

**ARGO**  
**HYTOS**

A Voith Company

**2023 ŘÍZENÍ NATOČENÍ LOPATEK  
VĚTRNÝCH ELEKTRÁREN**



# AGENDA

01 Úvod k větrným elektrárnám

02 Hydraulické obvody ve větrných el.

03 Požadavky k řízení natčení lopatek

04 Schema regulačního obvodu

05 Proporcionální ventil PRM9

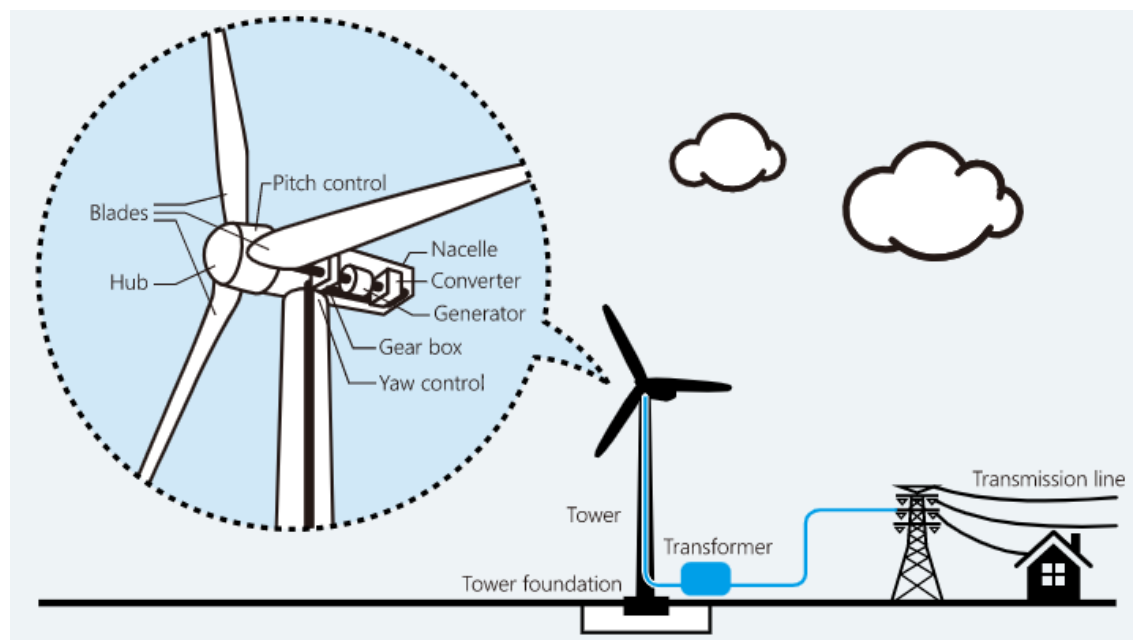
06 Dotazy

# 01 VĚTRNÁ ELEKTRÁRNA

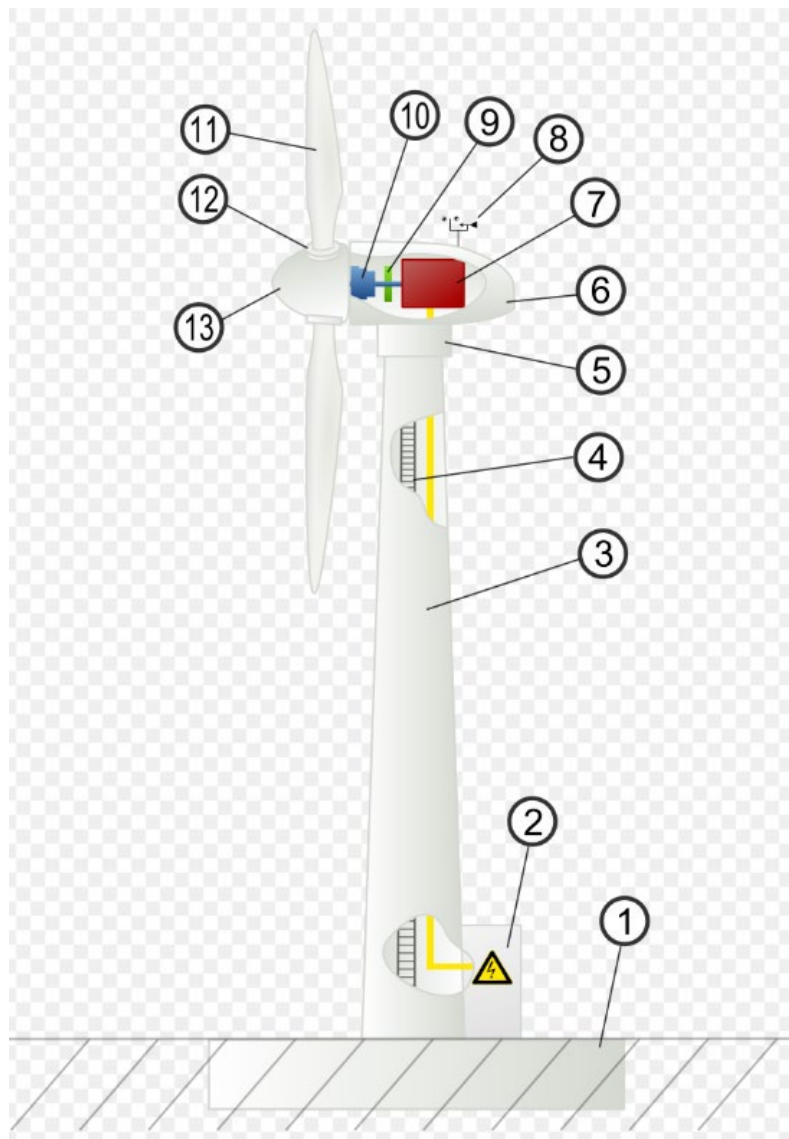
Větrná energie je **obnovitelná energie** používaná k vytváření **elektrické energie** pomocí **větrných elektráren (turbín)** s využitím proudění **větru** jako **obnovitelného zdroje energie**.

Nejobvyklejším využitím jsou dnes větrné elektrárny, které využívají síly větru k roztočení vrtule. K ní je pak připojen **elektrický generátor**. Teoreticky získatelný výkon je přímo úměrný třetí mocnině rychlosti proudící vzdušné masy. Protože rychlost větru značně kolísá, nedosahují větrné elektrárny po většinu doby nominálních hodnot generovaného výkonu.

V historii se místo převodu na **elektřinu** přímo konala nějaká mechanická práce. **Větrný mlýn** například mlel **obilí**, větrnými stroji se čerpala voda, lisoval **olej**, stloukala **plst'** nebo poháněly **katry**. Vítr se také používá k pohonu dopravních prostředků, nejvíc u lodí (**plachetnice**).



# 01 VĚTRNÁ ELEKTRÁRNA



Wind turbine components :

