

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale  
Corso di Laurea in Ingegneria dell'Energia

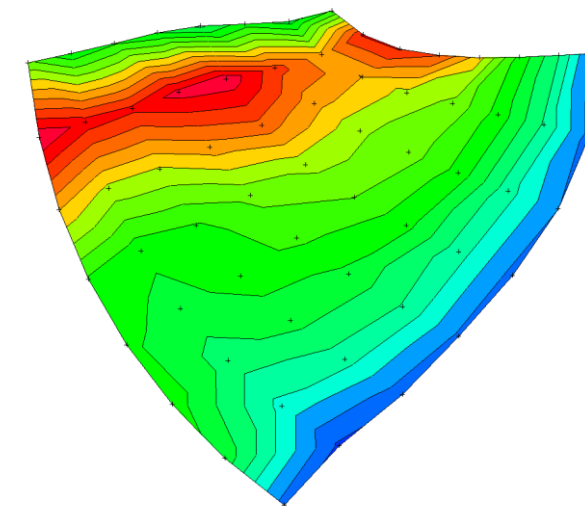
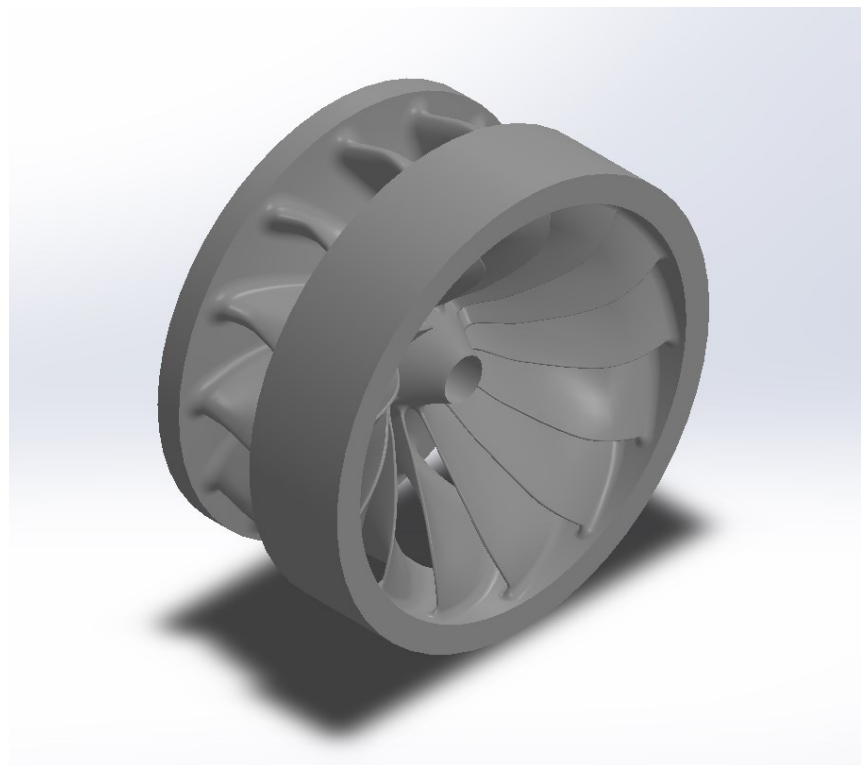
***Relazione per la prova finale***  
**«RIPRISTINO DELLA GEOMETRIA DI UNA  
TURBINA FRANCIS USURATA DA FENOMENI  
DI CAVITAZIONE»**

Tutor universitario: Ing. Alberto Santolin

Laureando: *Lorenzo Minto*

Padova, 14/03/2023

$h$	120 m
$Q_v$	$7.7 \frac{m^3}{s}$
$n$	720 rpm
$n_{fuga}$	1450 rpm
$Z_{girante}$	13
$Z_{distributore}$	20

