



# Nerazorna ispitivanja - uvod

*Prof.dr.sc. Damir Markučić*

## Sadržaj:

1. Terminologija (ponavljanje)
2. Fizikalne osnove (pregled)
  - ↳ posrednost - odzivi - odnos signal-šum
3. Pouzdanost provedbe nerazornih ispitivanja
  - ↳ utjecajni čimbenici
  - ↳ vjerojatnost detekcije - PoD krivulja
4. Kompetencije (ovlasti i odgovornosti)
5. Osiguranje kvalitete rezultata ispitivanja

# 1. Terminologija

obzirom na fizikalne principe, nerazorna ispitivanja dijelimo na

↳ **METODE** nerazornih ispitivanja,

a obzirom na specifičnosti načina provedbe ispitivanja na

↳ **TEHNIKE** nerazornih ispitivanja

Drugi nazivi za **nerazorna ispitivanja**:

↳ defektoskopija

↳ kontrola bez razaranja / ispitivanja bez razaranja

↳ *non-destructive testing* *NDT*

*non-destructive examination* *NDE*

↳ *non-destructive evaluation* *NDE*

↳ *non-destructive inspection* *NDI*

↳ zerstörungs-freie prüfung *ZfP*

<b>NAČELO</b>	<b>ispitna struktura</b>	<b>METODA</b>	<b>TEHNIKE</b>
<b>elektromagnetski valovi</b>	<b>X i <math>\gamma</math> zračenje</b>	<b>RT radiografska (radijacijska)</b>	<b>radiografija, radioskopija, gamagrafija, XRD, XRF</b>
	<b>vidljivi dio spektra</b>	<b>VT vizualna</b>	<b>direktna, RVI</b>
	<b>IR valovi</b>	<b>IR termografska</b>	<b>termovizija, lock-in termografija</b>
	<b>mikrovalovi</b>	<b>GPR radarska</b>	
	<b>niskofrekventna polja</b>	<b>ET (EC, vrtložne struje)</b>	<b>RFEC, ACPD, ACFM, ..</b>
	<b>magnetsko polje</b>	<b>MT magnetska</b>	<b>magnetskim česticama, MFL, Barkhausen</b>
<b>elastični valovi</b>	<b>ultrazvučni valovi</b>	<b>UT ultrazvučna</b>	<b>tehnike odjeka (PE), difrakcije (TOFD), ...</b>
	<b>akustički valovi</b>	<b>AC, AE akustička</b>	<b>akustička emisija, Impact Echo (IE)</b>
<b>sredstvo (medij) <i>interakcija – kontakt</i></b>	<b>penetrant (kapilarni efekt)</b>	<b>PT penetrantska</b>	<b>ovisno o vrsti penetranta...</b>
	<b>inertni plin (propusnost)</b>	<b>LT ispitivanje propusnosti</b>	<b>vacuum, helij</b>

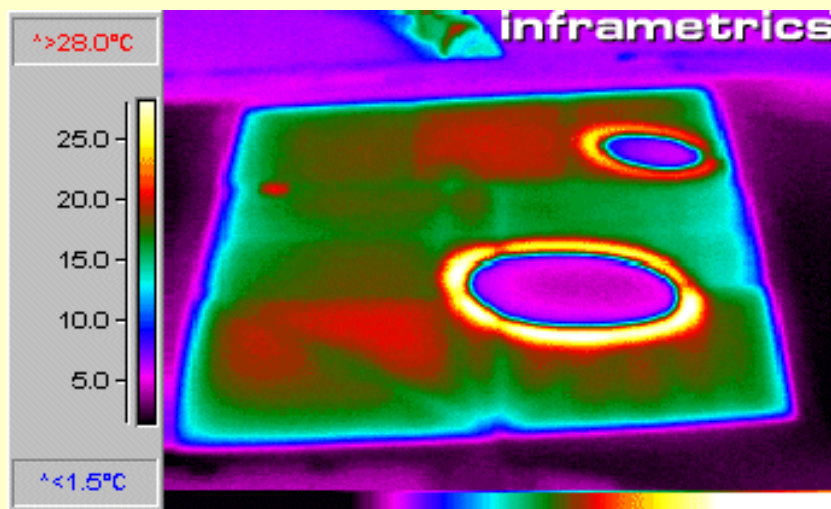
# POSREDNOST nerazornih ispitivanja

Detekcija nepravilnosti se temelji na

↪ određenom **odzivu od nepravilnosti**.