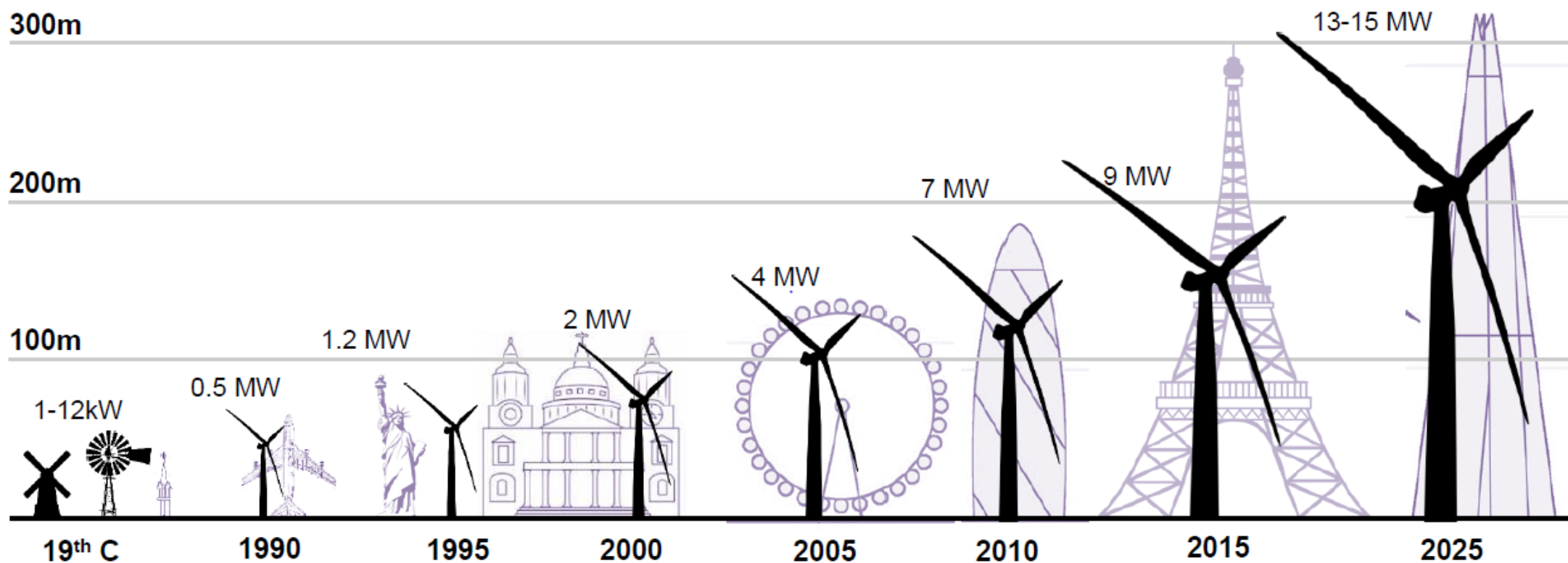
- 1 - Základ,
- 2 – Připojení do el.sítě,
- 3 - Věž,
- 4 – Výtah (žebřík),
- 5 – Natáčení gondoly dle směru větru
- 6 - Gondola
- 7 – El.generator
- 8 - Anemometer,
- 9 – Elektrická, či mechanická brzda
- 10 - Transmise,
- 11 - Rotor
- 12 – Systém natáčení lopatek turbíny