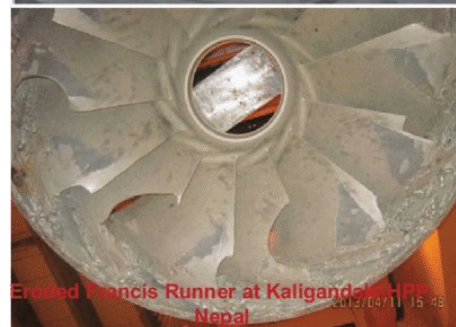
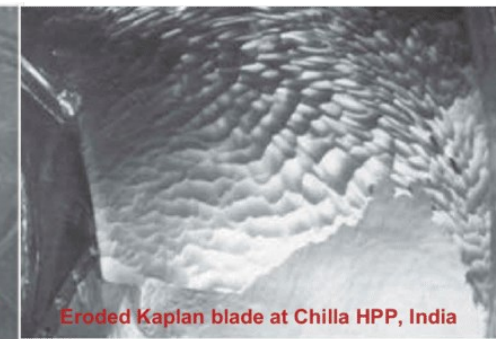
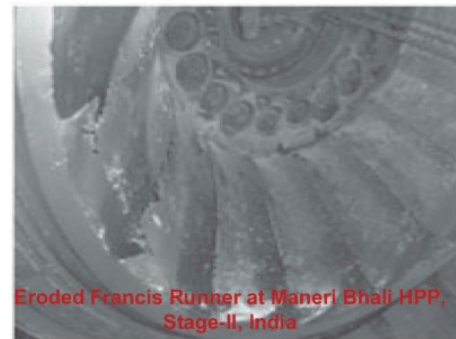
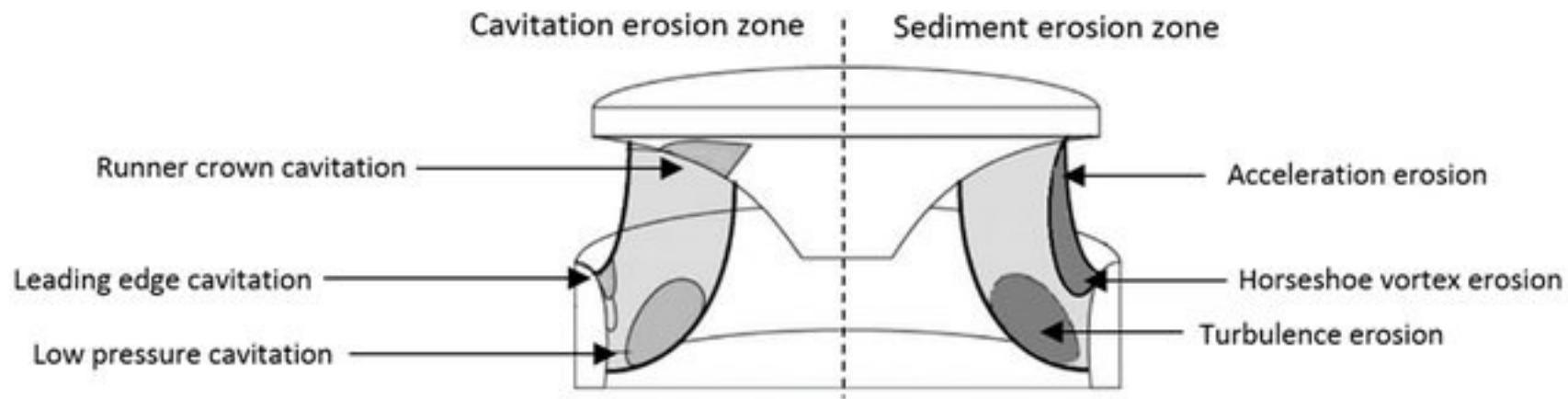