Primjenjujući pojedino fizikalno načelo, a ovisno o ispitnim parametrima i uvjetima, istovremeno je prisutan i:

↪ **odziv materijala** (strukture).



Images courtesy of Inframetrics, N. Billerica, MA. Text supplied by JS&A

# 1. Terminologija & koraci interpretacije

(1) Uočavanje odziva (*detekcija*)

↳ **indikacija (naznaka)**

(2) Ocjena odziva/indikacije

↳ lažne indikacije

↳ **postojanje nepravilnost** & utvrđivanje parametara  
(*discontinuity, nonhomogeneity, flaw, imperfection*)

(3) Ocjena sukladno kriteriju prihvatljivosti

↳ **pogreška** (*defect*)



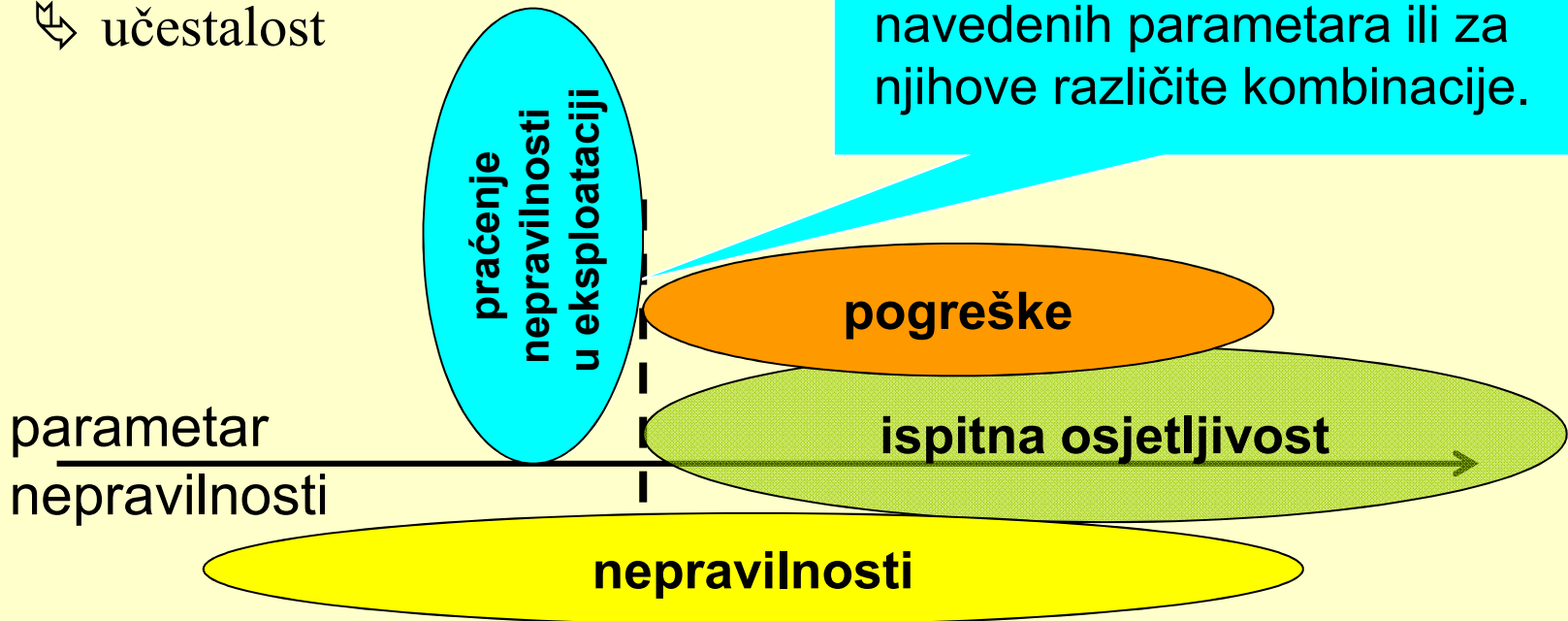
# Karakterizacija (parametara) nepravilnosti