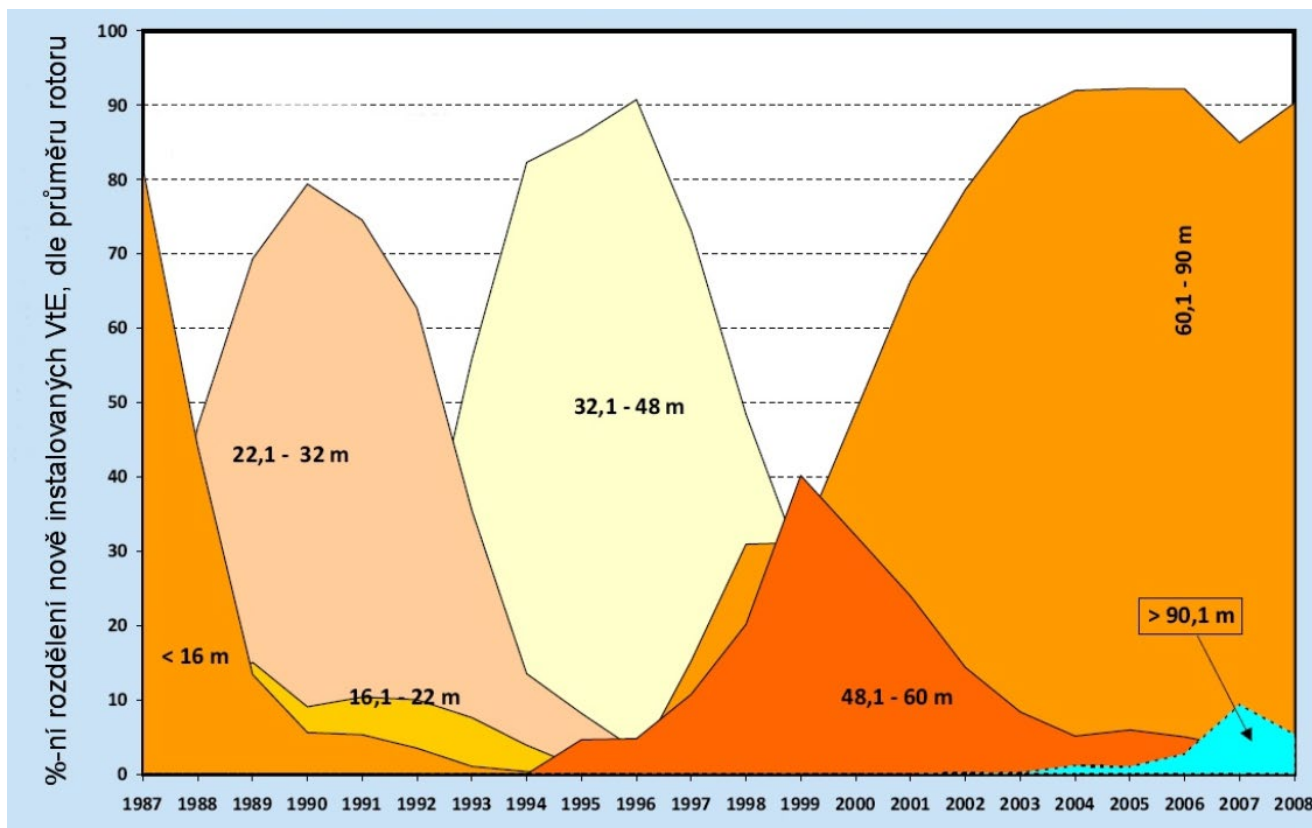


# 01 EVOLUCE VÝKONU

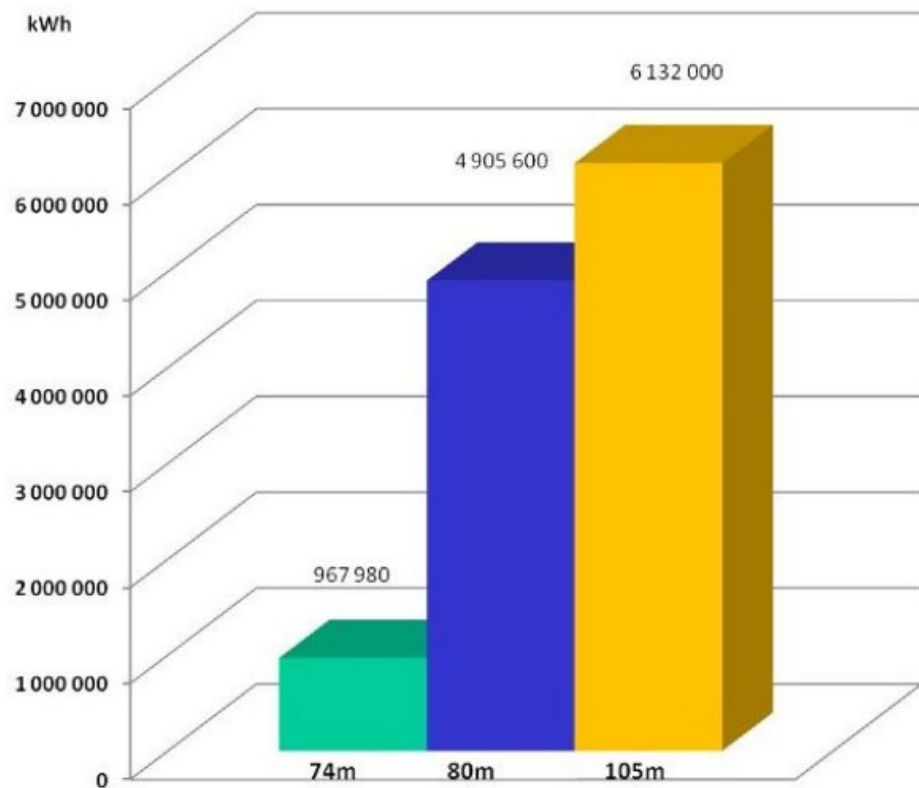
Evoluční přehled větrných elektráren



### 3.OVLÁDÁNÍ VÝKONU



%-ní rozdělení nově instalovaných VtE (VtE jsou řazeny do skupin, dle průměru rotoru)



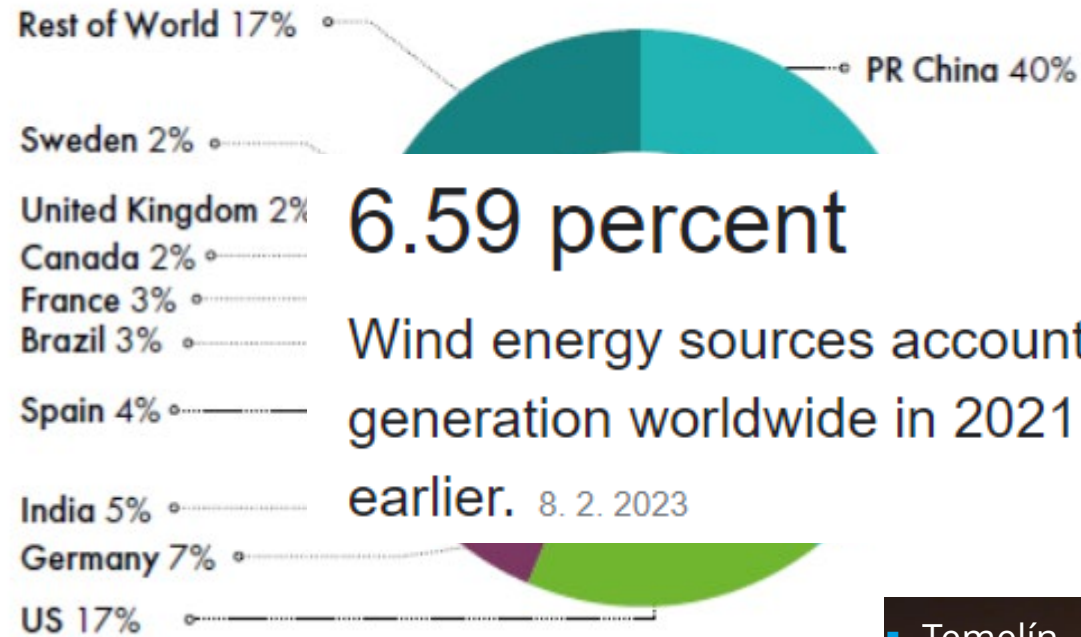
Roční výroba energie v závislosti na rozměrech VtE

Potenciál lokality vhodná pro výstavbu VtE lze efektivně využít pouze použitím moderních strojů s velkými rotory a vyššími stožáry. Jejich efektivitu nelze nahradit ani použitím několikanásobně vyššího počtu malých elektráren



# 01 INSTALOVANÁ KAPACITA SVĚT VTE

Total installations onshore (%)