www.dii.unipd.it

Pale della girante usurate da fenomeni di cavitazione



Decremento del rendimento e danni irreversibili



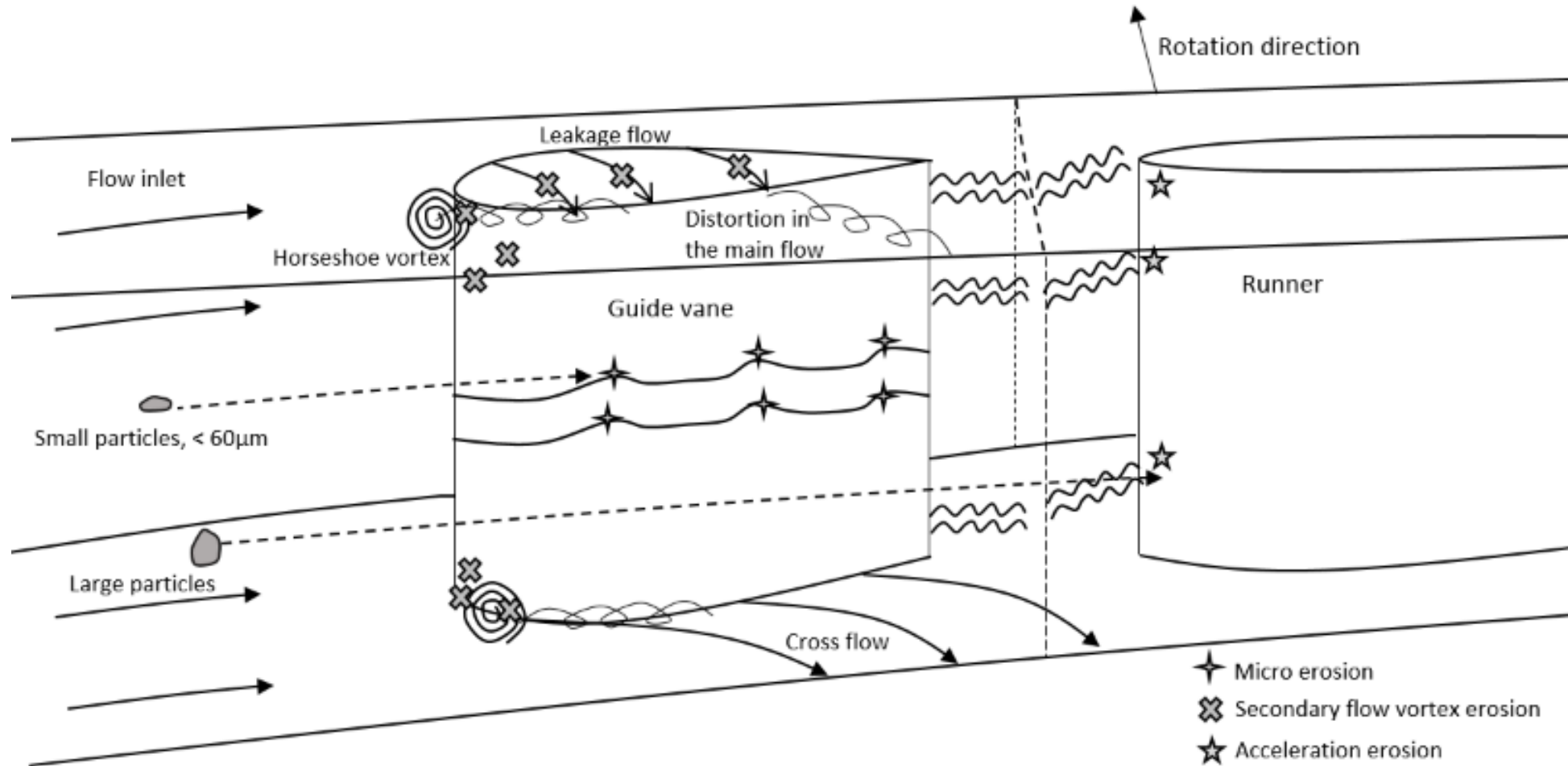
### **Parametri caratteristici:**

- Velocità media del Fluido
- Massa delle particelle di sedimenti
- Concentrazione delle particelle di sedimenti
- Dimensione delle particelle di sedimenti
- Forma delle particelle di sedimenti
- Durezza delle particelle di sedimenti
- Angolo di impatto particelle/superficie
- Proprietà del materiale di base della turbina
- Ore di funzionamento della turbina

