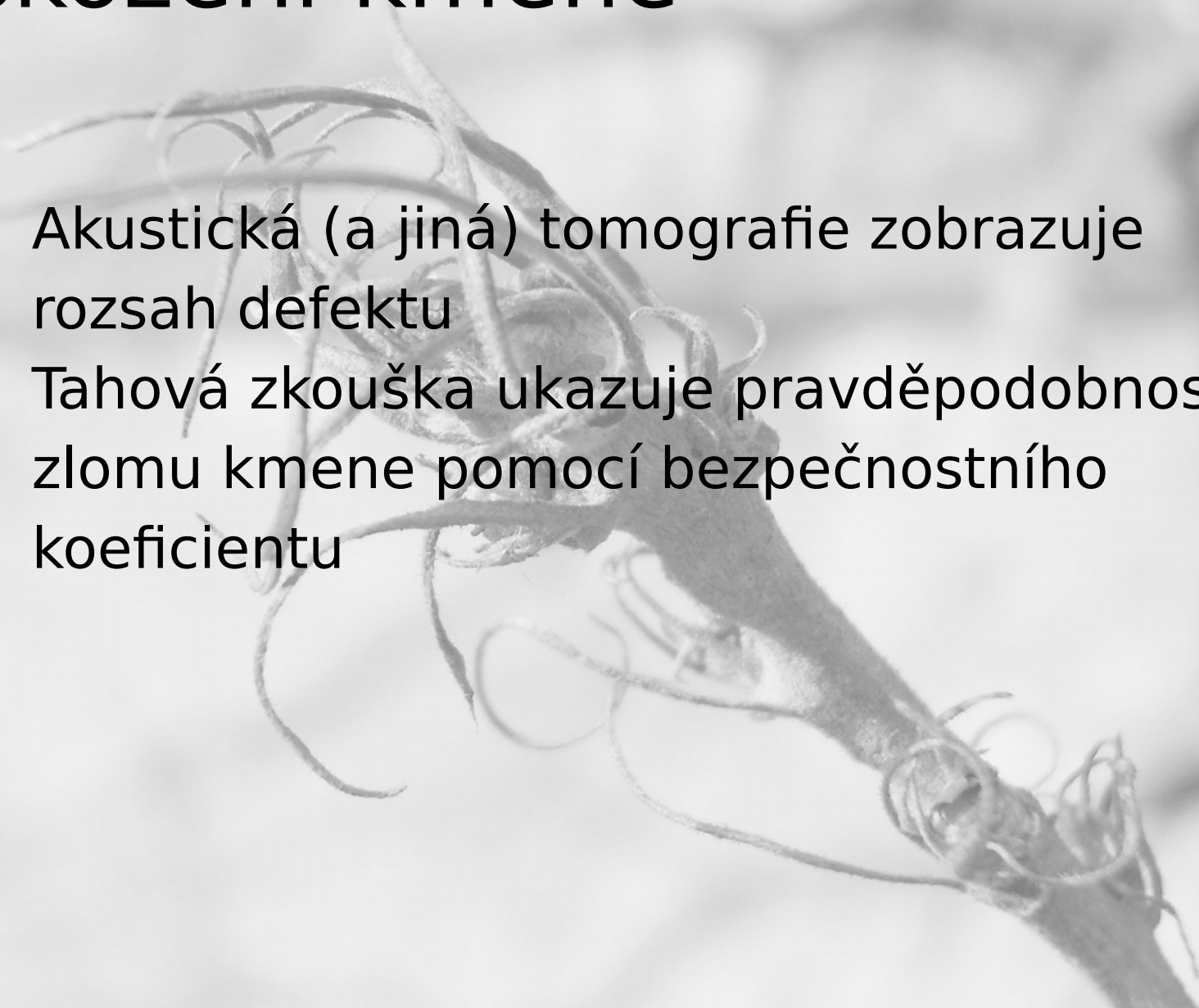
Poškození kmene



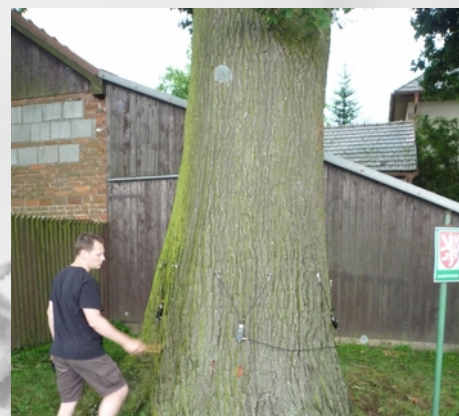
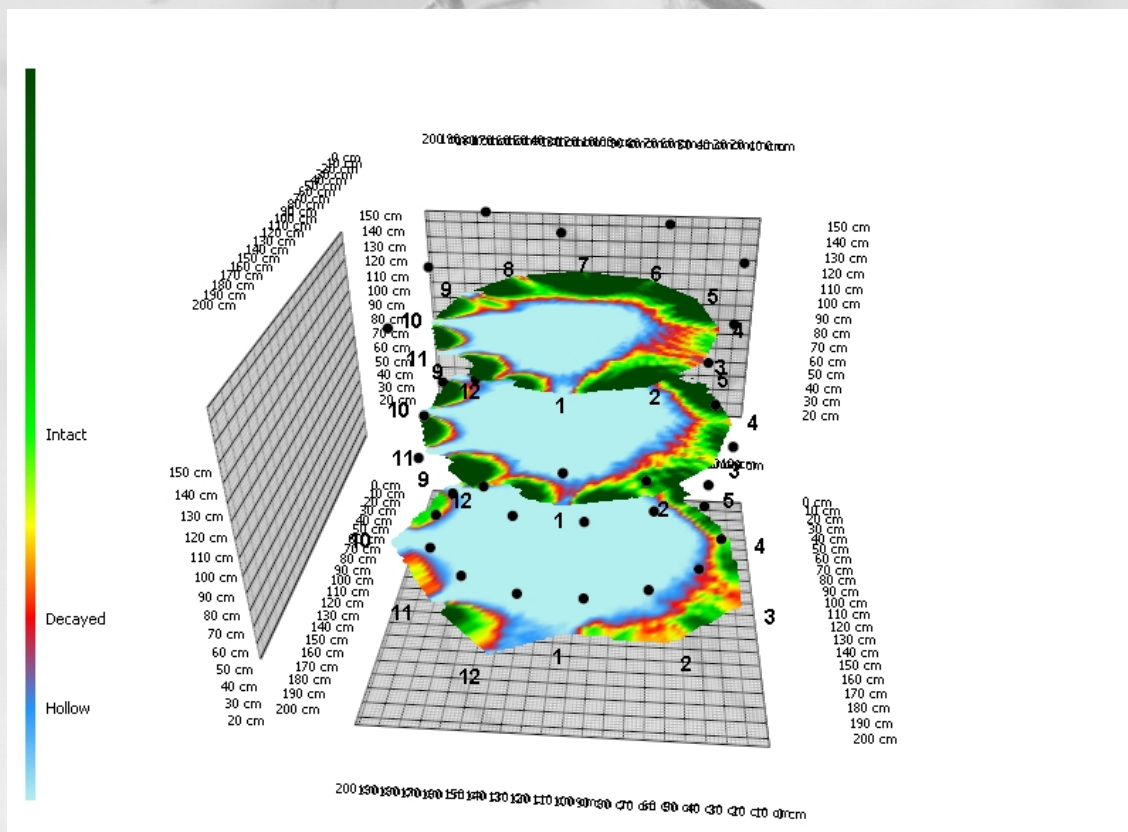
- Akustická (a jiná) tomografie a další zobrazovací metody, informují o tvaru průřezu.
- Tahová zkouška zjišťuje tuhost v místě měření a tudíž podává nepřímou informaci o pravděpodobnosti selhání. Vlastnosti jsou dobře korelované

Poškození kmene

- Akustická (a jiná) tomografie zobrazuje rozsah defektu
- Tahová zkouška ukazuje pravděpodobnost zlomu kmene pomocí bezpečnostního koeficientu



Případová studie 1.



Pozice	Výška [m]	Rozložená plocha	Bezpečnostní faktor
1	0,2	90 %	539 %
2	1,0	67 %	1361 %
3	1,5	52 %	1227 %

Případová studie 1.



Pozice	Průměr (bez borky) [cm]	Bezpečnost proti zlomu kmene [%]	Bezpečnost proti vývratu [%]
0,7 m	178	1744	724 / 623 / 1112
1,9 m	134	1739	
2,5 m	120	1503	

Případová studie 2.

- Buk lesní, HK

Tento typ defektu klade velkou otázku, kterou metodu použít. Pro ověření nelze aplikovat ani pouze tahovou zkoušku, ani pouze tomografickou techniku.



Případová studie 3.

- Suché vrstvy dřeva

Fyzikální princip metody akustické tomografie neumožňuje detekovat správně rozsah tohoto typu defektu.



Defekty větvení

- Akustická tomografie
- Tahová zkouška z principu nemůže stanovit bezpečnost větvení.
- Penetrometrická měření



Kdy není třeba použít přístrojové metody

- Přístrojové metody nemají být trumfem ve při s ekologickými aktivisty (samosprávou, ČIŽP, AOPK ČR,...)
- Přístrojové metody by neměli být poslední možností jak se zbavit havarijního stromu
- Přístrojové metody nejsou cestou k pokácení stromu, ohrožující okapové svody.

Kdy není třeba použít přístrojové metody





Přístrojové metody nemohou
nahradit zdravý selský rozum.





V podobných případech je aplikace přístrojové metody zcela zbytečná. Perspektivita a stabilita stromu je zcela mimo diskuzi a vyžadovat potvrzení některou přístrojovou metodou není (by nemělo být) přijatelné. Navíc, například akustický tomograf by v tomto případě mohl ukázat zcela zdravý strom.



Která metoda je NEJLEPŠÍ

- Šetrná (neohrozí strom, lze měření opakovat ve stejném místě)
- Rychlá (a tím i levná)
- Jednoduchá na obsluhu
- ...



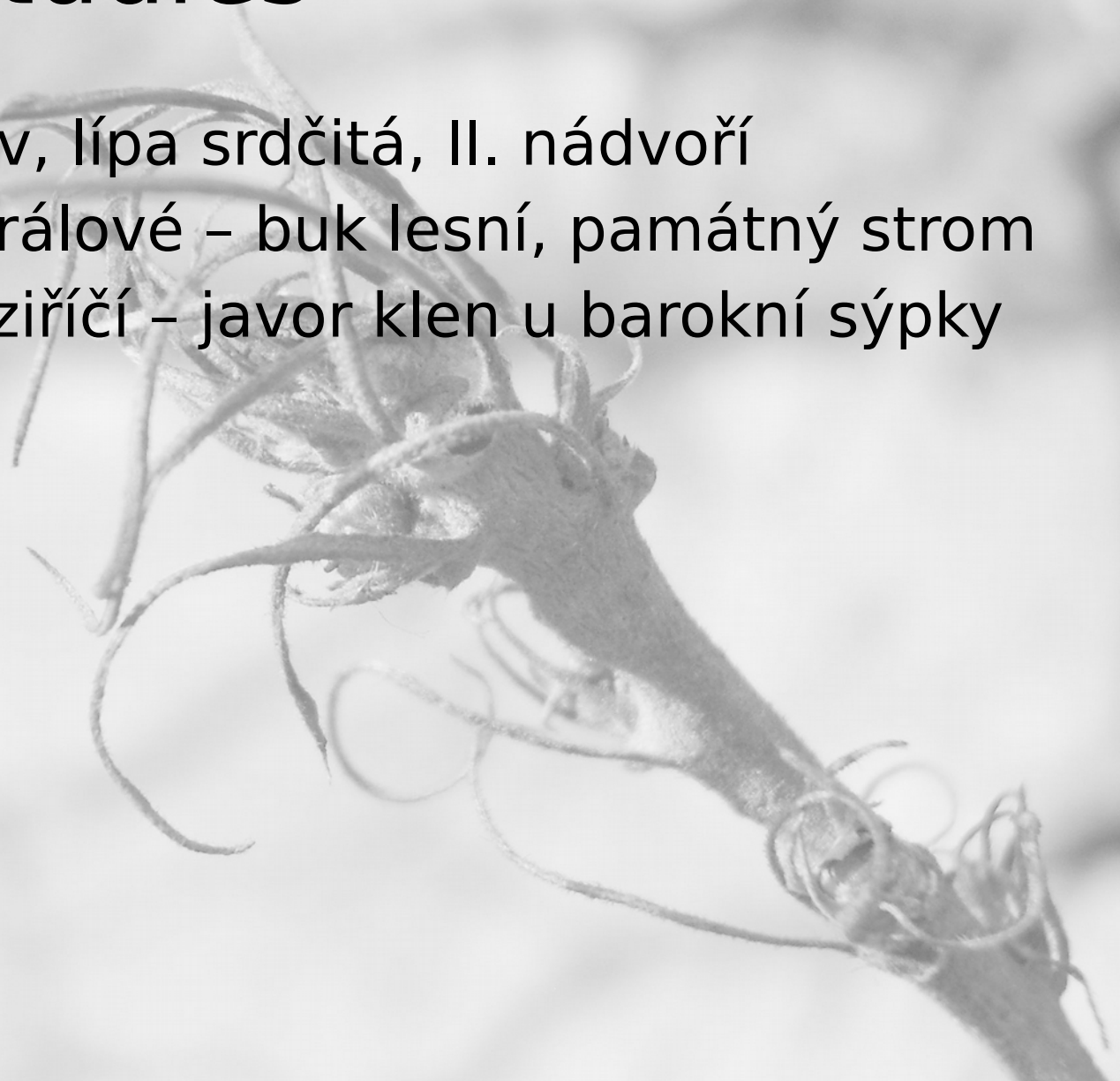
Určit jednoznačně nejlepší metodu nelze. Výběr vhodné metody závisí na i) informaci, kterou hledám, ii) typu poškození a iii) fyzických omezeních stanoviště, metody. V některých případech přístrojová metoda podá informaci srovnatelnou s vizuálním hodnocením. Někdy podává informaci mnohonásobně lepší. Někdy podá informaci zcela zavádějící.

Případové studie



Case studies

- Č.Krumlov, lípa srdčitá, II. nádvoří
- Hradec Králové – buk lesní, památný strom
- Velké Meziříčí – javor klen u barokní sýpky