## Karakterizacija parametara nepravilnosti:

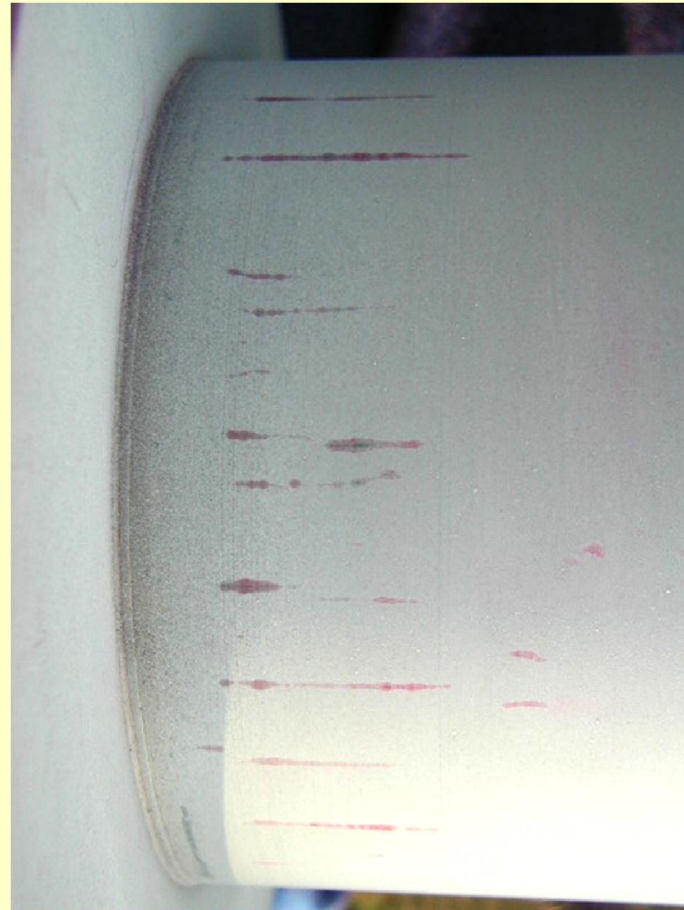
- ↪ veličina
- ↪ mjesto/pozicija (x,y,z)
- ↪ orijentacija
- ↪ učestalost

### Kriterij prihvatljivosti

utvrđuje vrijednosti za razine prihvatljivosti po pojedinim od navedenih parametara ili za njihove različite kombinacije.



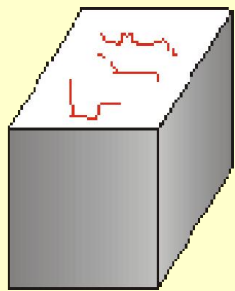
# Pojava i uočavanje indikacija



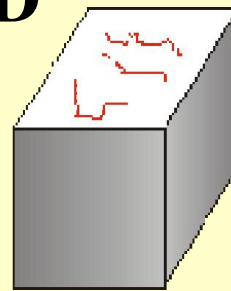
# Vjerojatnost detekcije i ocjenjivanja

stvarno stanje

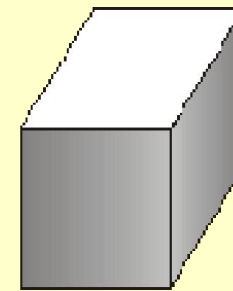
ISHODI - rezultati ispitivanja / ocjena rezultata



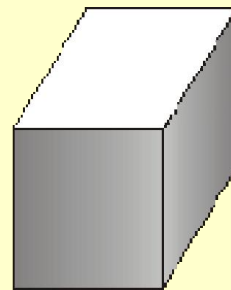
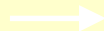
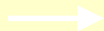
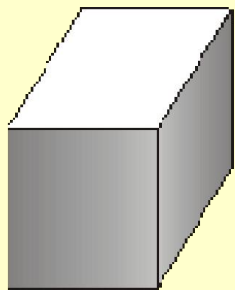
PoD



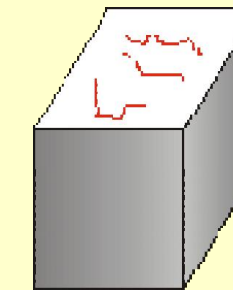
ili



= 100 %



ili



= 100 %

FCP, FAP



### 3. Pouzdanost nerazornih ispitivanja

Na **uspješnost ispitivanja** utječu:

- ↪ ispitno osoblje,
- ↪ ispitna oprema i sredstva (referentni uzorci, etaloni),
- ↪ ispitni postupak / ispitni parametri / tehnologija,
- ↪ ispitni objekt (oblik, dimenzije, materijal).