### **Meccanismi di usura secondo Stachowiak e Batchelor:**

- Usura abrasiva
- Affaticamento superficiale
- Deformazione plastica
- Deformazione duttile
- Fusione superficiale
- Erosione macroscopica
- Erosione atomica

$$\textit{erosione} \propto \textit{velocità}^n$$



## Modelli di erosione

Bardal

$$W = k_{mat} k_{amb} C V_p^m \left[ \frac{mm}{anno} \right]$$

Tsuguo

$$W = \beta C^x a^y k_1 k_2 k_3 V^m \left[ \frac{mm}{anno} \right]$$

Finnie

$$E = k V_p^3 f(\alpha)$$

Thapa

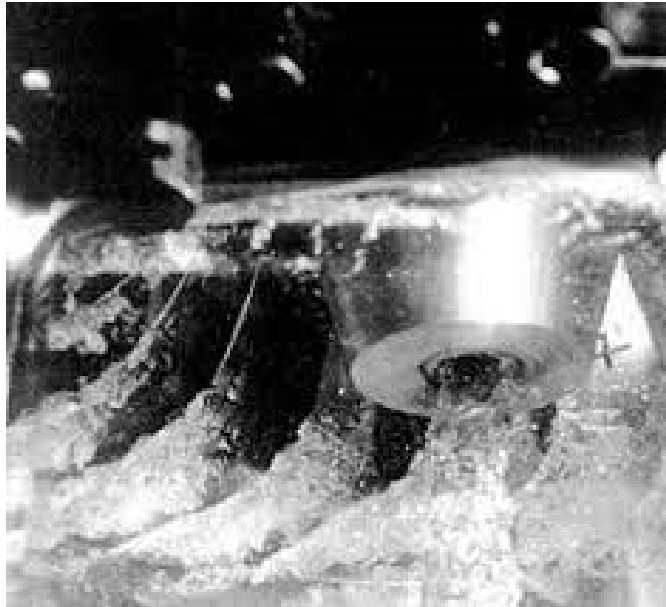
$$y = 6E - 5x^{3.13} \left[ \frac{mg}{kg} \right]$$

Pelton

$$\eta_{\%} = 2.43 \cdot 10^{-10} t^{0.75} S_p^{0.099} C^{0.93} V^{3.4} \left[ \% \right]$$