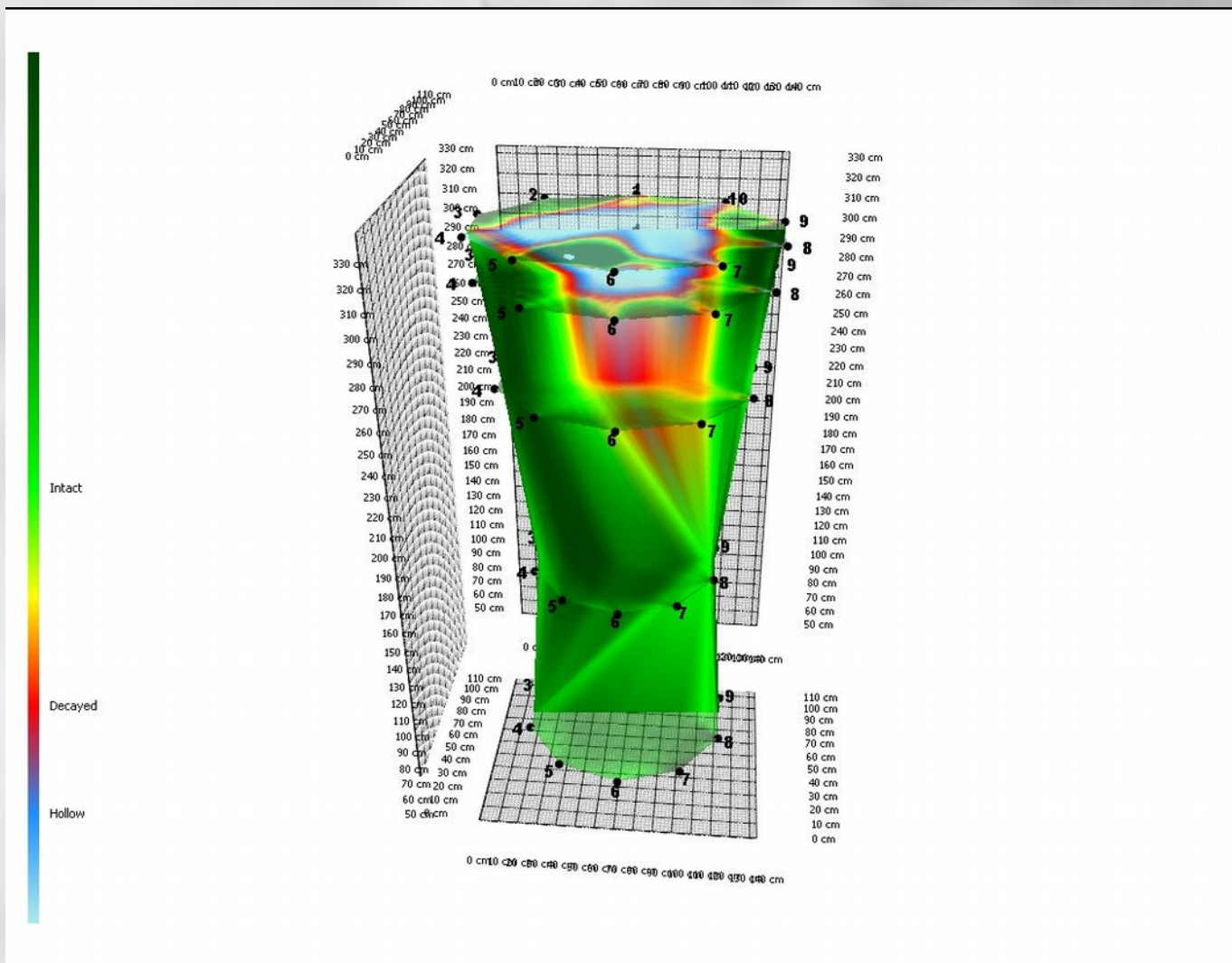
Český Krumlov



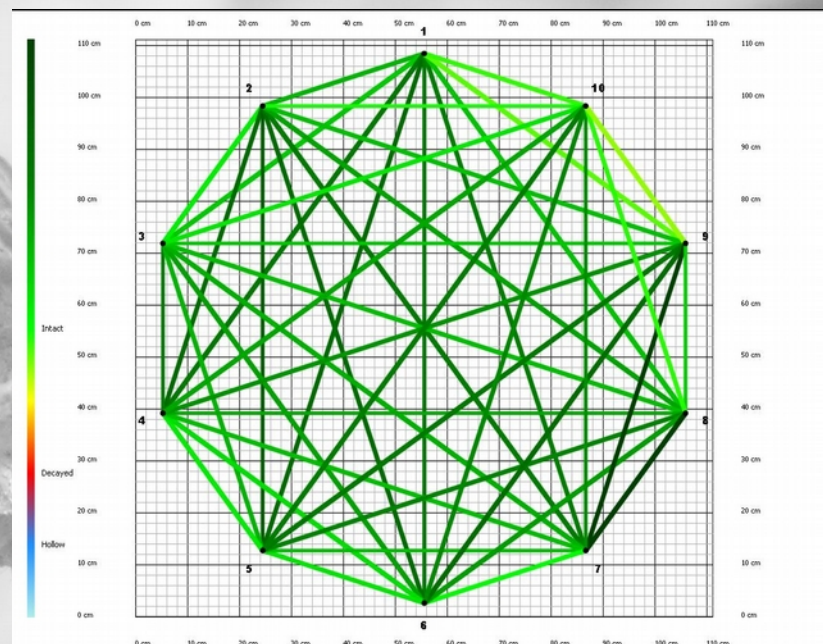
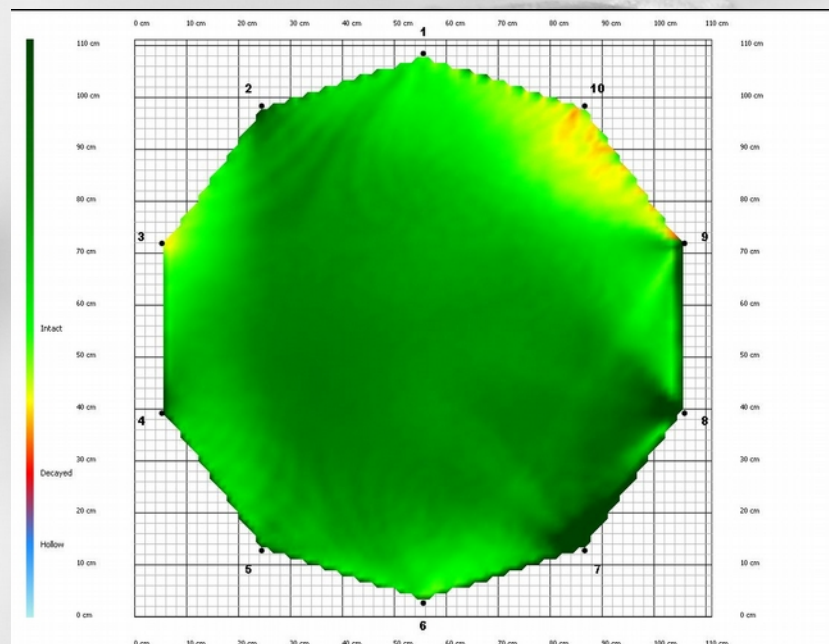
Český Krumlov



Český Krumlov

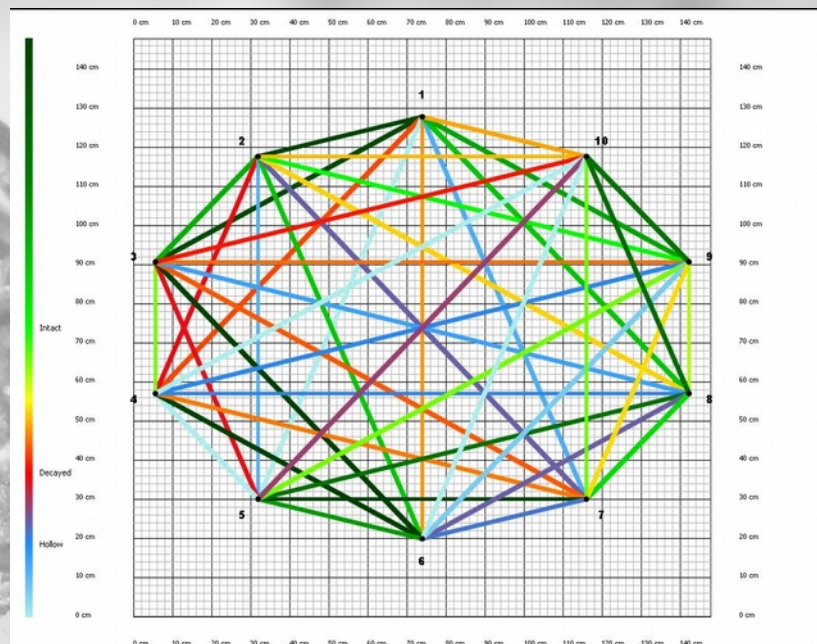
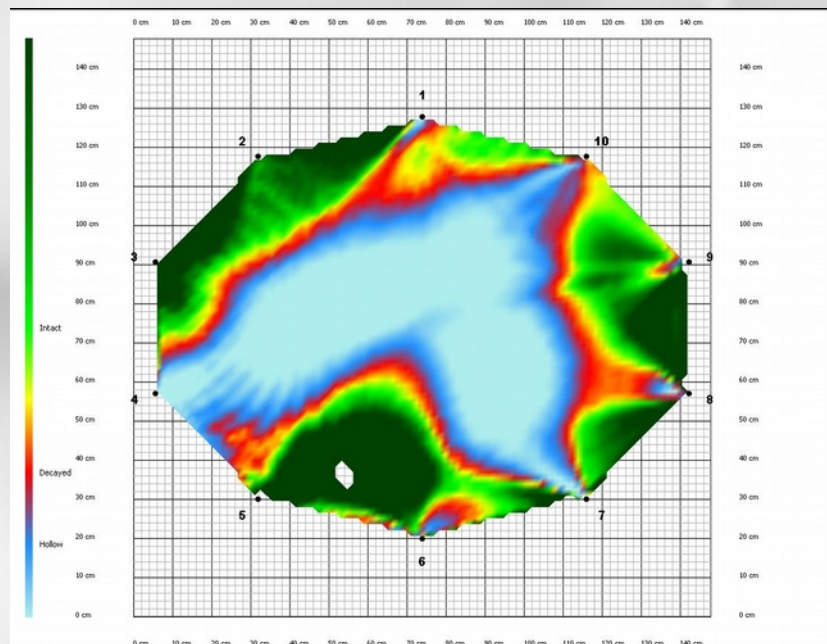


Český Krumlov



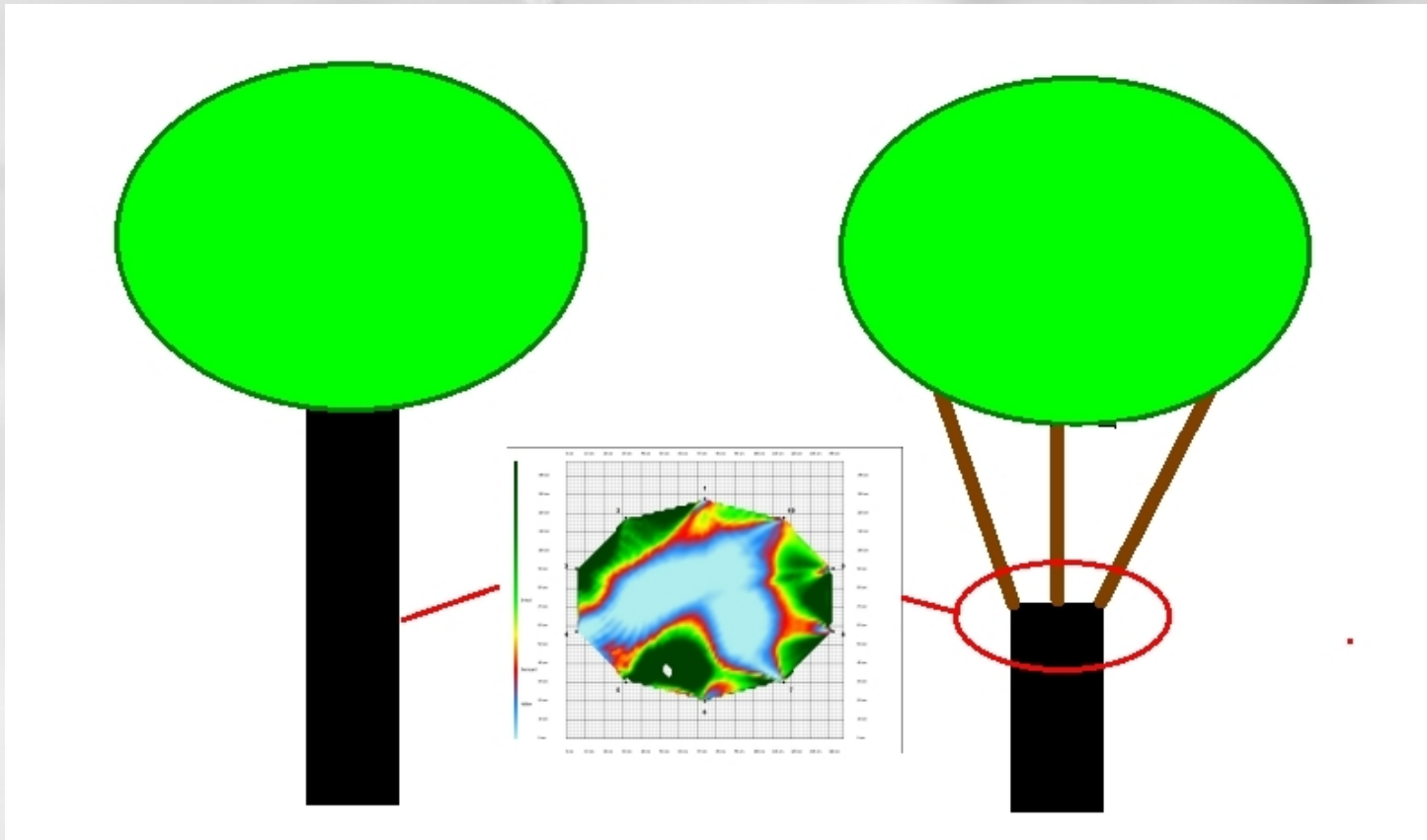
Báze kmene stromu bez významných poškození. Síťový diagram umožňuje identifikovat hlavní směry nespojitostí průřezu, na jeho základě je vytvořen obrázek průřezu kmene

Český Krumlov

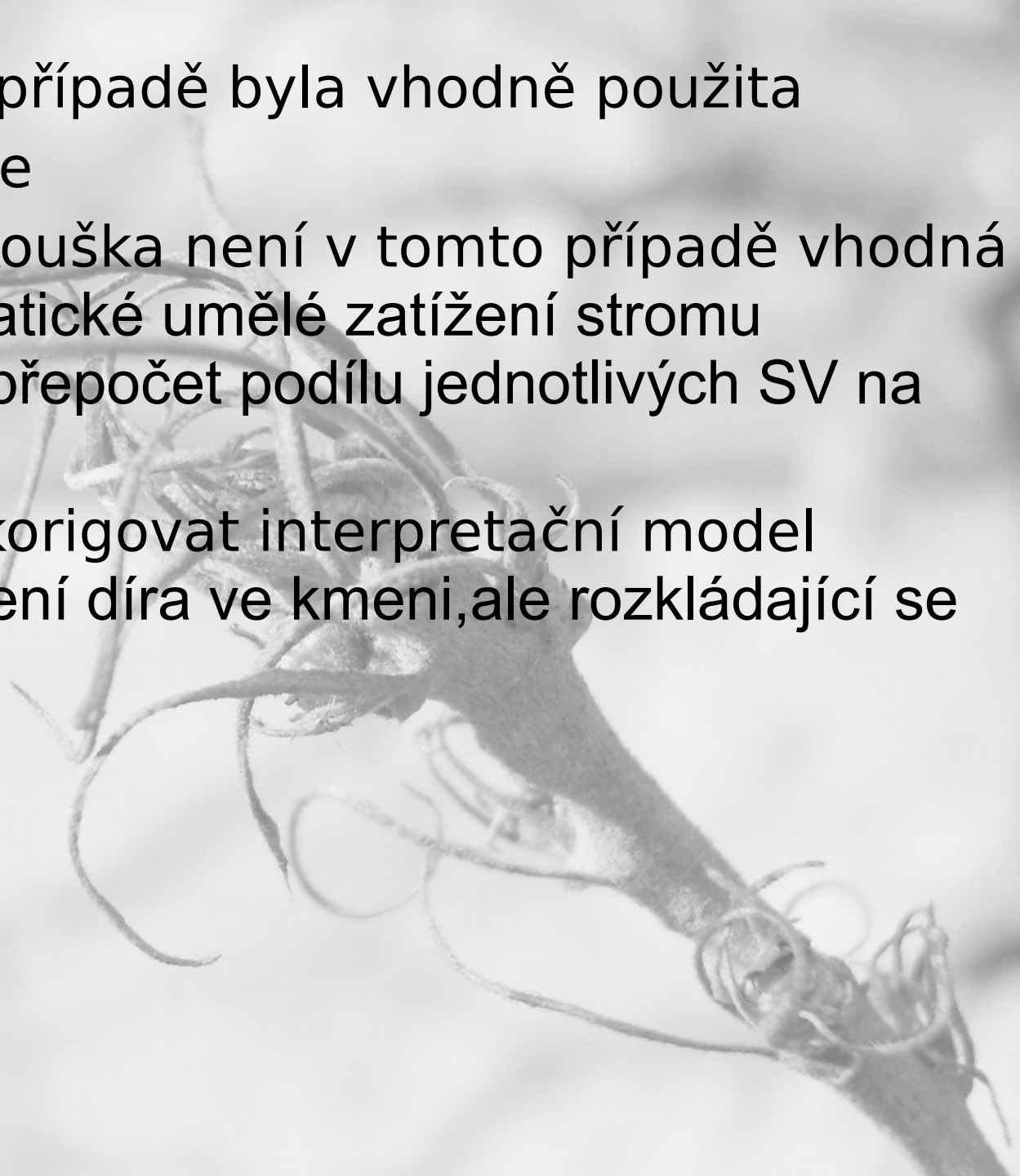


Hlavní větvení s rozsáhlým poškozením. Model předpokládající průběžný kmen udává bezpečnost přes 1000 %. Při správné mechanické interpretaci je nutné průřez uznat jako rizikový.