Nerazorna ispitivanja se zapravo sastoje od dva koraka:

- ↪ dobivanje indikacije (detectability),
- ↪ tumačenje, ocjenjivanje indikacije (interpretability).

# POSREDNOST - osjetljivost ispitivanja



Uspoređujući razine dviju vrsta odziva (od nepravilnosti i osnovnog materijala) razmatramo:

↪ **odnos signal-šum** (*SNR – S/N Ratio*)

U cilju što uspješnije i pouzdanije detekcije:

↪ povećanjem osjetljivosti istovremeno se povećava

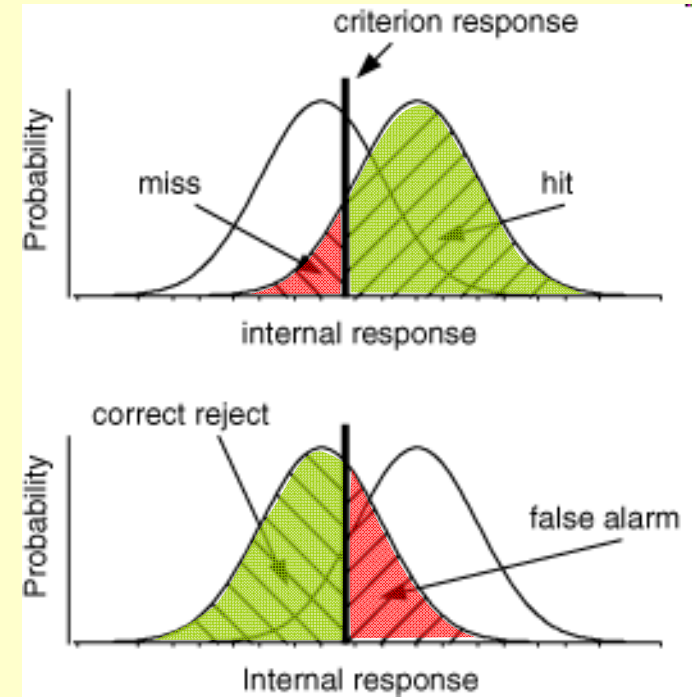
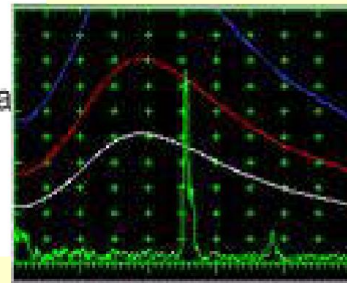
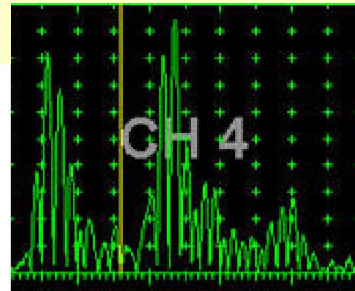
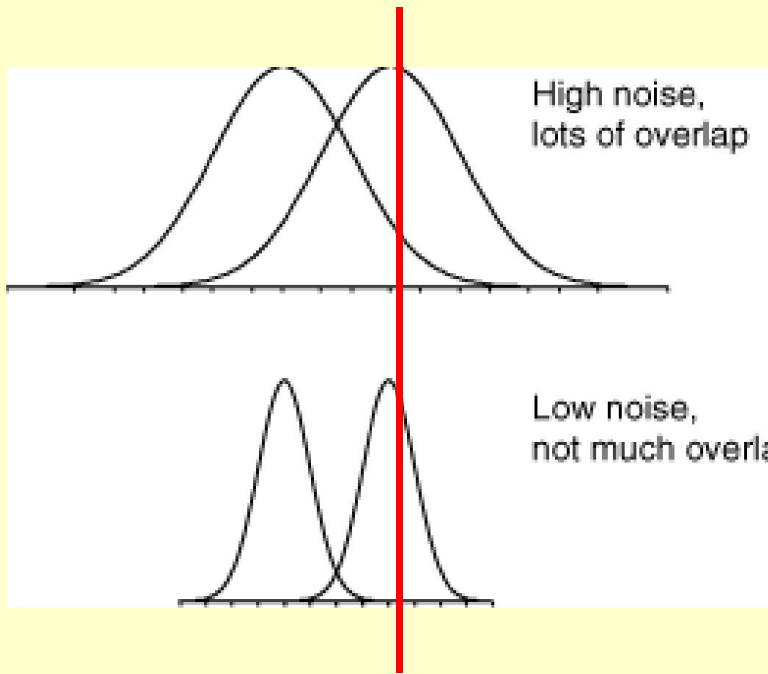
↪ odziv od nepravilnosti (**signal**),