IEC-62364

$$S = W^3 P L k_m k_f \text{ [mm]}$$



## Cause:

- Detriti
- Non corretta progettazione

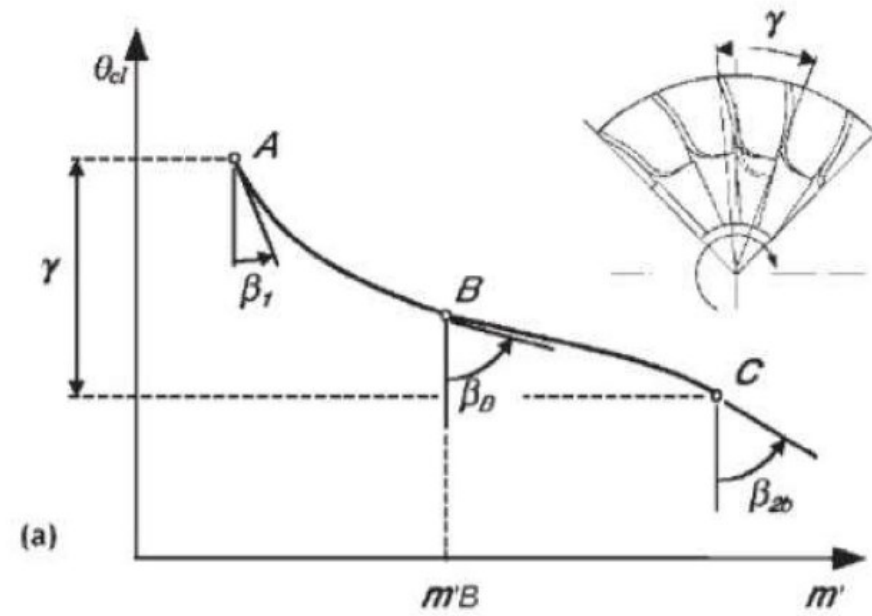
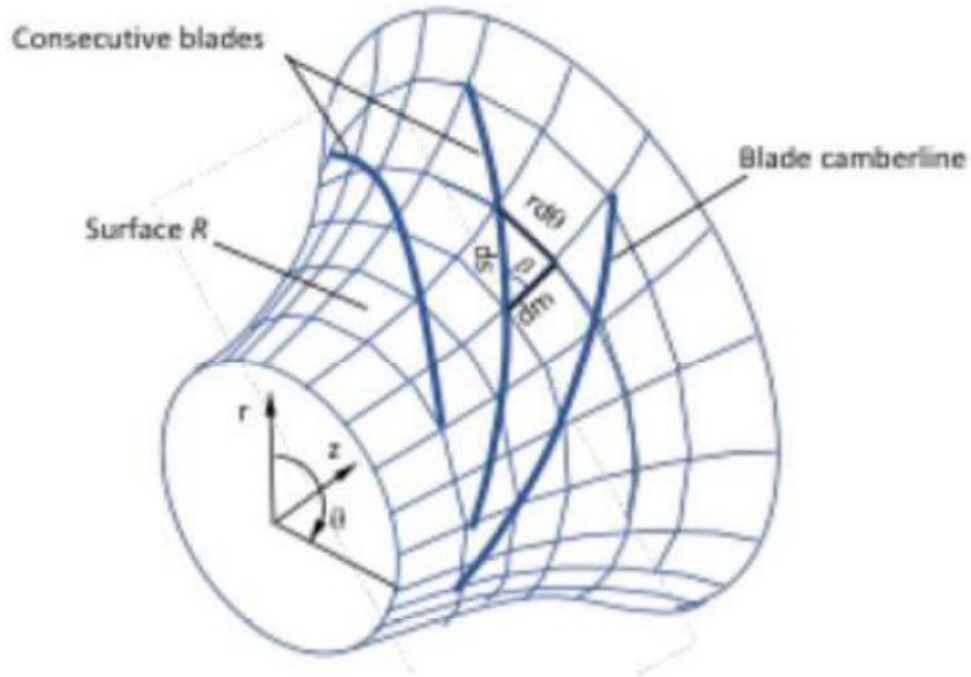
$$NPSH_D = \frac{p_b - p_v}{\rho g} + \frac{cb^2}{2g}$$