Český Krumlov



- V daném případě byla vhodně použita tomografie
- Tahová zkouška není v tomto případě vhodná
 - Problematické umělé zatížení stromu
 - Obtížný přepočet podílu jednotlivých SV na zatížení
- Je nutné korigovat interpretační model
 - Defekt není díra ve kmeni, ale rozkládající se úžlabí



Hradec Králové





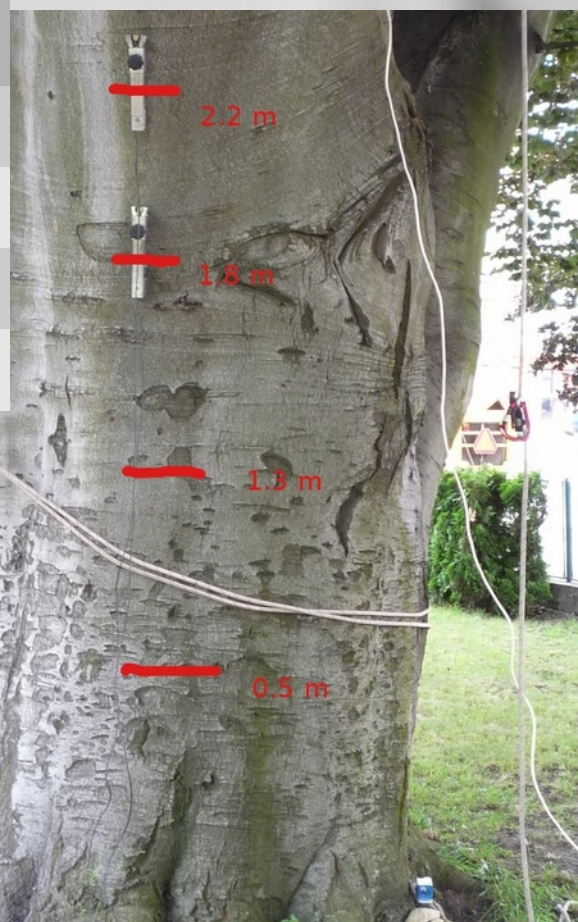
Meripilus giganteus

Tyromyces fissilis
(bělochoroš
jabloňový)



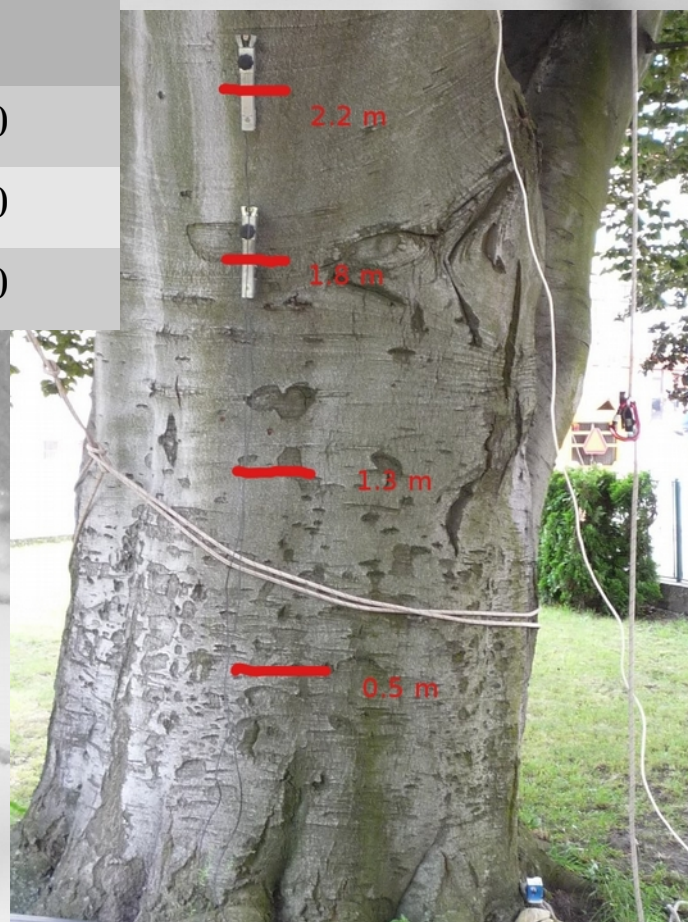
Hradec Králové 2009

Pozice	Průměr (bez borky) [cm]	Bezpečnost proti zlomu kmene [%]	Bezpečnost proti vývratu [%]
0,5 m	158	722	76/87
1,3 m	127	-	76/87
1,8 m	127	831	76/87

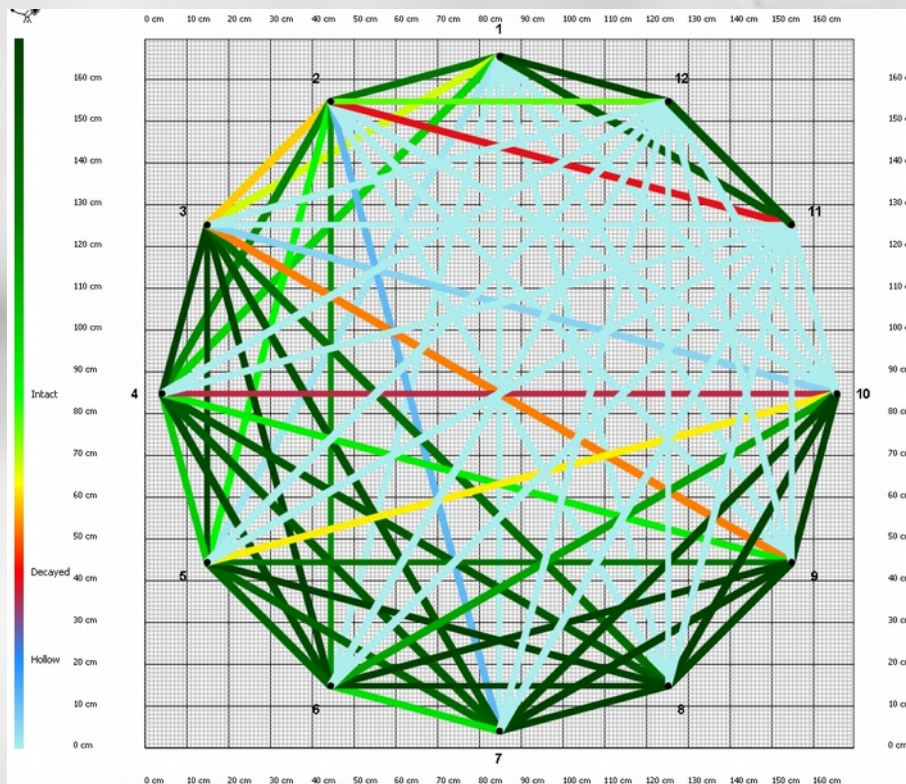


Hradec Králové 2011

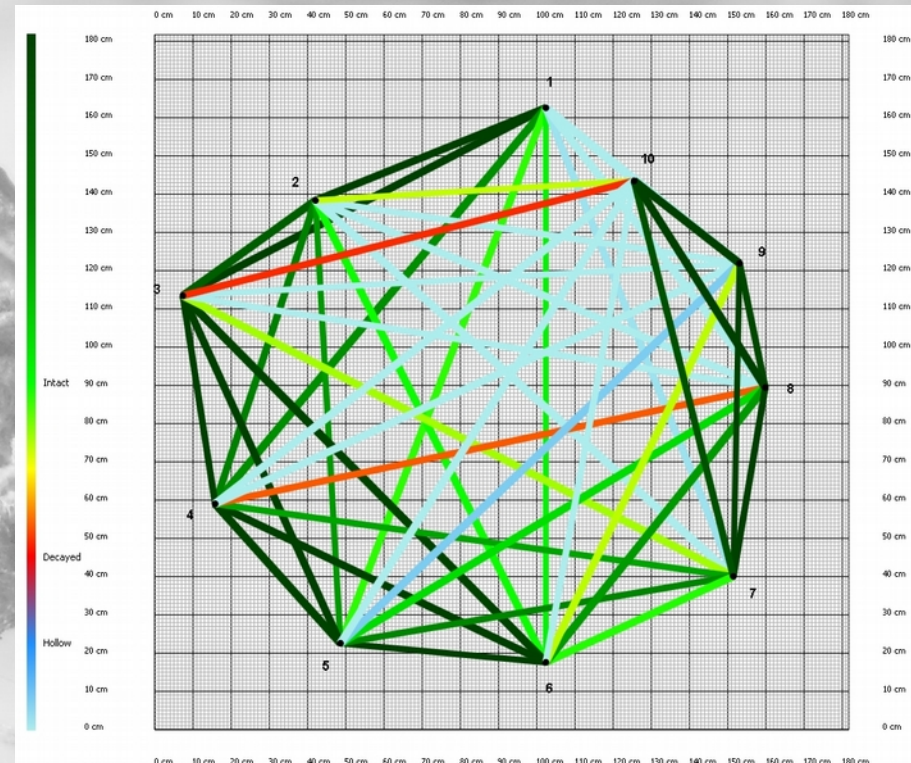
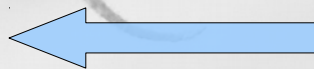
Pozice	Průměr (bez borky) [cm]	Bezpečnost proti zlomu kmene [%]	Bezpečnost proti vývratu [%]
0,5 m	158	197	61/90
1,3 m	127	281	61/90
2,0 m	127	261	61/90



Hradec Králové 0,2 m

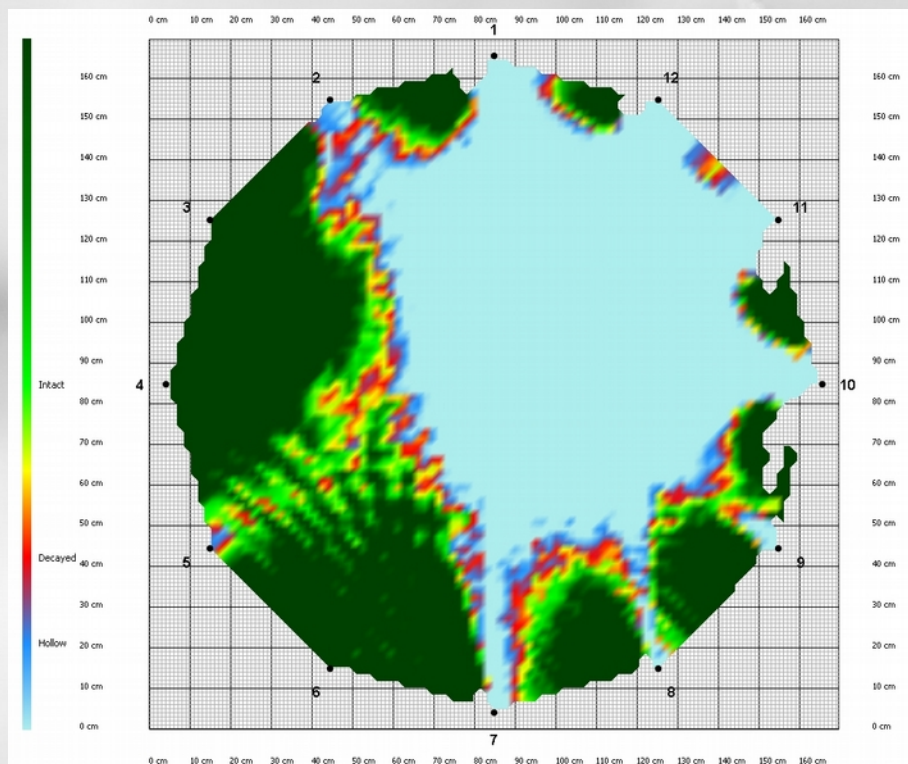


2011

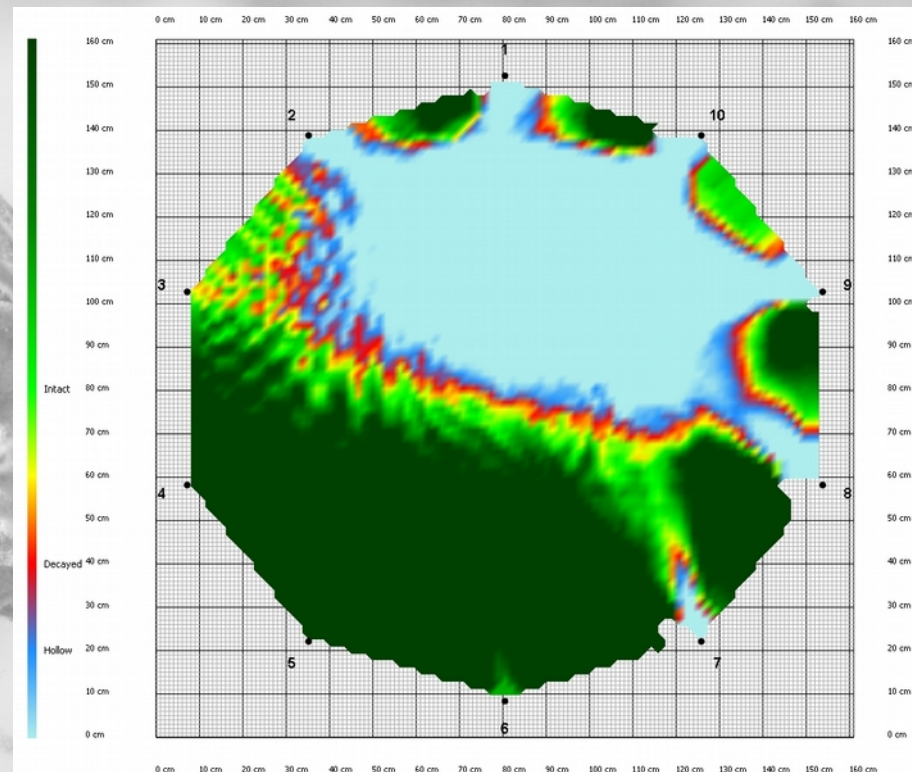


2009

Hradec Králové 0,2 m



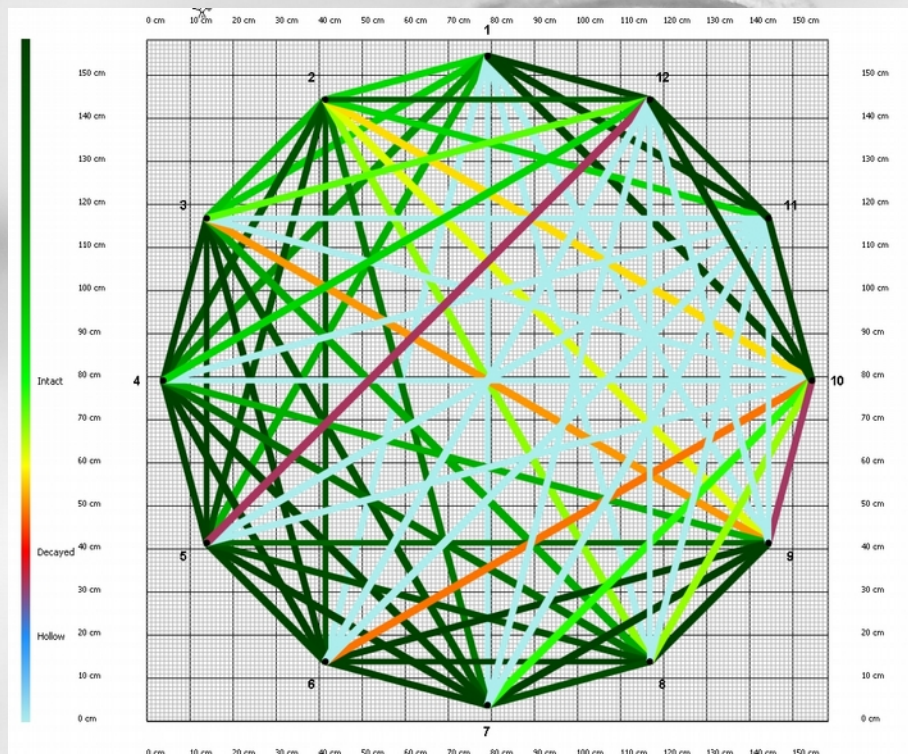
2011



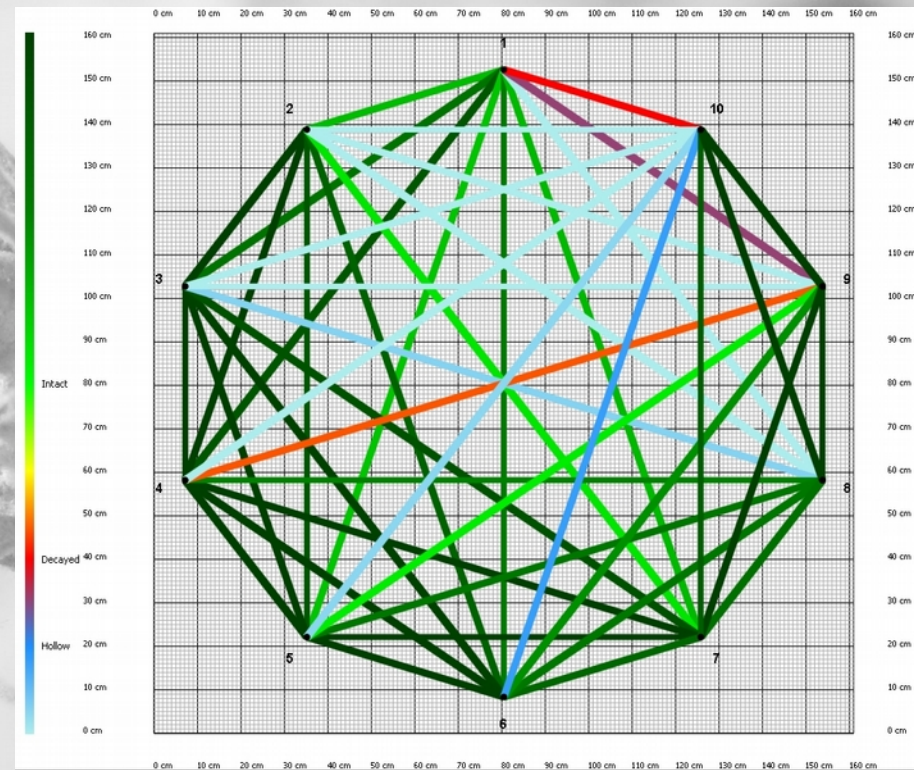
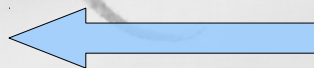
2009