↪ ali i odziv od materijala (**šum**) !!!

↪ Stoga, odabirom ispitnih parametara i uvjeta, treba ostvarivati što veću razliku signala u odnosu na šum tj. postizati što **veći odnos signal-šum** (*kontrast*)



# Podešavanje/odabir osjetljivosti



- ↪ *hit* - ispravno detektiran signal - **PoD**
- ↪ *miss* - signal nije detektiran za postavljenu osjetljivost !
- ↪ *false alarm* - lažne indikacije “tretirane” kao nepravilnosti !
- ↪ *reject* - korektno “zanemaren” (odbačen) šum

# Provedba i ishodi ispitivanja u praksi

Temeljem

(1) pojavljivanja indikacija (*provedba metode*) te

(2) uočavanja istih (*detekcija*) i

(3) evaluacije indikacija (*karakterizacija*)

(4) zaključujemo o stanju ispitnog materijala  
(*značajke*) i

(5) prihvatljivosti ispitne komponente  
(*sukladno kriteriju prihvatljivosti*).

↪ Level I

↪ Level II



### 3. Pouzdanost nerazornih ispitivanja

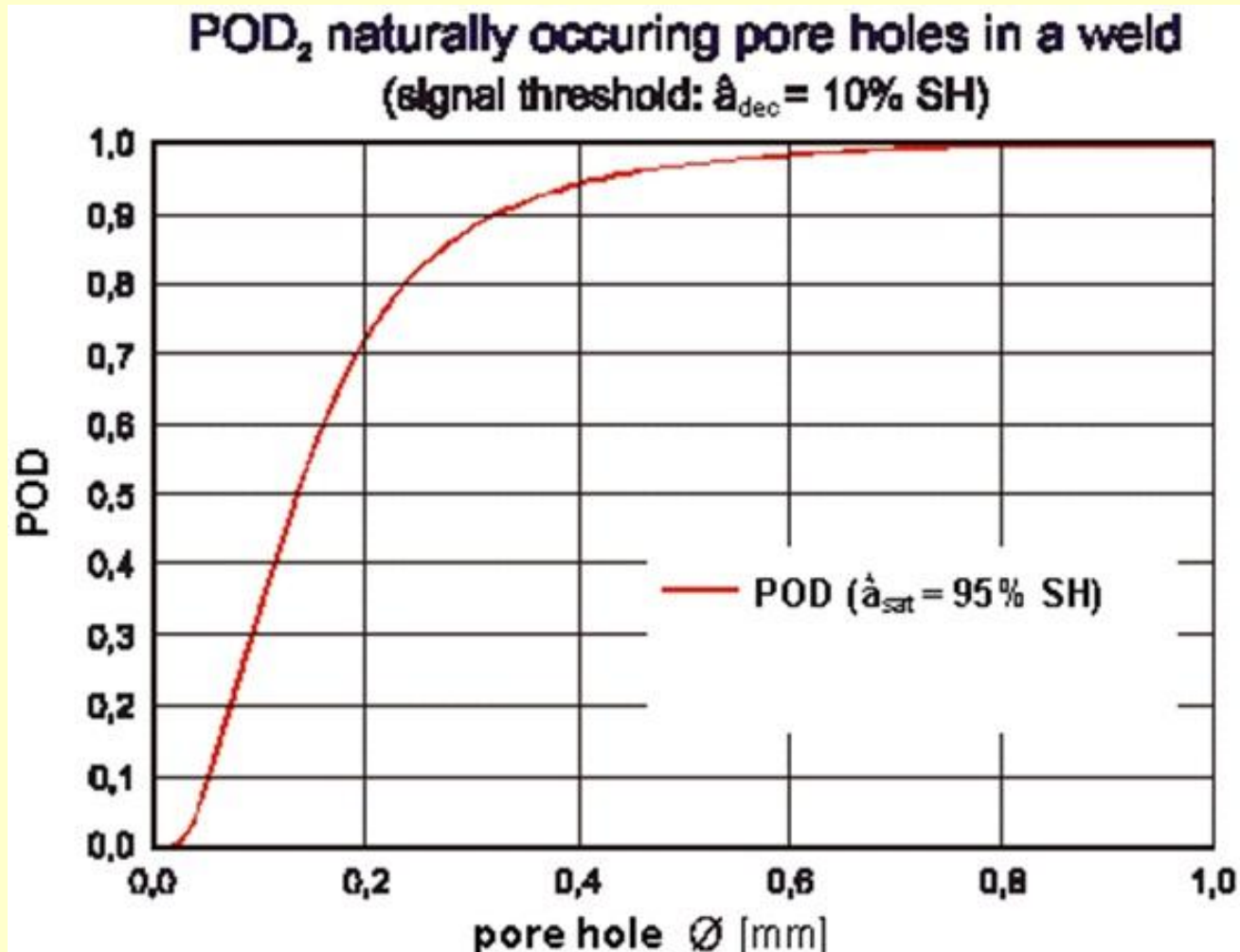
Na **uspješnost ispitivanja** utječu:

- ↪ ispitno osoblje,
- ↪ ispitna oprema i sredstva (referentni uzorci, etaloni),
- ↪ ispitni postupak / ispitni parametri / tehnologija,
- ↪ ispitni objekt (oblik, dimenzije, materijal).

Nerazorna ispitivanja se zapravo sastoje od dva koraka:

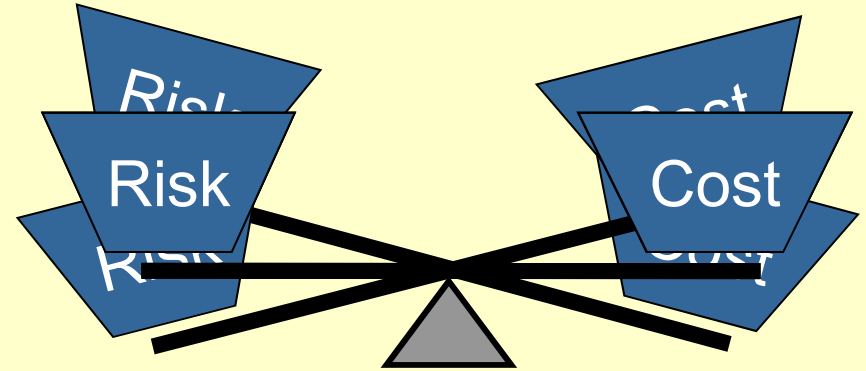
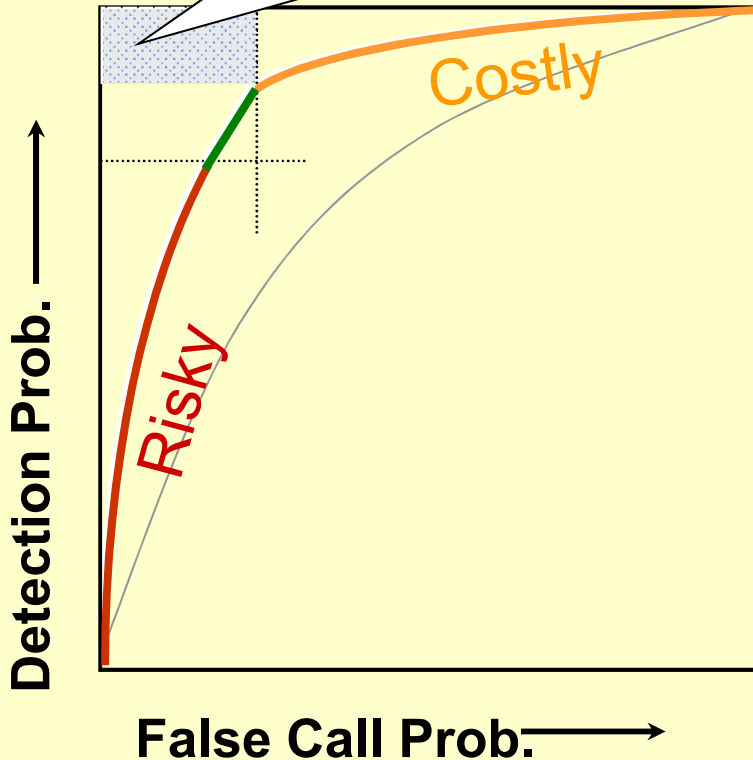
- ↪ dobivanje indikacije (detectability),
- ↪ tumačenje, ocjenjivanje indikacije (interpretability).