$$NPSH_D = \frac{p_b - p_v}{\rho g} - z_b + h_r$$

$$NPSH_D \geq NPSH_R + X$$

## Soluzioni:

- Sgrigliatore
- Vasche di decantazione
- Controlli e manutenzione costanti



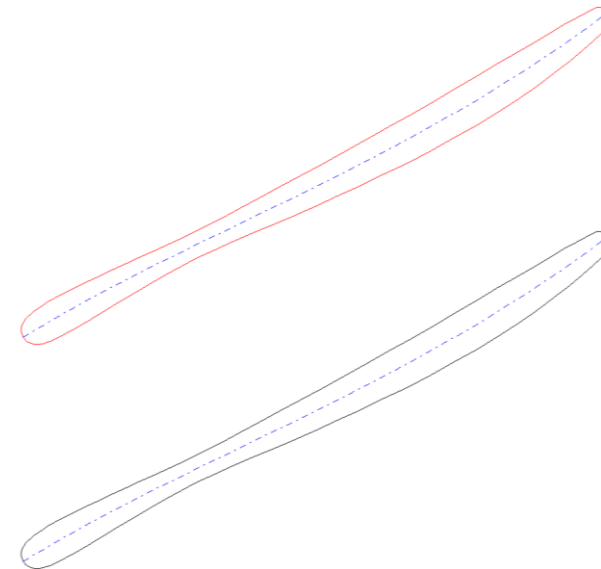
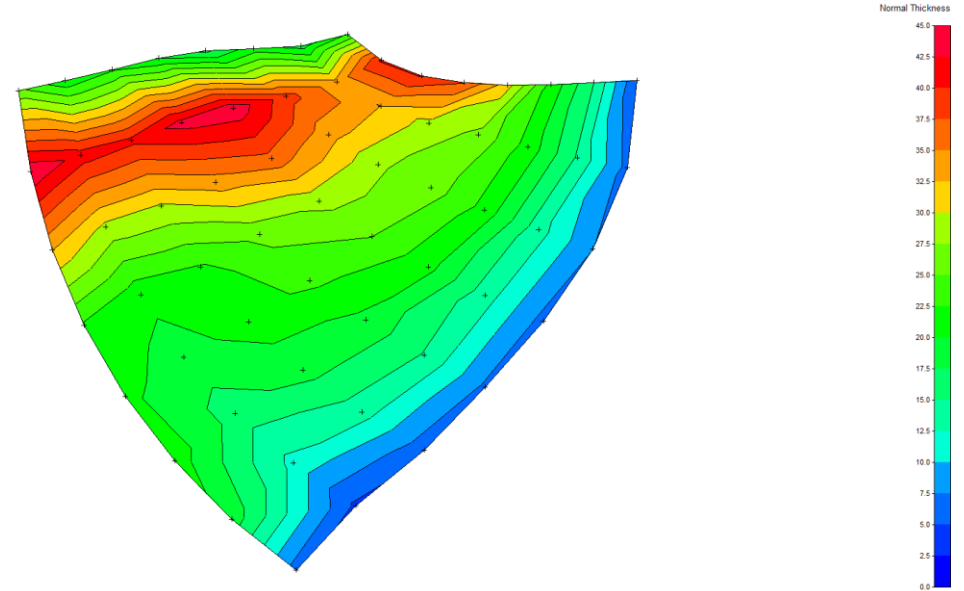
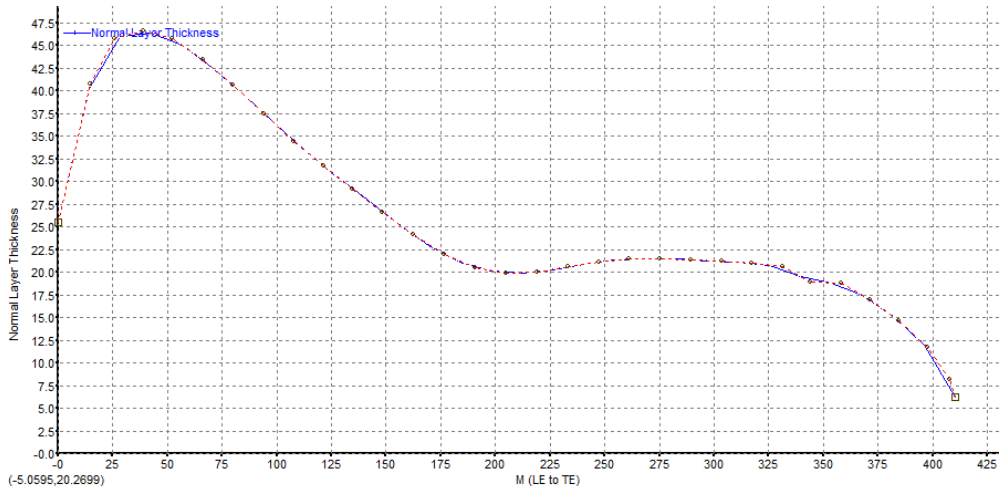
$$dm = \sqrt{dz^2 + dr^2} \quad dm' = \frac{dm}{r} \quad m' = \cos t + \int_0^M \frac{dm}{r} \quad \tan \beta = \frac{rd\theta}{dm} = \frac{d\theta}{dm'}$$



## Software utilizzato: Ansys – BladeGen

La pala risulta:

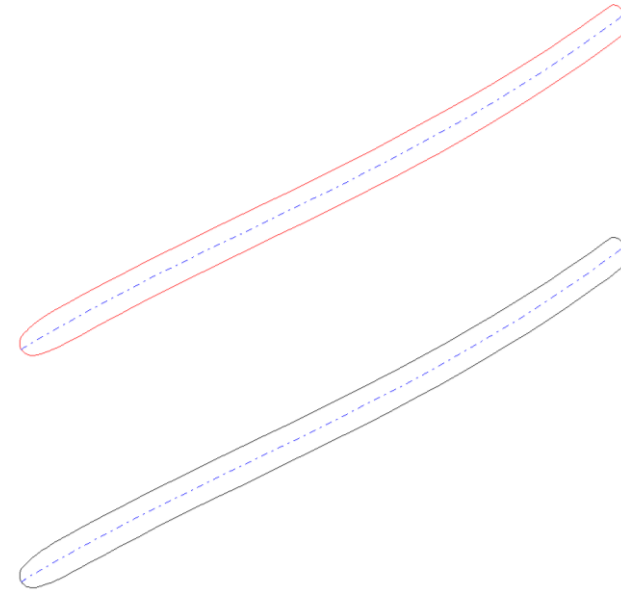
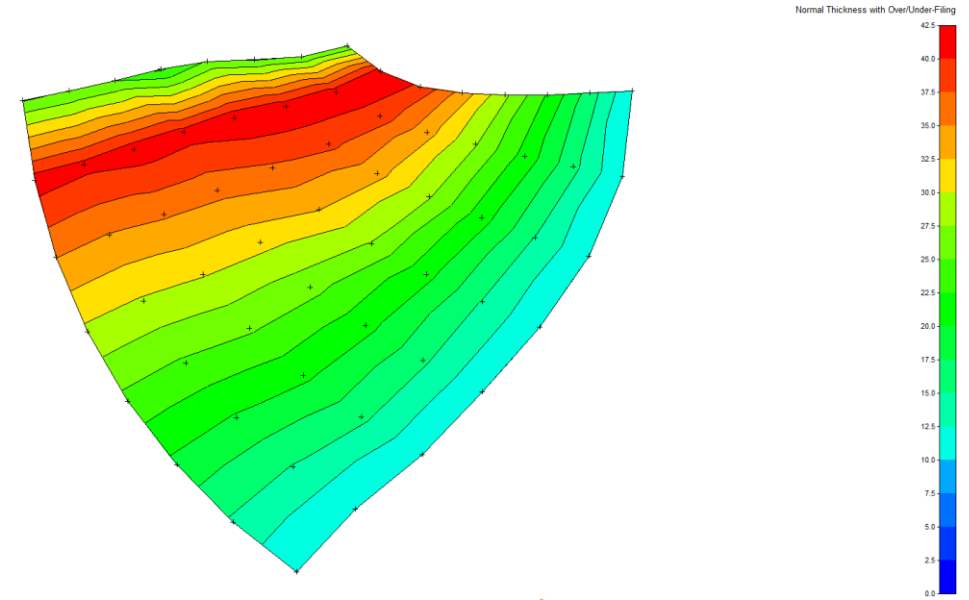
- visibilmente usurata (profilo palare e andamento degli spessori)
- irregolarità dei spessori nel piano meridiano