Zvětšení zasažené plochy o 12 %

Hradec Králové 0,5 m

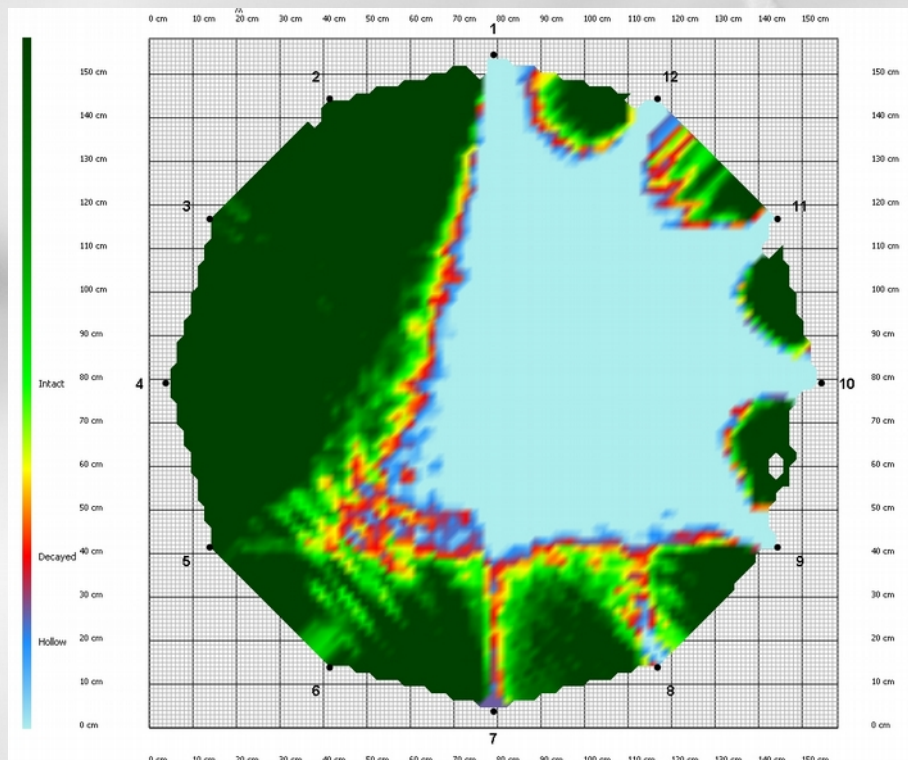


2011

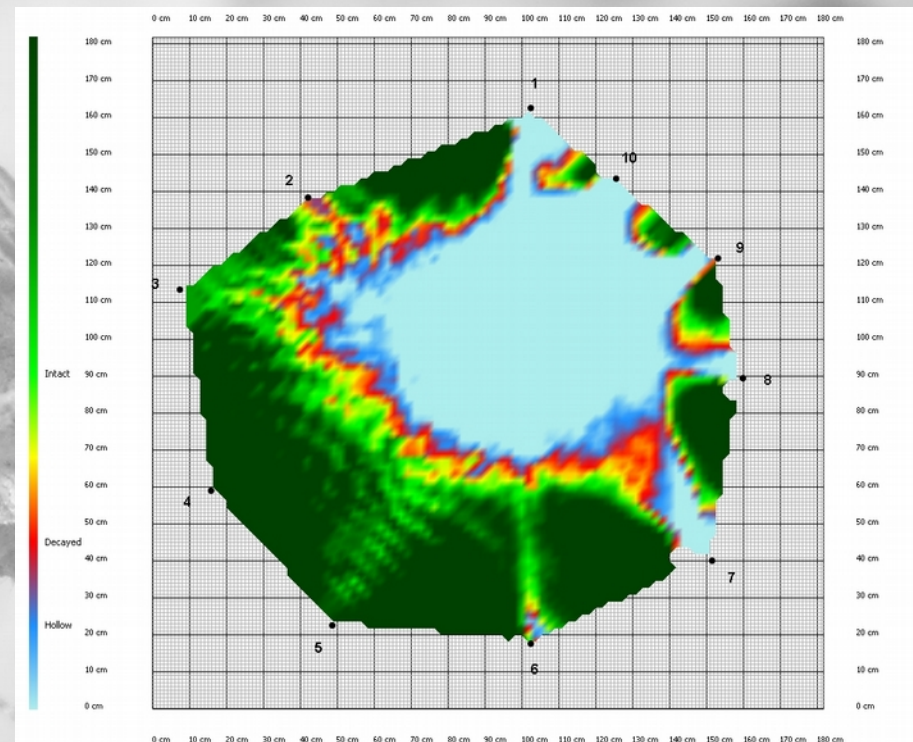
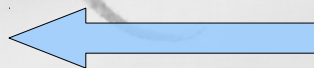


2009

Hradec Králové 0,5 m



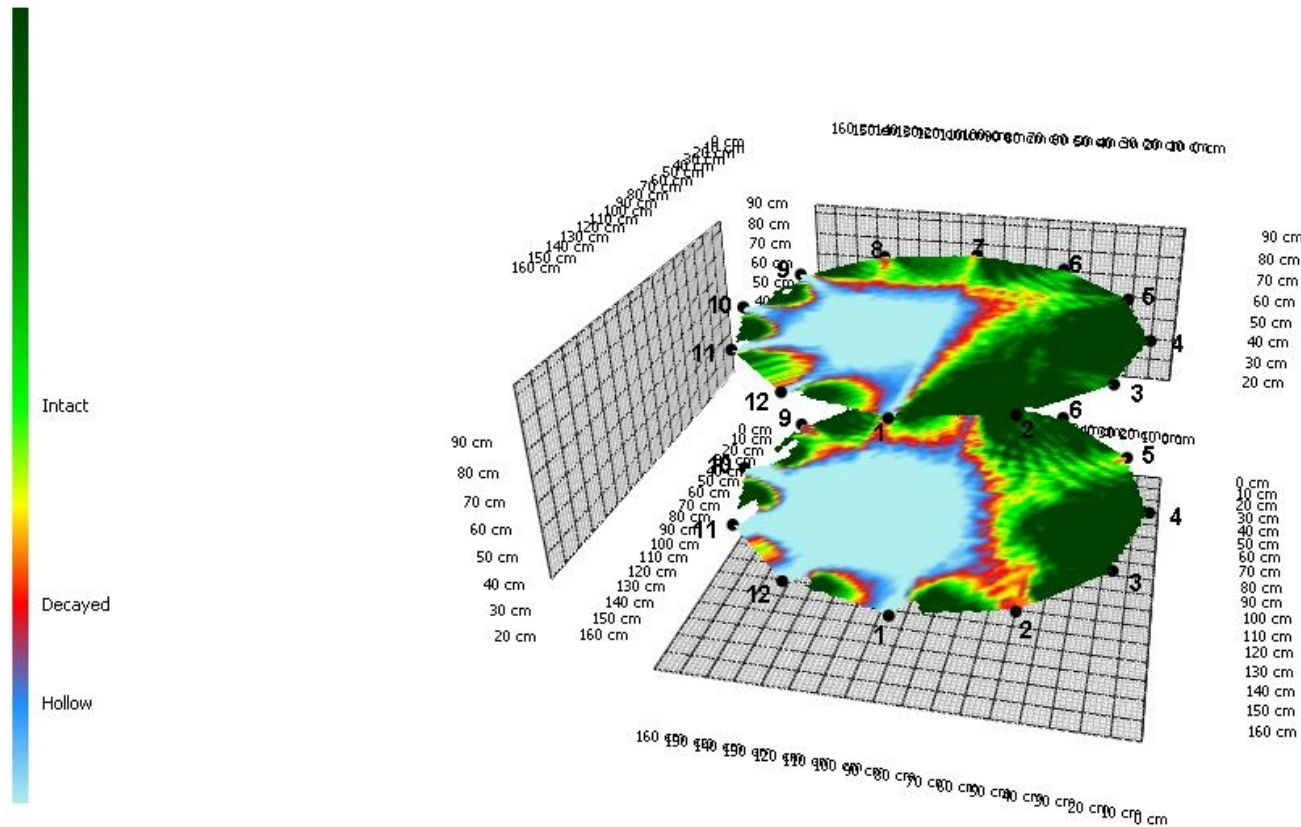
2011

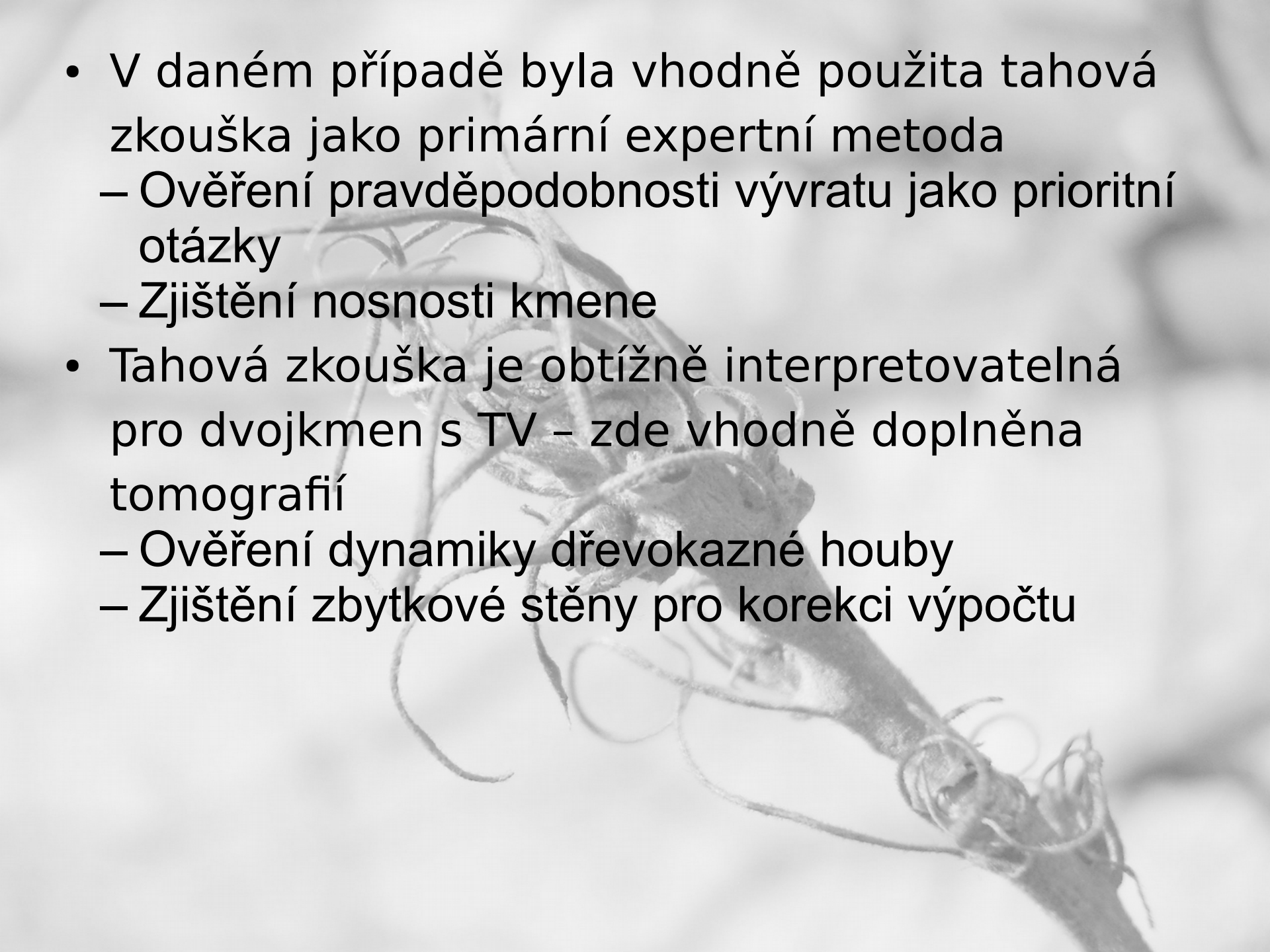


2009

Zvětšení zasažené plochy o 23 %

Hradec Králové

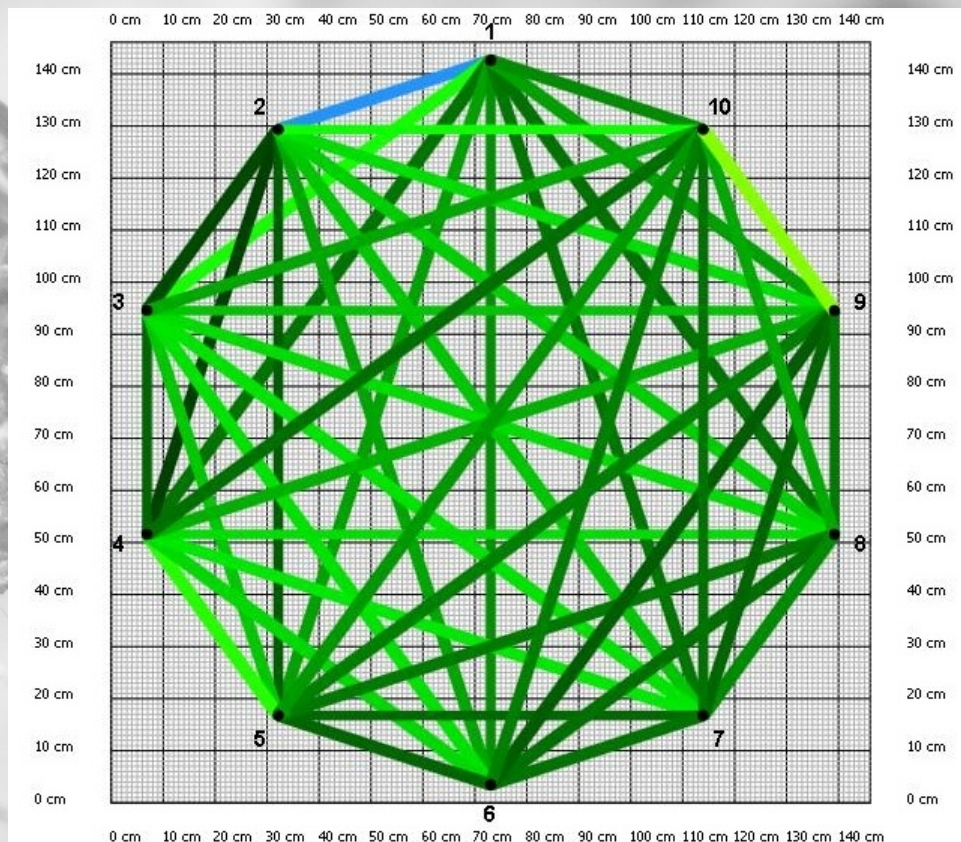
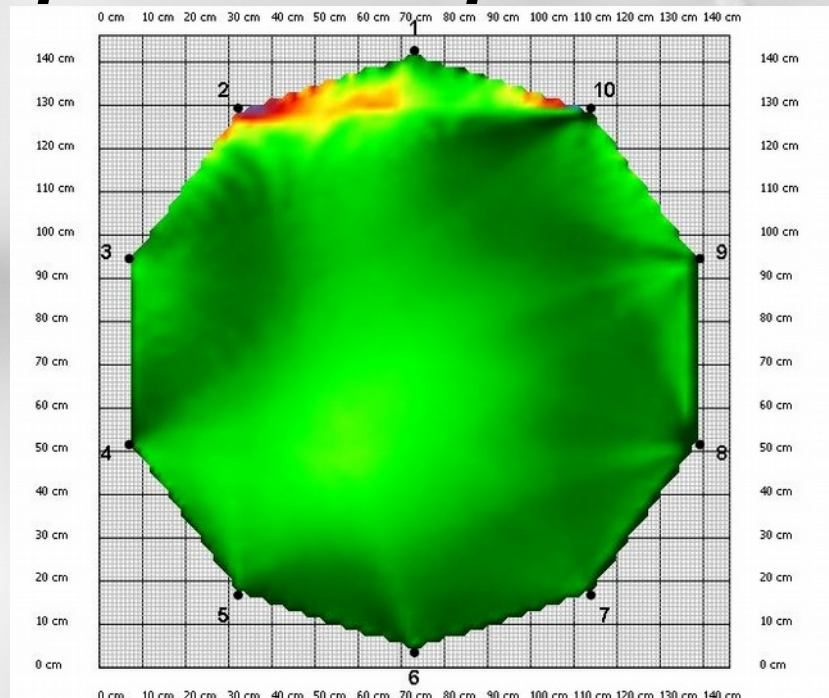


- 
- V daném případě byla vhodně použita tahová zkouška jako primární expertní metoda
 - Ověření pravděpodobnosti vývratu jako prioritní otázky
 - Zjištění nosnosti kmene
 - Tahová zkouška je obtížně interpretovatelná pro dvojkmene s TV – zde vhodně doplněna tomografií
 - Ověření dynamiky dřevokazné houby
 - Zjištění zbytkové stěny pro korekci výpočtu