# Vjerojatnost detekcije – PoD krivulja



# ROC - operativna krivulja prijama

Prihvatljivo područje  
> 80% uspješne detekcije  
< 20% lažnih indikacija



Balansiranje između:

- ↪ troškova svih rizika (pouzdanost NDT-a i posljedice otkaza) te
- ↪ troškova osiguravanja cjelovitosti (troškovi ispitivanja + troškovi uslijed lažnih grešaka)

## **4. Level 1 – kompetencije (i odgovornosti)**

### **EN ISO 9712:2012**

... competence to carry out NDT according to written instructions and under the supervision of Level 2 or Level 3 personnel. Within the scope of the competence defined on the certificate, Level 1 personnel may be authorized by the employer to perform the following in accordance with NDT instructions::

- ↪ set up NDT equipment;
- ↪ perform the tests;
- ↪ record and classify the results of the tests according to written criteria;
- ↪ report the results.

... shall neither be responsible for the choice of test method or technique to be used, nor for the assessment of test results



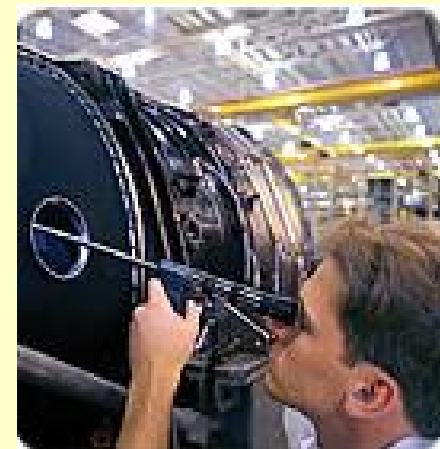
## 4. Level 2 – kompetencije (i odgovornosti)

### EN ISO 9712:2012

... to perform NDT according to NDT procedures. Within the scope of the competence defined on the certificate, Level 2 personnel may be authorized by the employer to:

- ↳ select the NDT technique for the testing method to be used;
- ↳ define the limitations of application of the testing method;
- ↳ translate NDT codes, standards, specifications, and procedures into NDT instructions adapted to the actual working conditions;
- ↳ set up and verify equipment settings;
- ↳ perform and supervise tests;
- ↳ interpret and evaluate results according to applicable standards, codes, specifications or procedures;
- ↳ carry out and supervise all tasks at or below level 2;
- ↳ provide guidance for personnel at or below level 2;
- ↳ report the results of NDT.

## 5. Osiguranje kvalitete (vjerodostojnosti) rezultata



Osiguranje sljedivosti:

↪ uporaba etalona i referentnih blokova (**zapisi!**)

↪ **bilježenje** svih relevantnih parametara (uvjeta) ispitivanja

↪ ponovljivost i obnovljivost ispitivanja  
(*Repeatability and Reproducibility*)

↪ točnost i preciznost rezultata  
mjerna nesigurnost (*Measurement Uncertainty*)



## Brojnost NDT metoda ...