# Correzione basata su un profilo NACA

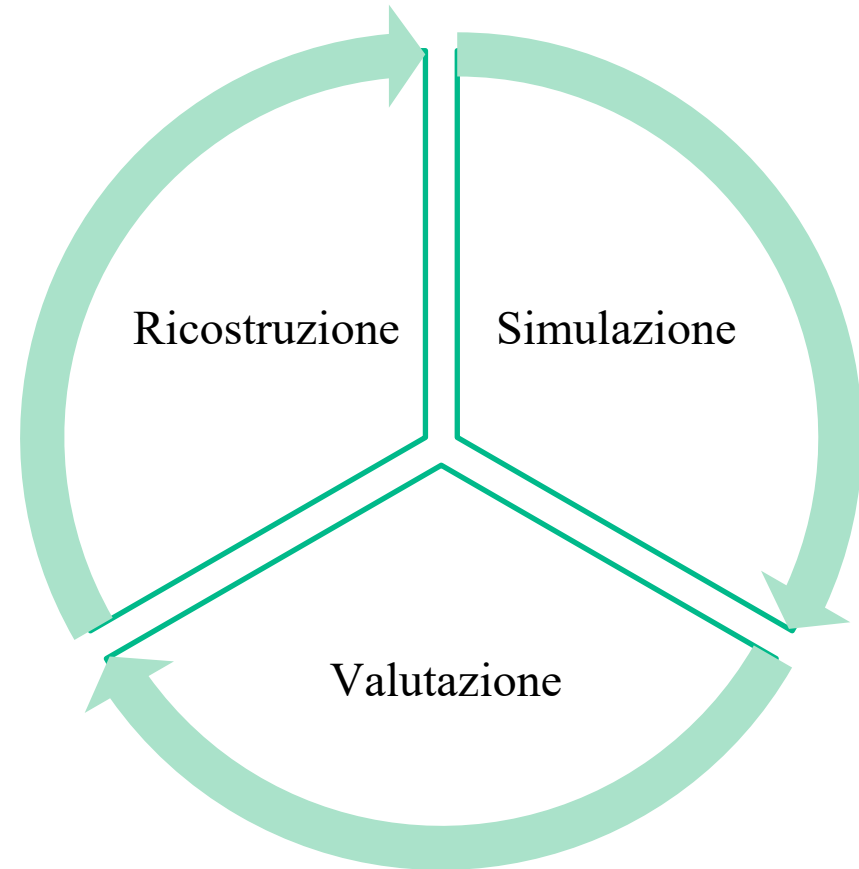
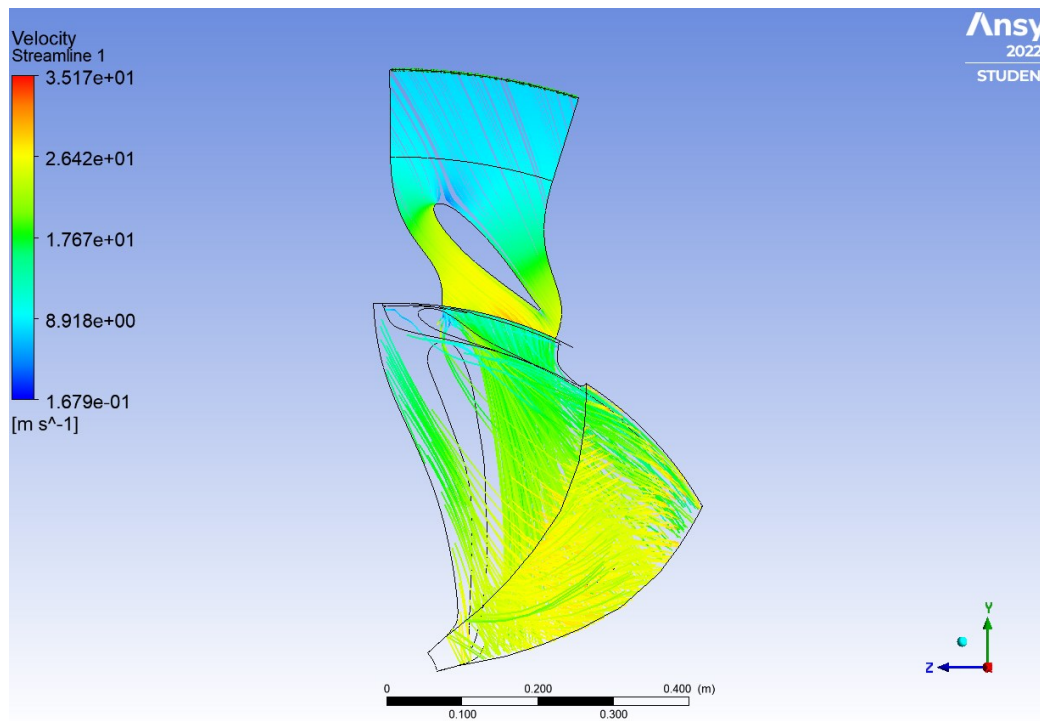
Pala corretta:

- andamento degli spessori lineare
- uniformità degli spessori nel piano meridiano



Prima simulazione della pala danneggiata utilizzando i software Turbogrid e Cfx di Ansys.

Questo è un primo approccio a cui seguirà un processo iterativo fino ad ottenere le prestazioni desiderate.



Grazie per l'attenzione