Velké Meziříčí

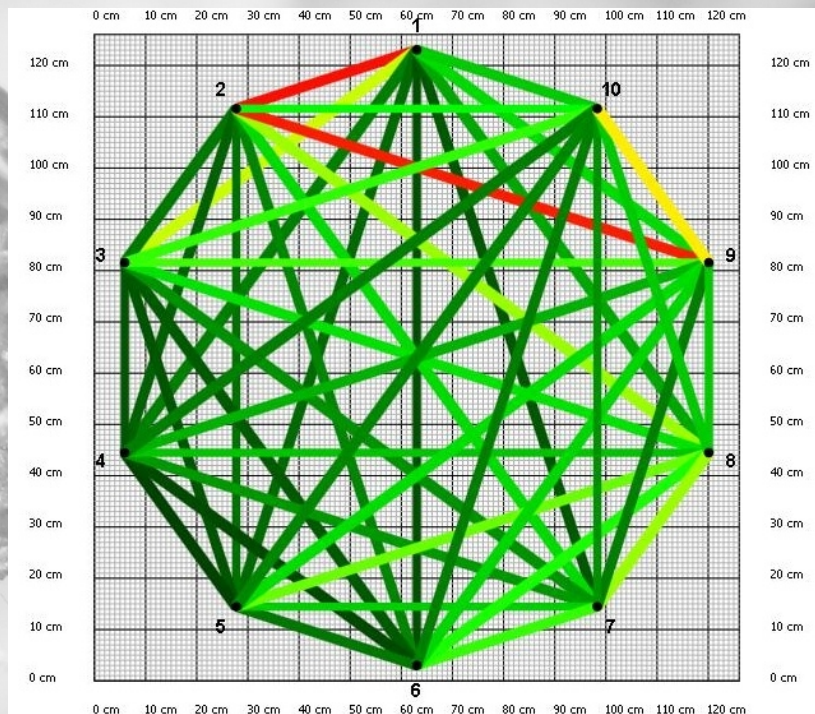
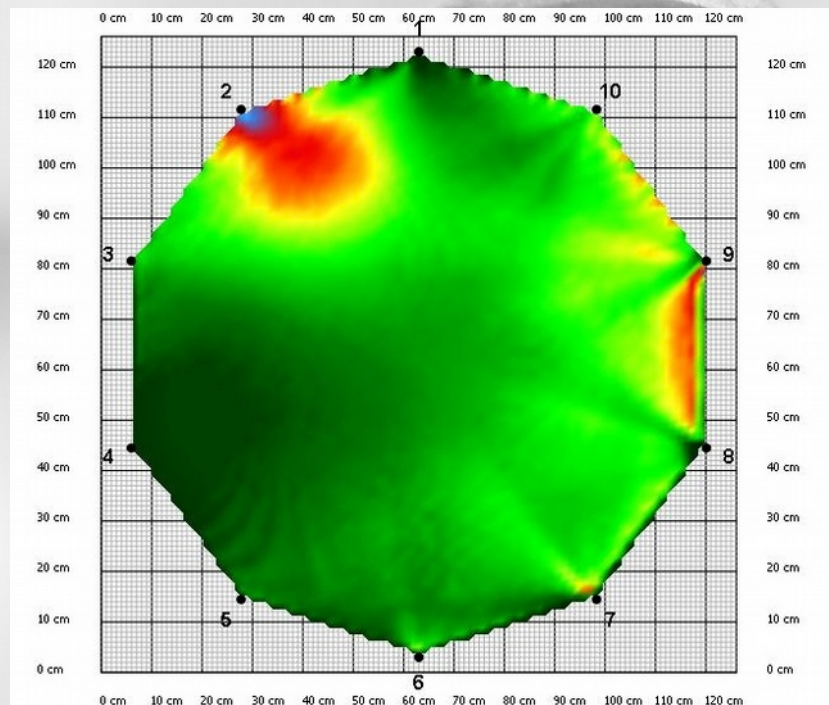


Velké Meziříčí - *Acer pseudoplatanus* 0,25 m

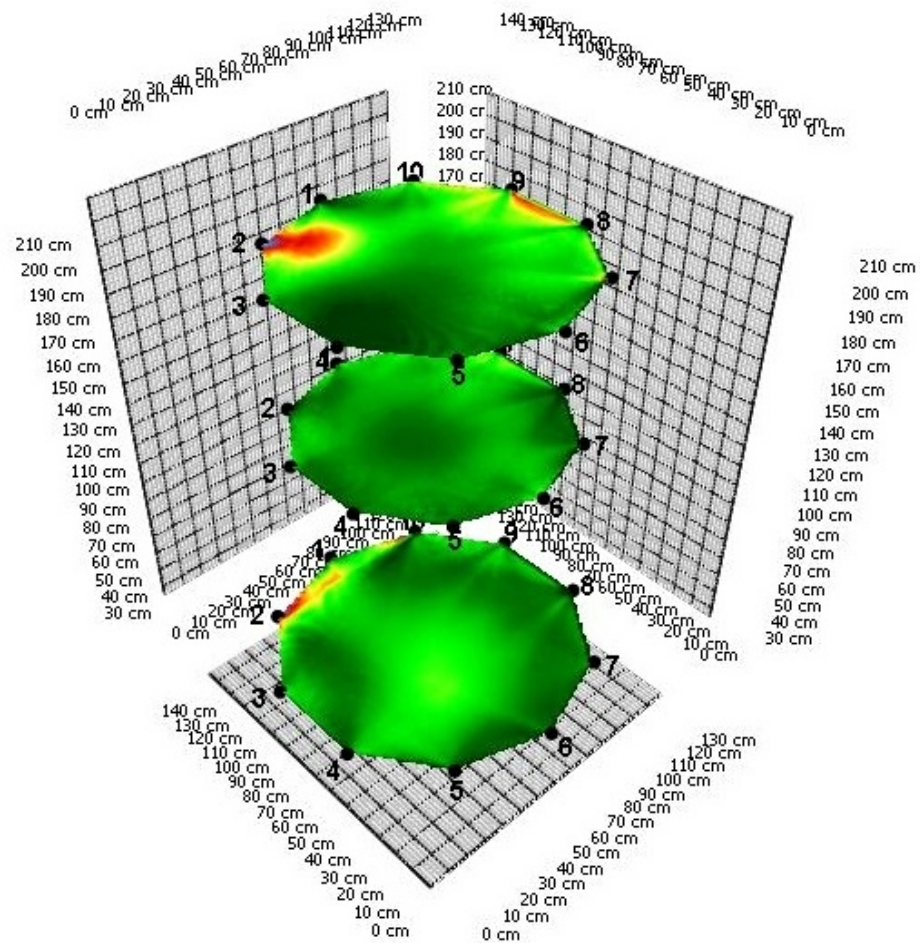


Přes nepříznivý první dojem je kmen stromu téměř intaktní.

Velké Meziříčí - *Acer pseudoplatanus* 2,10 m



Přes nepříznivý první dojem je kmen stromu téměř intaktní.



- V tomto případě by byla vhodnější tahová zkouška
 - Kmen je neporušený
 - Velikost a náklon, eutrofizované a prostorově omezené stanoviště – pravděpodobnost poškození kořenového systému



Shrnutí

- Přístrojové metody jsou mocným nástrojem v rukách zodpovědného experta.
- Poskytují objektivní informaci o stavu stromu
- Jejich aplikace je závislá na zkušenosti pracovníka (systém „Kup a měř“ nefunguje)
- Jedná se o expertní nástroje, u kterých se většinou nepředpokládá plošné použití
- Nasazení metod vyžaduje zvážení problému a vhodnosti daných metod



Vážené dámy a vážení pánové,

Děkuji organizátorům tohoto semináře a možnost vystoupit. Je to pro mne velká čest a zároveň silným stresujícím faktorem.

Tématem mého vystoupení je Mechanická stabilita stromu a metody jejího zjišťování. Výzva ke zkoumání tohoto fenoménu nepřišla ze strany lesnické odborné veřejnosti, ale arboristů. Centrem jejího zájmu je péče o dřeviny rostoucí mimo les. Typické je zaměření na jedince a toto směřování jsme udrželi i my.

Stabilita jedince je, z pohledu lesníka, pouze součástí mechanické stability. Důležité jsou i charakteristiky porostu, konfigurace terénu. Bohužel, začasné bývá stabilita jedince pomíjena a redukována na popis geometrické složky, s čímž se nelze spokojit. Představovaný koncept má svůj základ v metodách strukturální analýzy a je obecně používán při zkoumání pravděpodobnosti selhání stromu, tedy jeho stability.

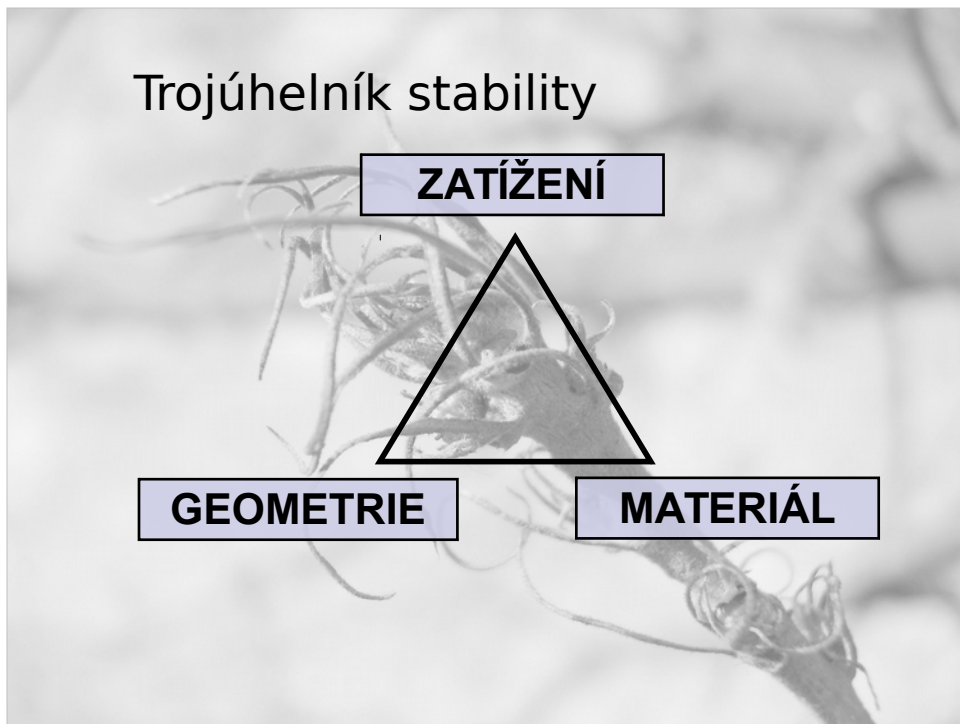
KLIK



System péče z hlediska detailu informace

- Inventarizace a pasportizace
- Evidence a hodnocení
- Podrobné hodnocení
- Přístrojové metody





S vědomím výše uvedeného můžeme stabilitu stromu, resp. rozhodující prvky, shrnout do tohoto schématu, které nazýváme trojúhelník stability. Říká nám, že kvalita materiálu a jeho množství a distribuce musí odpovídat působícímu zatížení.

Bezpečnost lze vyjádřit pomocí tzv. bezpečnostních koeficientů. Jsou to různá kritéria porovnávající vlastnost objektu a vznikající zatížení. Mohou být jednoduchá...

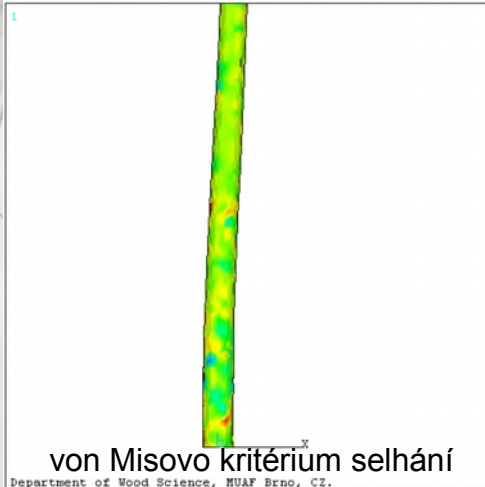
$$SF = \frac{\textit{pevnost}}{\textit{napětí}}$$

$$SF = \frac{\textit{limitní deformace}}{\textit{vznikající deformace}}$$

$$SF = \frac{\textit{maximální průhyb}}{\textit{aktuální průhyb}} \dots$$

... i složitá

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_{11} - \sigma_{22})^2 + (\sigma_{22} - \sigma_{33})^2 + (\sigma_{33} - \sigma_{11})^2 + 6(\sigma_{12}^2 + \sigma_{23}^2 + \sigma_{31}^2)]}$$



Selhání stromu

- Zlom
- Vývrat
- Odlomení části



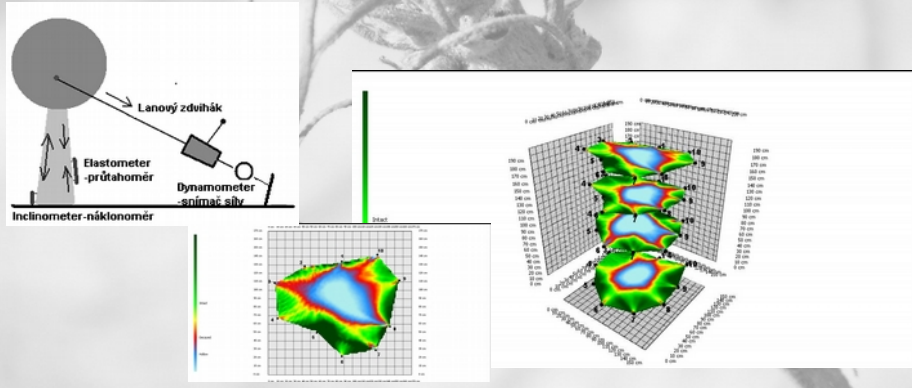


© Ing. Kateřina Nehybová



Přístrojové metody

- Hlavním cílem je zvýšení objektivity informace
- Zvýšení přesnosti odhadu selhání
- Postižení skrytých stavů stromu



Přístrojové metody v arboristice

- Proč přístroje?
- Zařazení přístrojových metod do systému péče
- Základní otázka
- Co je bezpečnost a jak ji vyjádřit
- **Požadavky na metody**
- Principy a charakteristiky vybraných metod



Požadavky na přístrojové metody

- Minimální destruktivita
- Co největší komplexnost měření
- Opakovatelnost
- Snadnost interpretace
- Rychlost měření
- Přijatelná (nízká) cena
- Snadná manipulace
- ...



Výběr vhodné metody

- Hledaná informace!!! (zde pravděpodobnost mechanického selhání)
- Typ selhání
- Charakter a stav jedince
- Možnost interpretace a zpracování dat
- Fyzikální princip
- Dostupnost

I zdánlivě méně vhodné metody (např. penetrografie) mohou poskytnout téměř plnohodnotnou informaci, ovšem za určitou cenu (provrtání stromu).

Kdy sáhnout k přístrojovým metodám

- **Tam, kde vizuální hodnocení není dostatečné**
- Tam, kde hrozí neobjektivní zhodnocení
- Tam, kde je kolize společenských zájmů (?)
- Tam, kde jsou nutná ověřitelná fakta

Jsou přístrojové metody všelék?

- Přístrojové metody mají stejná omezení jako hodnocení vizuální: jsou závislé na principu snímání zvolené veličiny.
- Výsledek metody je závislý na kvalitě interpretace.
- Výsledek je závislý na kvalifikaci měřícího.

Principy základních metod

- Strukturální metody
 - Tomografie akustická
 - Tomografie elektrická impedanční
 - Radar
 - Další (rentgen)
- Základní informace o distribuci materiálu (Geometrie) a jeho vlastnostech



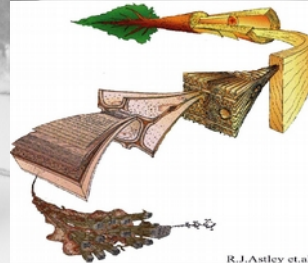
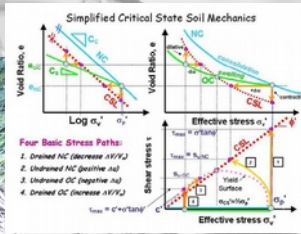
Strukturální metody

- Výhody
 - Jednoduché k prezentaci
 - Relativně nenáročné na obsluhu (AT, EIT)
 - Frekventované
- Nevýhody
 - Bez zátěžové analýzy hrozí chybná interpretace
 - Přílišná „zřejmost“
 - Na některých defektech vadné výsledky – principiálně
 - Nepřímá výpověď: geometrie nemusí vypovídat o pravděpodobnosti selhání

Funkční metody

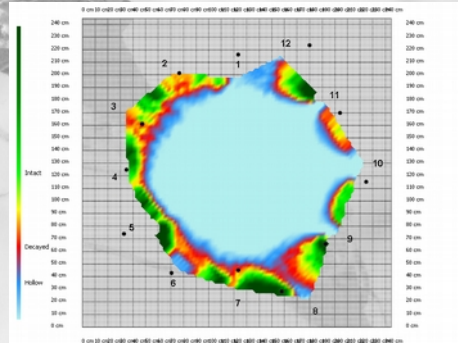
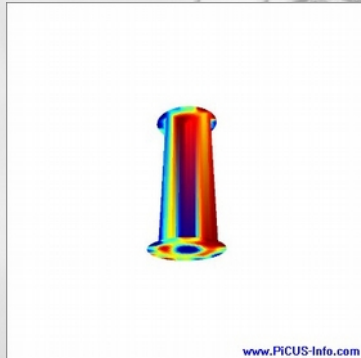
- Tahová zkouška
 - Zjištění pravděpodobnosti zlomení kmene
 - Zjištění pravděpodobnosti vývratu
- Funkční hodnocení stromu - odpovídá přímo na zadanou otázku
- Principem je zjištění reakce stromu na definované zatížení, jeho extrapolace na potenciální zatížení a porovnání s parametrem bezpečnosti.

Principy metod - modelujeme



Principy metod – strukturální metody

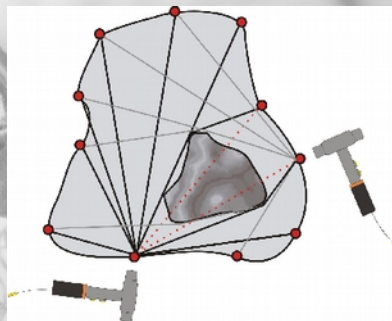
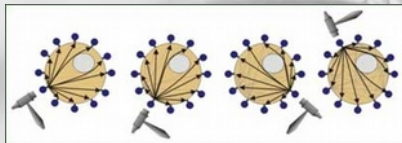
- Metody strukturální – zobrazují. Kde co je a kde něco není – např. akustická tomografie

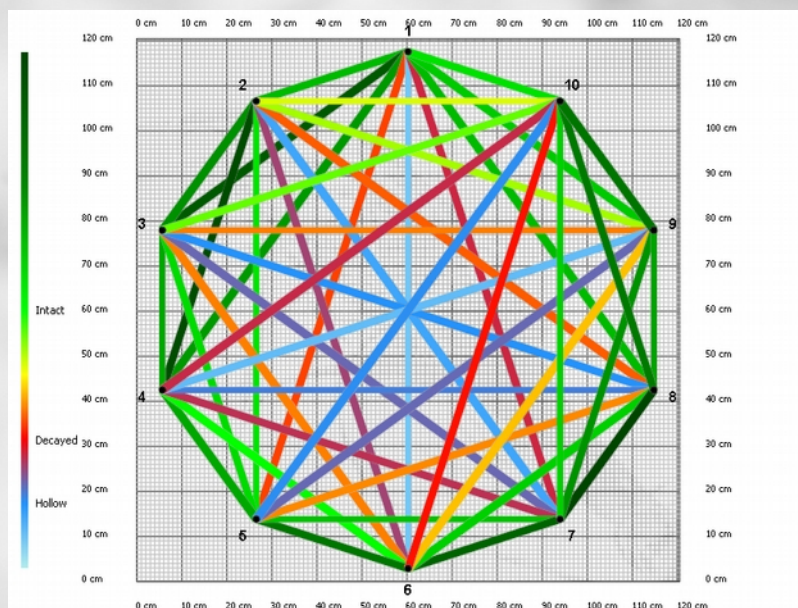


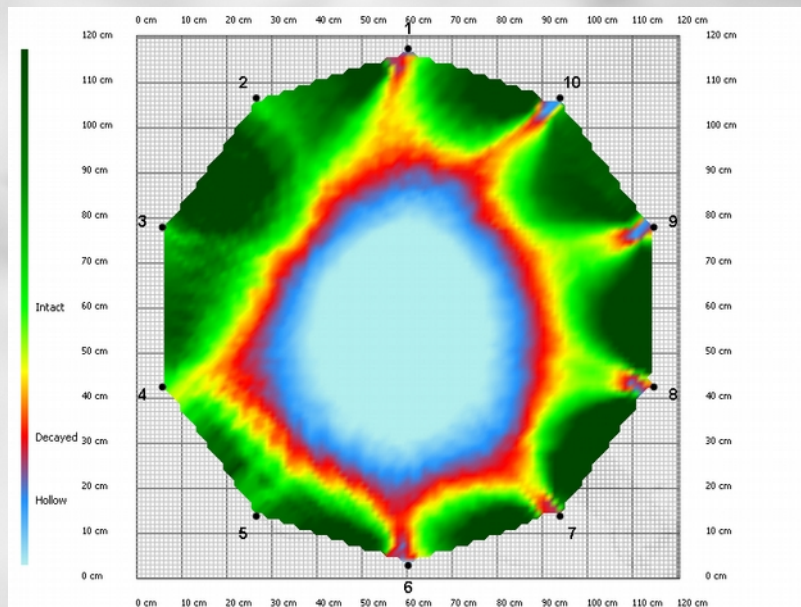
Akustické přístroje

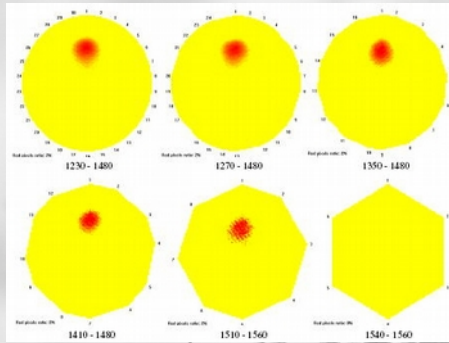
- Principem je zjišťování rychlosti průchodu akustického signálu materiálem
- Rychlost signálu je přímo úměrná tuhosti a nepřímo úměrná hustotě materiálu
- Rychlost je snížena pokud:
 - Je v cestě signálu necelistvost (musí ji obejít)
 - Vlastnosti materiálu (dřeva) jsou rozkladem zhoršeny (snížení tuhosti)

Akustická tomografie

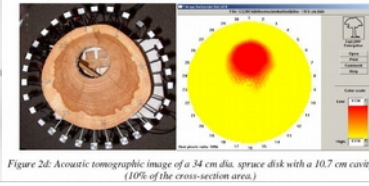
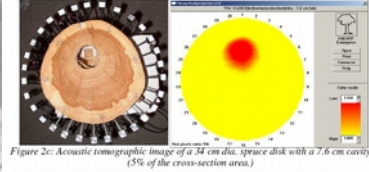
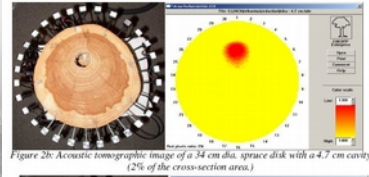
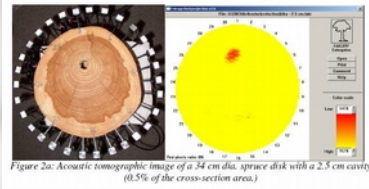




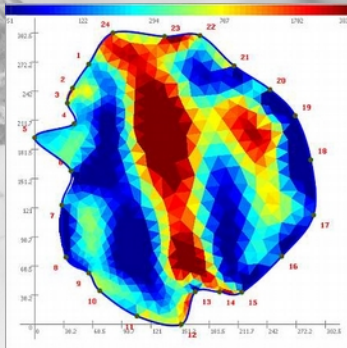
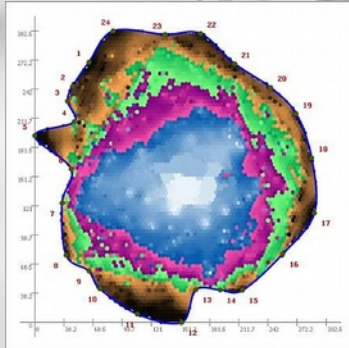
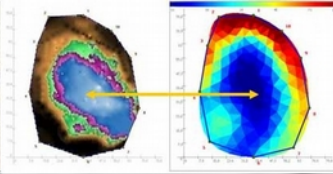




$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$



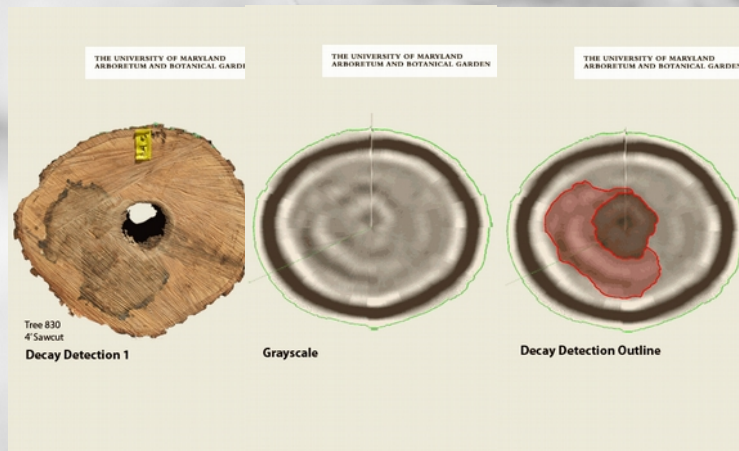
EIT



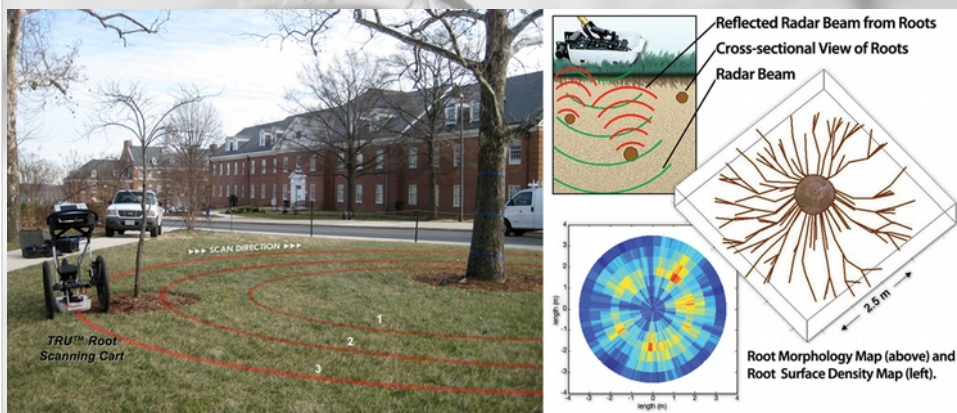
Další metody - radar



Další metody - radar

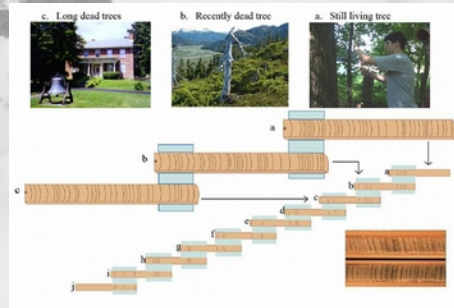
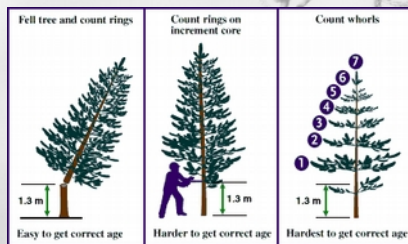


Radar – detekce kořenů



Penetrometrická měření

- Jsou založena na odebírání materiálu a jeho analýze. Objekt je provrtán – penetrován.
 - Nejstarší metody – přírůstové nebo zezy, lze využít pro dendrochronologické analýzy
 - Inteligentní vrtačky, resitografy – zařízení měřící odpor proti vrtání.



Penetrografy



Penetrografy



Penetrografy



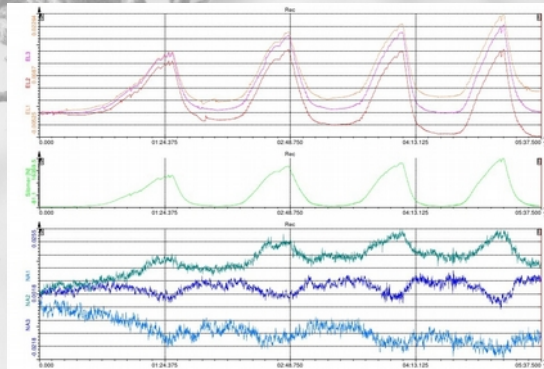
Fractometer 2



Principy metod – metody funkční

- Metody funkční – jak co plní/neplní svoji funkci

Tahová zkouška je typickým představitelem funkčního hodnocení.



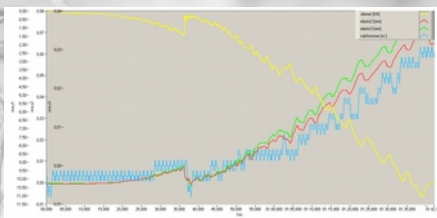
Tahové zkoušky - postup



- Tři kroky
 - Měření
 - Zátěžová analýza
 - Přepočet a hodnocení

Zátěžová analýza slouží k zjištění potenciálního zatížení stromu při zvolených podmínkách (u nás 12 ° Beauforta, 33 m/s)

Tahové zkoušky - postup



Měří se:

- síla,
- deformace dřeva kmene,
- náklon báze stromu

Výsledkem je:

- pravděpodobnost zlomu kmene
- pravděpodobnost vývrátu

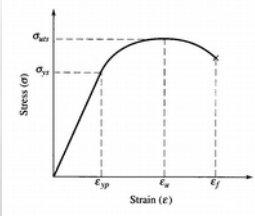
Tahové zkoušky - zlom



Měří se:

- síla,
- deformace kmene,

Je vypočtena poměrná deformace, která je po extrapolaci porovnávána s tzv. deformací na mezi úměrnosti dřeva



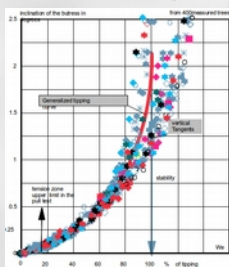
Mez úměrnosti je zatížení, kdy dochází ke vzniku prvních plastických deformací. Od tohoto bodu je dřevo považováno za poškozené.

Tahové zkoušky - vývrat



Měří se:

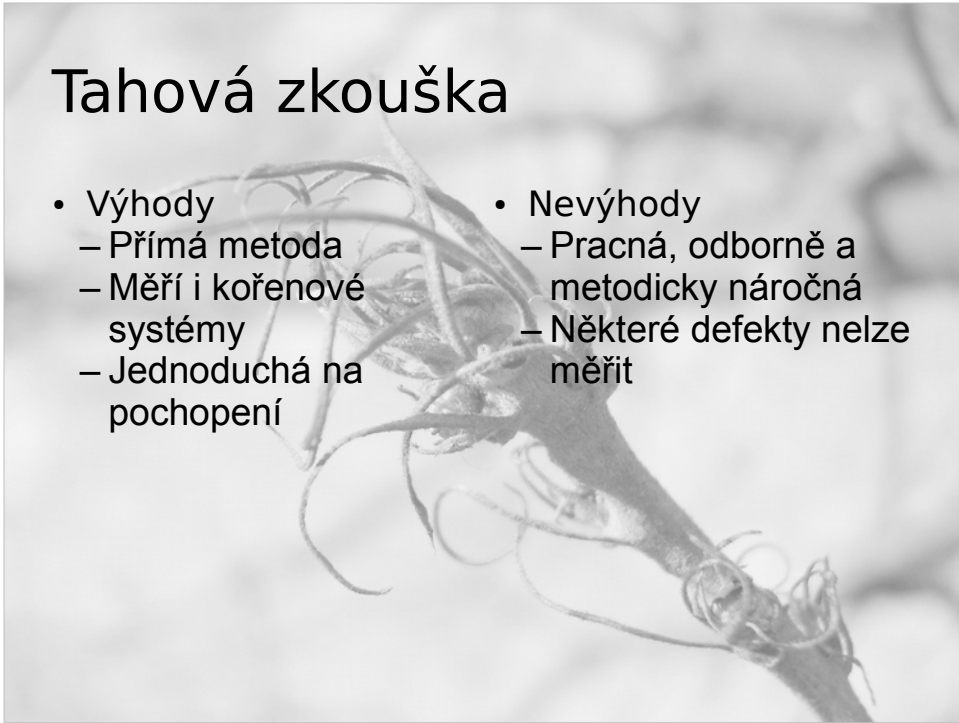
- síla,
- náklon báze stromu



Základní teorie, zpracovaná dr. Wessolym na základě empirických dat tvrdí, že podle reakce při určitém malém zatížení, definovaném ale náklonem, lze vypočítat náklon při potenciálním zatížení a ten pak komparovat s experimentálně zjištěnou nelineární funkcí, popisující průběh vyvrácení stromu, která má, dle autora, obecnou platnost.

Tahová zkouška

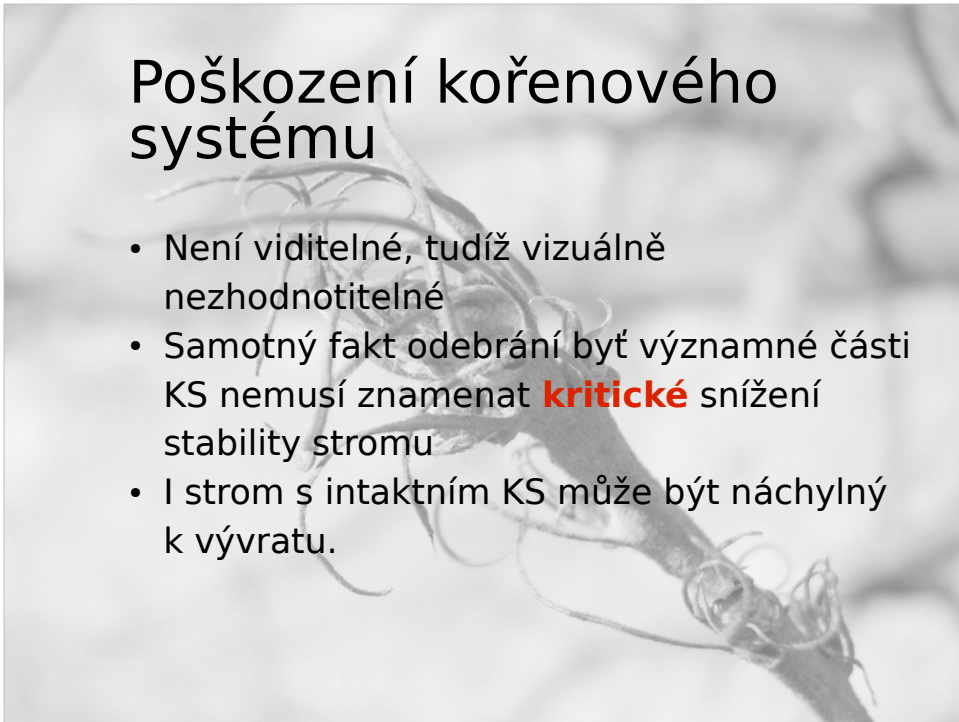
- Výhody
 - Přímá metoda
 - Měří i kořenové systémy
 - Jednoduchá na pochopení
- Nevýhody
 - Pracná, odborně a metodicky náročná
 - Některé defekty nelze měřit





Poškození kořenového systému

- Není viditelné, tudíž vizuálně nezhodnotitelné
- Samotný fakt odebrání byť významné části KS nemusí znamenat **kritické** snížení stability stromu
- I strom s intaktním KS může být náchylný k vývratu.

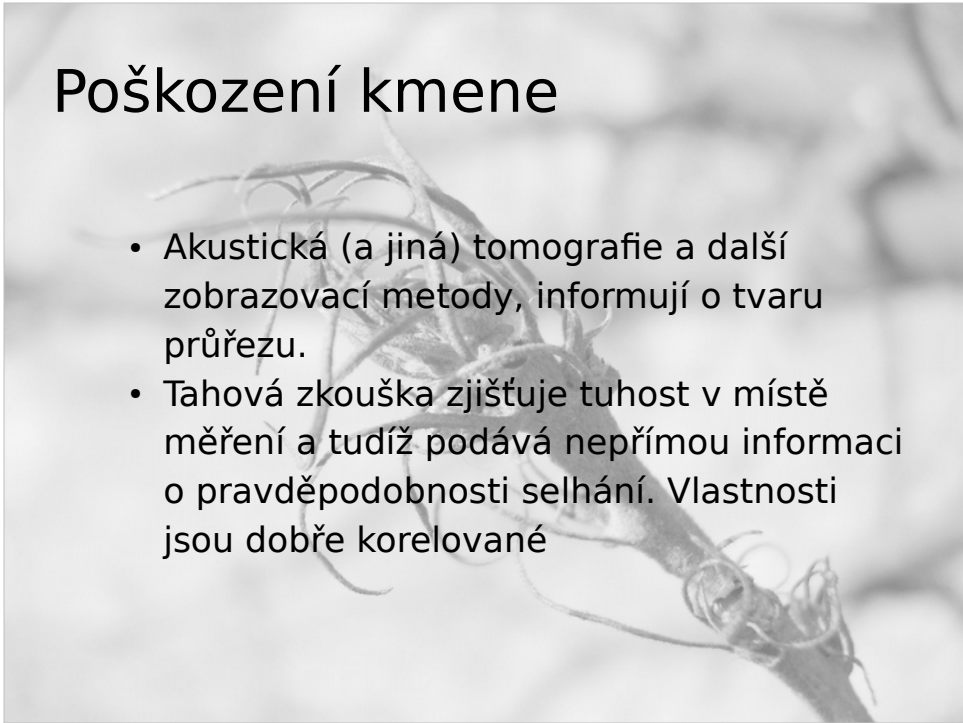


Poškození kořenového systému

- Tahová zkouška stanovuje přímo tuhost kořenového systému, tedy vlastnost fyzikálně nejbližší pevnosti KS.
- Metody založené na lokalizaci kořenů nemusí podávat informaci dostatečnou pro zhodnocení stability
- Akustická tomografie kmene může nepřímo ukázat na poškození KS

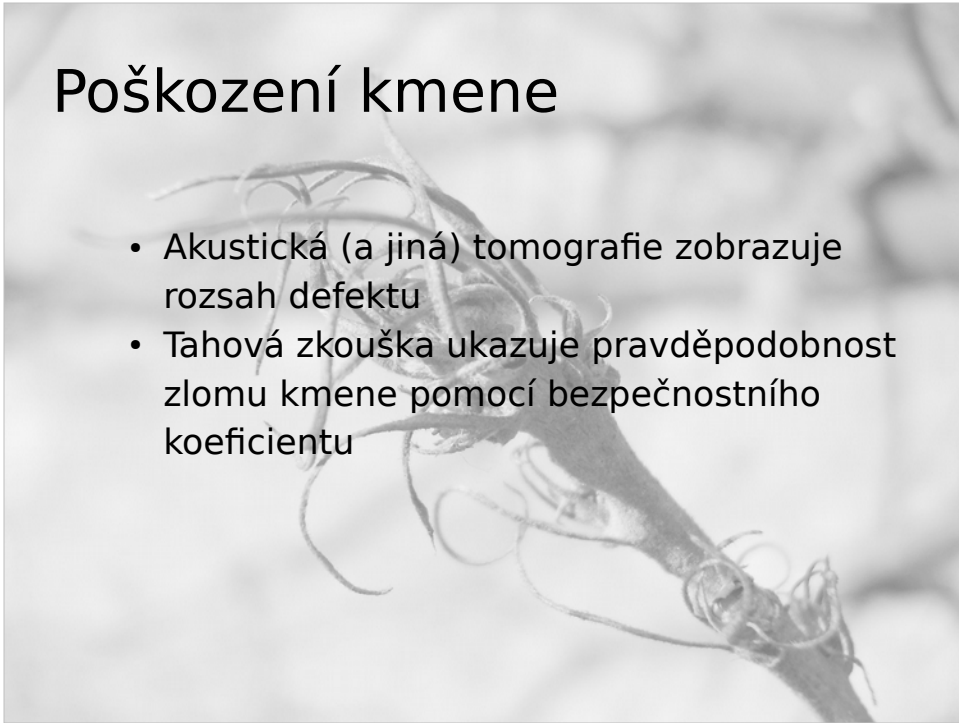
Poškození kmene

- Akustická (a jiná) tomografie a další zobrazovací metody, informují o tvaru průřezu.
- Tahová zkouška zjišťuje tuhost v místě měření a tudíž podává nepřímou informaci o pravděpodobnosti selhání. Vlastnosti jsou dobře korelované

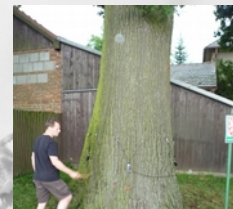
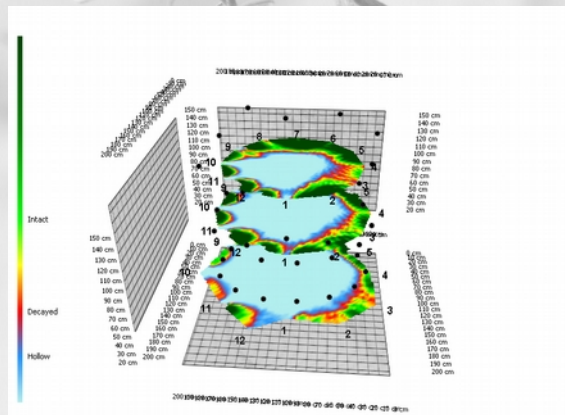


Poškození kmene

- Akustická (a jiná) tomografie zobrazuje rozsah defektu
- Tahová zkouška ukazuje pravděpodobnost zlomu kmene pomocí bezpečnostního koeficientu



Případová studie 1.



Pozice	Výška [m]	Rozložená plocha	Bezpečnostní faktor
1	0,2	90 %	539 %
2	1,0	67 %	1361 %
3	1,5	52 %	1227 %

Případová studie 1.



Pozice	Průměr (bez borky) [cm]	Bezpečnost proti zlomu kmene [%]	Bezpečnost proti vývratu [%]
0,7 m	178	1744	724 / 623 / 1112
1,9 m	134	1739	
2,5 m	120	1503	

Případová studie 2.

- Buk lesní, HK

Tento typ defektu klade velkou otázku, kterou metodu použít. Pro ověření nelze aplikovat ani pouze tahovou zkoušku, ani pouze tomografickou techniku.



Případová studie 3.

- Suché vrstvy dřeva

Fyzikální princip metody akustické tomografie neumožňuje detekovat správně rozsah tohoto typu defektu.



Defekty větvení

- Akustická tomografie
- Tahová zkouška z principu nemůže stanovit bezpečnost větvení.
- Penetrometrická měření



Kdy není třeba použít přístrojové metody

- Přístrojové metody nemají být trumfem ve při s ekologickými aktivisty (samosprávou, ČIŽP, AOPK ČR,...)
- Přístrojové metody by neměli být poslední možností jak se zbavit havarijního stromu
- Přístrojové metody nejsou cestou k pokácení stromu, ohrožující okapové svody.

Kdy není třeba použít
přístrojové metody





Přístrojové metody nemohou
nahradit zdravý selský rozum.





V podobných případech je aplikace přístrojové metody zcela zbytečná. Perspektivita a stabilita stromu je zcela mimo diskuzi a vyžadovat potvrzení některou přístrojovou metodou není (by nemělo být) přijatelné. Navíc, například akustický tomograf by v tomto případě mohl ukázat zcela zdravý strom.



Která metoda je NEJLEPŠÍ

- Šetrná (neohrozí strom, lze měření opakovat ve stejném místě)
- Rychlá (a tím i levná)
- Jednoduchá na obsluhu
- ...



Určit jednoznačně nejlepší metodu nelze. Výběr vhodné metody závisí na i) informaci, kterou hledám, ii) typu poškození a iii) fyzických omezeních stanoviště, metody. V některých případech přístrojová metoda podá informaci srovnatelnou s vizuálním hodnocením. Někdy podává informaci mnohonásobně lepší. Někdy podá informaci zcela zavádějící.

Případové studie



Case studies

- Č.Krumlov, lípa srdčitá, II. nádvoří
- Hradec Králové – buk lesní, památný strom
- Velké Meziříčí – javor klen u barokní sýpky



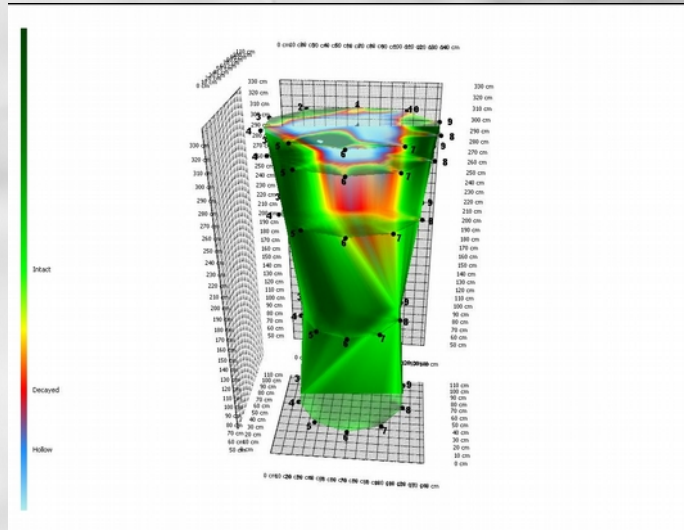
Český Krumlov



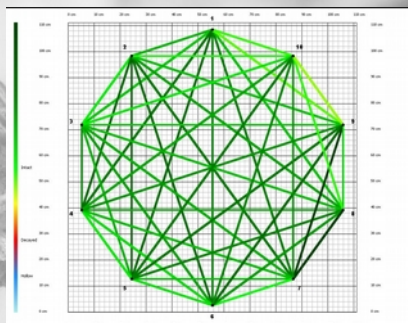
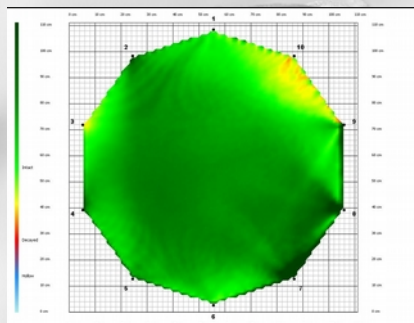
Český Krumlov



Český Krumlov

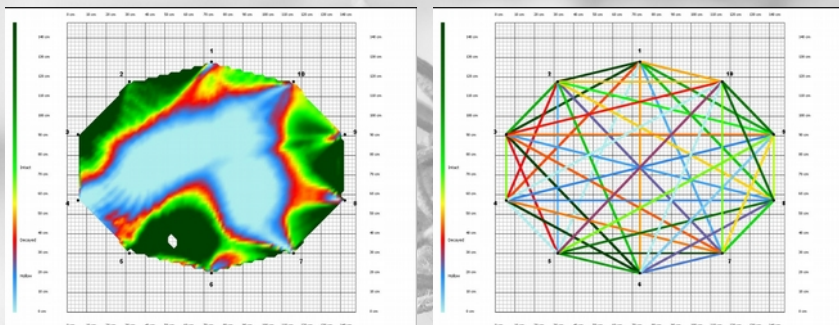


Český Krumlov



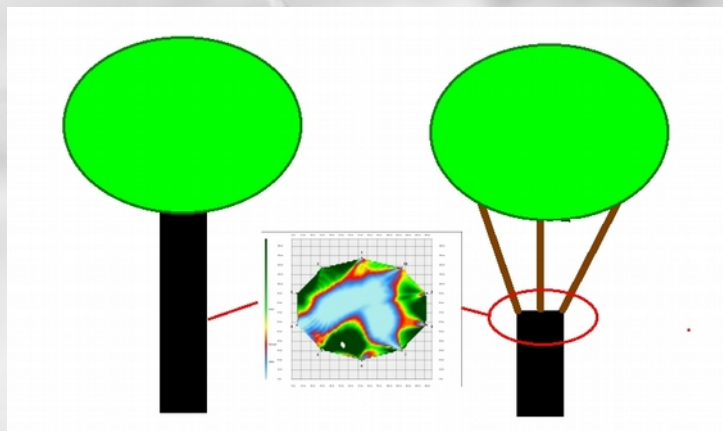
Báze kmene stromu bez významných poškození. Síťový diagram umožňuje identifikovat hlavní směry nespojitostí průřezu, na jeho základě je vytvořen obrázek průřezu kmene

Český Krumlov

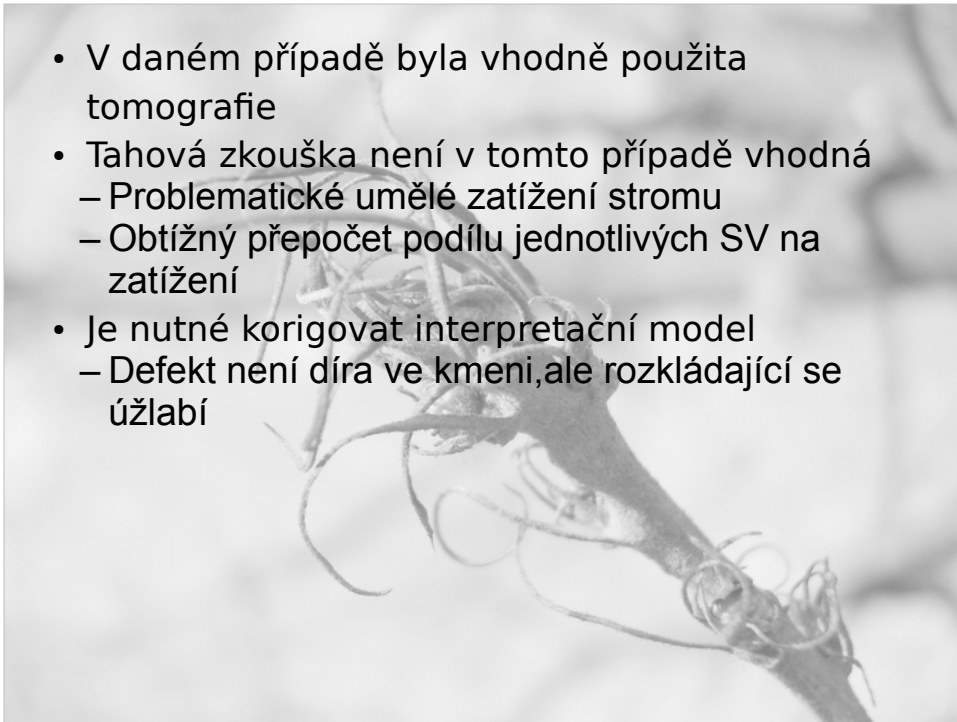


Hlavní větvení s rozsáhlým poškozením. Model předpokládající průběžný kmen udává bezpečnost přes 1000 %. Při správné mechanické interpretaci je nutné průřez uznat jako rizikový.

Český Krumlov



- V daném případě byla vhodně použita tomografie
- Tahová zkouška není v tomto případě vhodná
 - Problematické umělé zatížení stromu
 - Obtížný přepočet podílu jednotlivých SV na zatížení
- Je nutné korigovat interpretační model
 - Defekt není díra ve kmeni, ale rozkládající se úžlabí



Hradec Králové





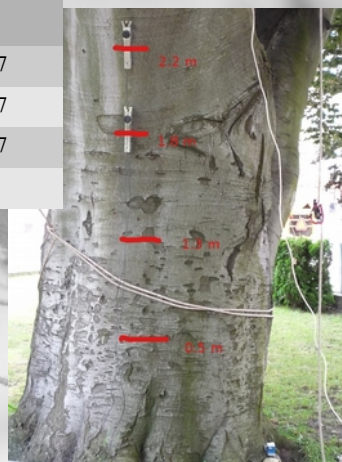
Meripilus giganteus

Tyromyces fissilis
(bělochoroš
jabloňový)



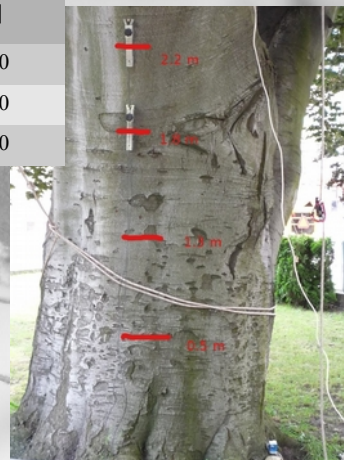
Hradec Králové 2009

Pozice	Průměr (bez borky) [cm]	Bezpečnost proti zlomu kmene [%]	Bezpečnost proti vývratu [%]
0,5 m	158	722	76/87
1,3 m	127	-	76/87
1,8 m	127	831	76/87

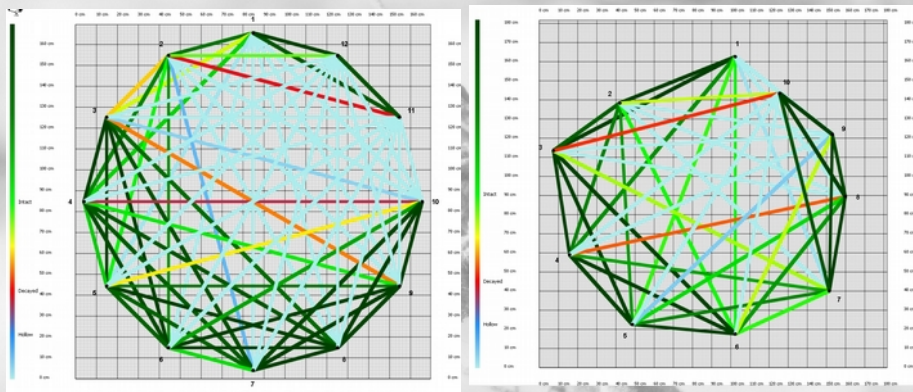


Hradec Králové 2011

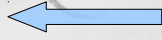
Pozice	Průměr (bez borky) [cm]	Bezpečnost proti zlomu kmene [%]	Bezpečnost proti vývratu [%]
0,5 m	158	197	61/90
1,3 m	127	281	61/90
2,0 m	127	261	61/90



Hradec Králové 0,2 m

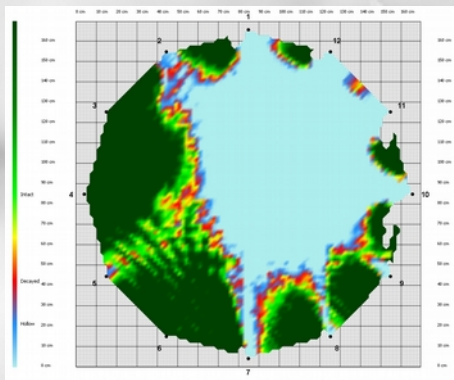


2011

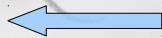


2009

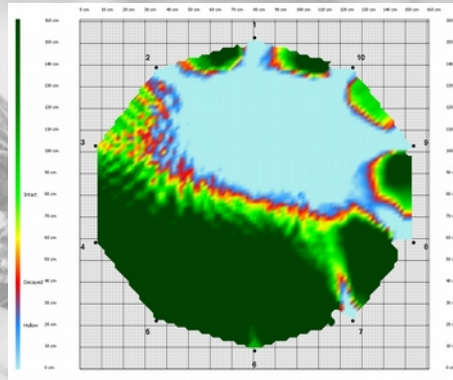
Hradec Králové 0,2 m



2011

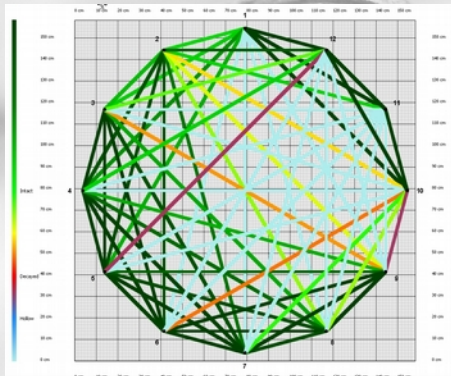


2009

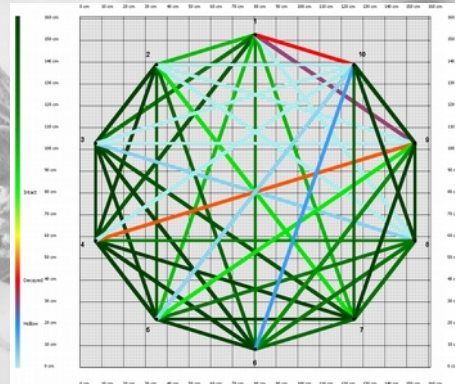
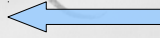


Zvětšení zasažené plochy o 12 %

Hradec Králové 0,5 m

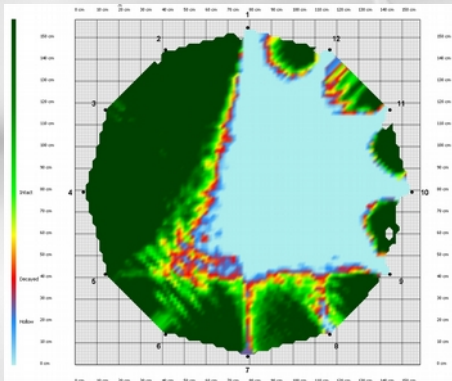


2011

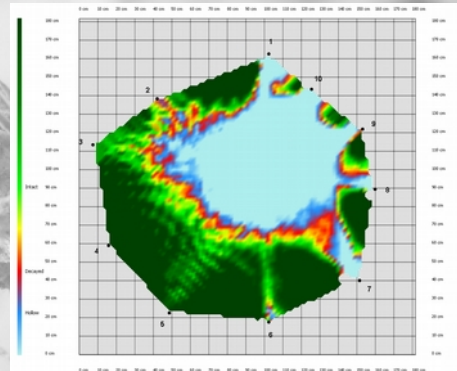
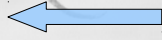


2009

Hradec Králové 0,5 m



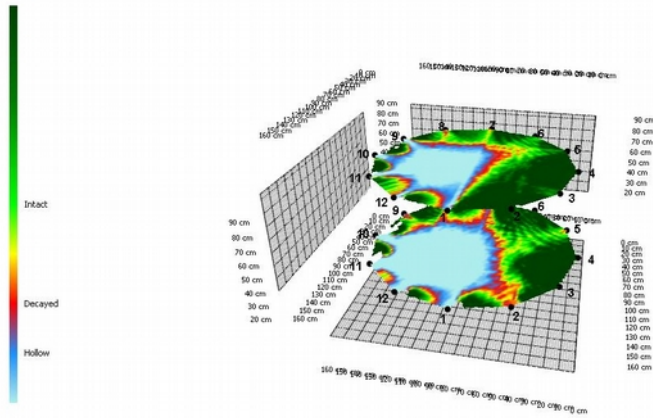
2011



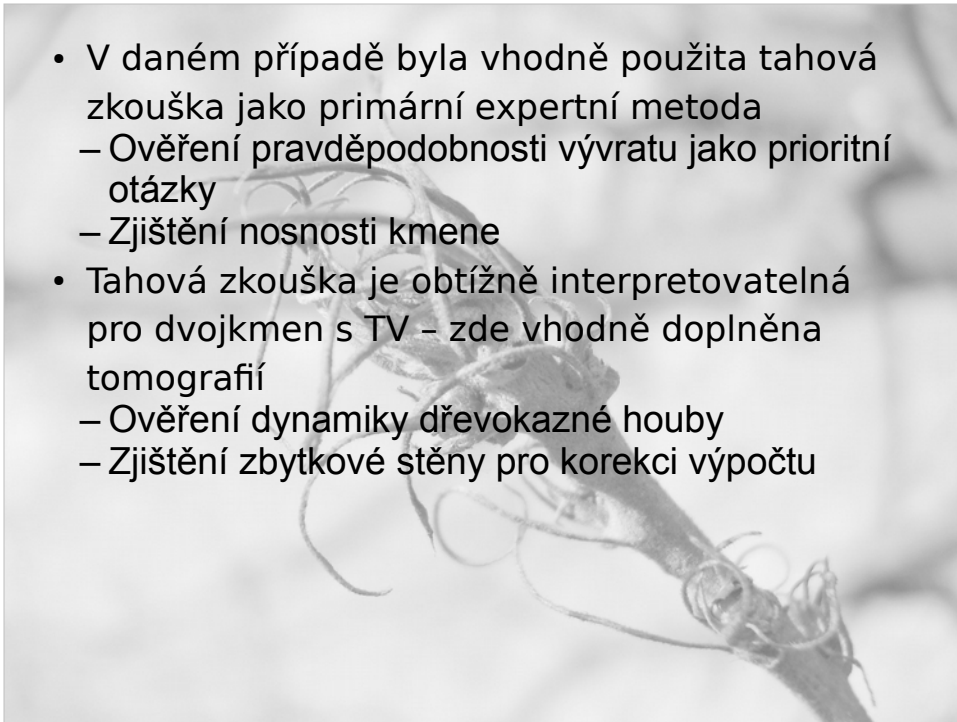
2009

Zvětšení zasažené plochy o 23 %

Hradec Králové



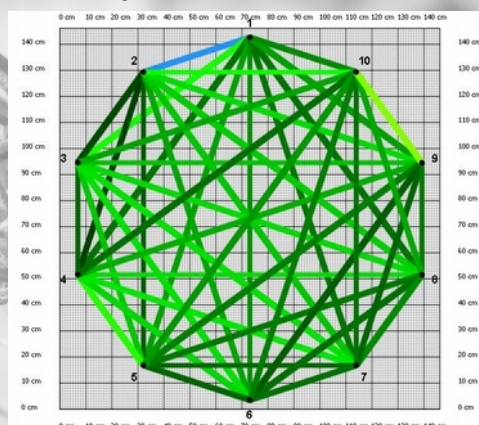
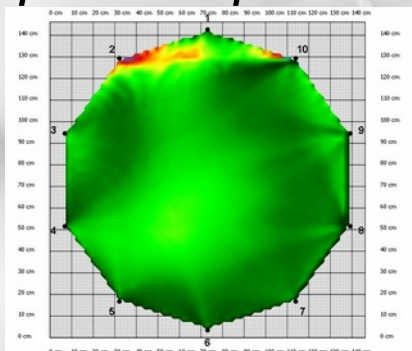
- V daném případě byla vhodně použita tahová zkouška jako primární expertní metoda
 - Ověření pravděpodobnosti vývratu jako prioritní otázky
 - Zjištění nosnosti kmene
- Tahová zkouška je obtížně interpretovatelná pro dvojkmen s TV – zde vhodně doplněna tomografií
 - Ověření dynamiky dřevokazné houby
 - Zjištění zbytkové stěny pro korekci výpočtu



Velké Meziříčí

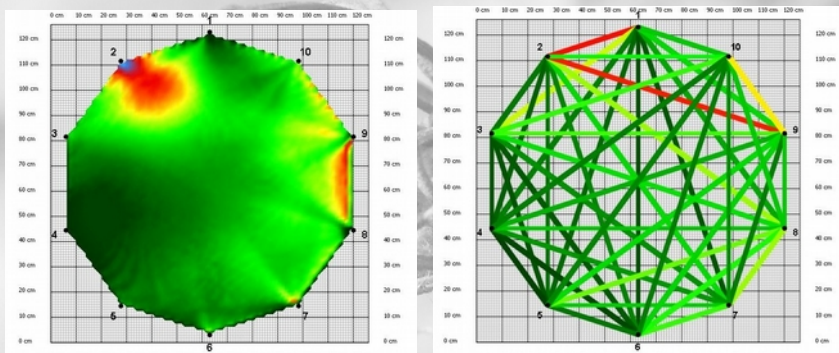


Velké Meziříčí - *Acer pseudoplatanus* 0,25 m

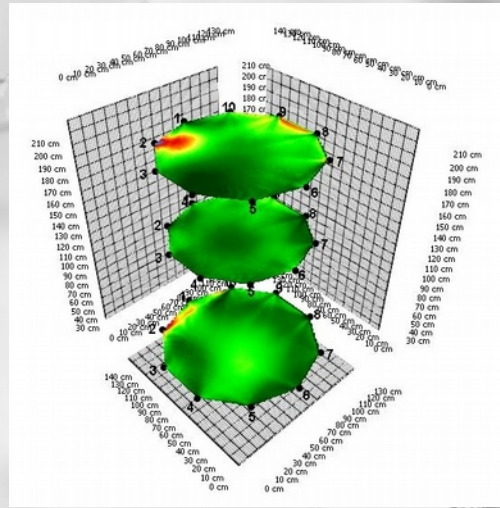


Přes nepříznivý první dojem je kmen stromu téměř intaktní.

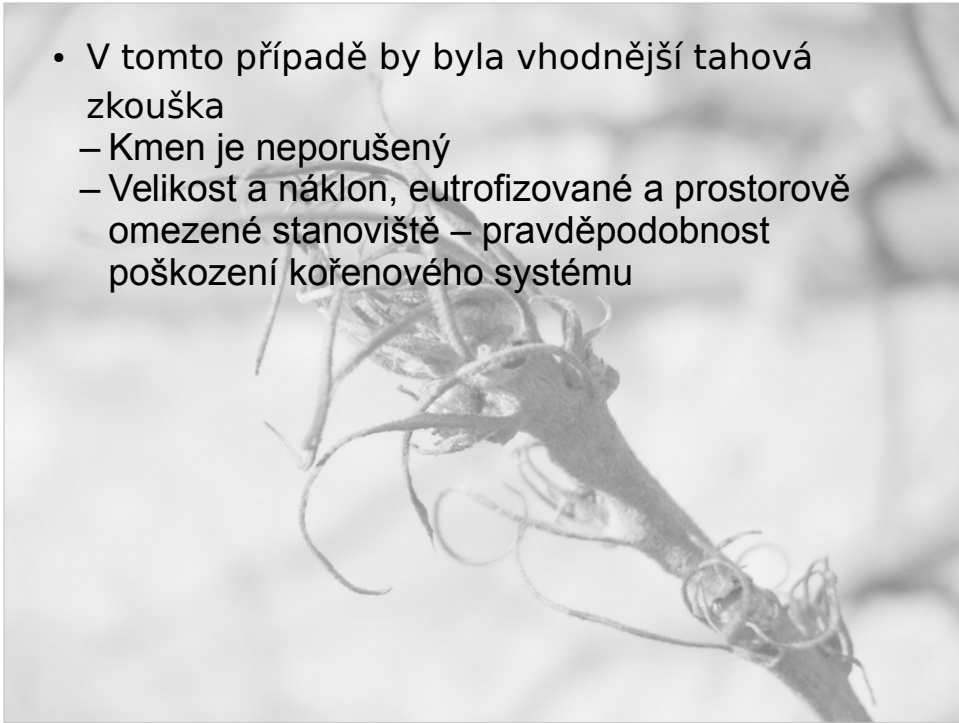
Velké Meziříčí - *Acer pseudoplatanus* 2,10 m



Přes nepříznivý první dojem je kmen stromu téměř intaktní.



- V tomto případě by byla vhodnější tahová zkouška
 - Kmen je neporušený
 - Velikost a náklon, eutrofizované a prostorově omezené stanoviště – pravděpodobnost poškození kořenového systému



Shrnutí

- Přístrojové metody jsou mocným nástrojem v rukách zodpovědného experta.
- Poskytují objektivní informaci o stavu stromu
- Jejich aplikace je závislá na zkušenosti pracovníka (systém „Kup a měř“ nefunguje)
- Jedná se o expertní nástroje, u kterých se většinou nepředpokládá plošné použití
- Nasazení metod vyžaduje zvážení problému a vhodnosti daných metod