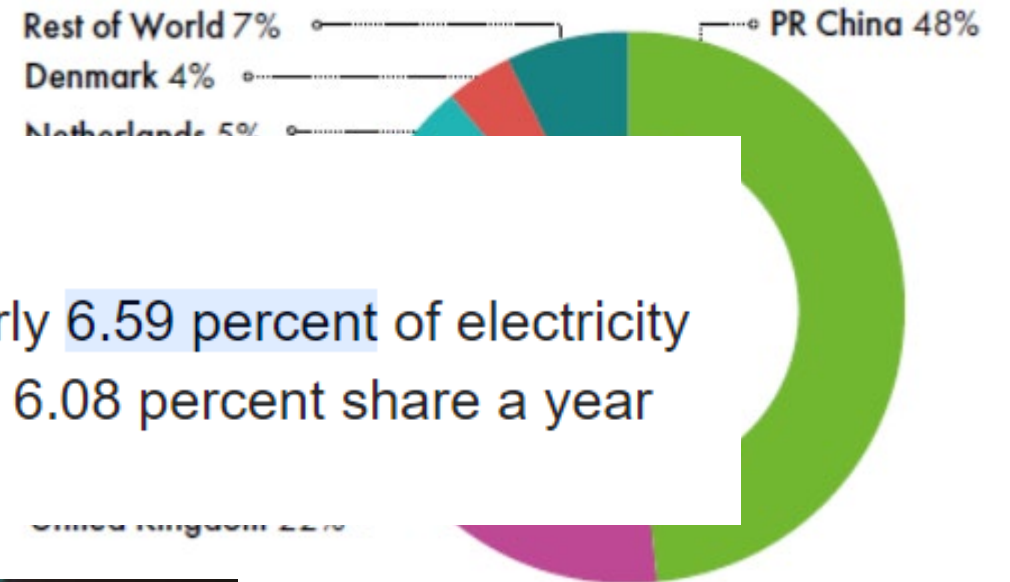


6.59 percent

Wind energy sources accounted for nearly 6.59 percent of electricity generation worldwide in 2021, up from a 6.08 percent share a year earlier. 8. 2. 2023

- Nově Instalovaná kapacita
- Souše 71 GW/rok @ 2021

Total installations offshore (%)

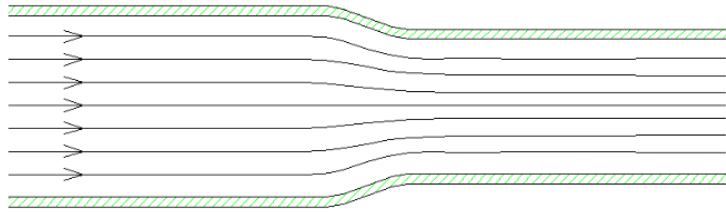


- Nově Instalovaná kapacita
- Moře 21 GW/rok @ 2021

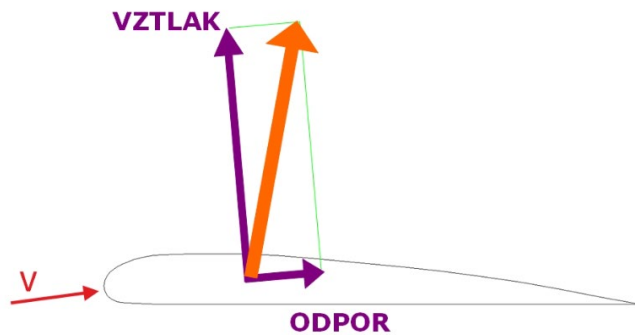
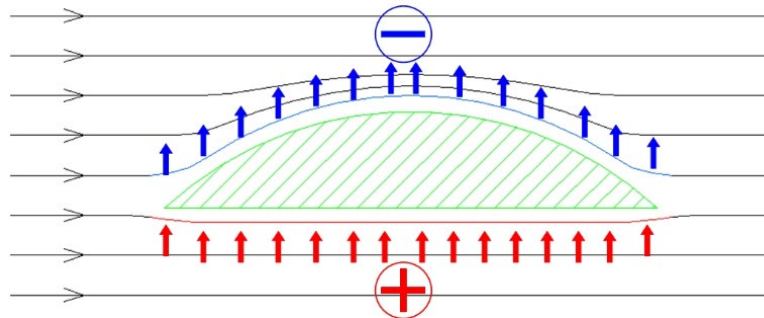


- Temelín
- Jaderná elektrárna
- 2,2 GW

### 3.VZNIK VZTLAKU



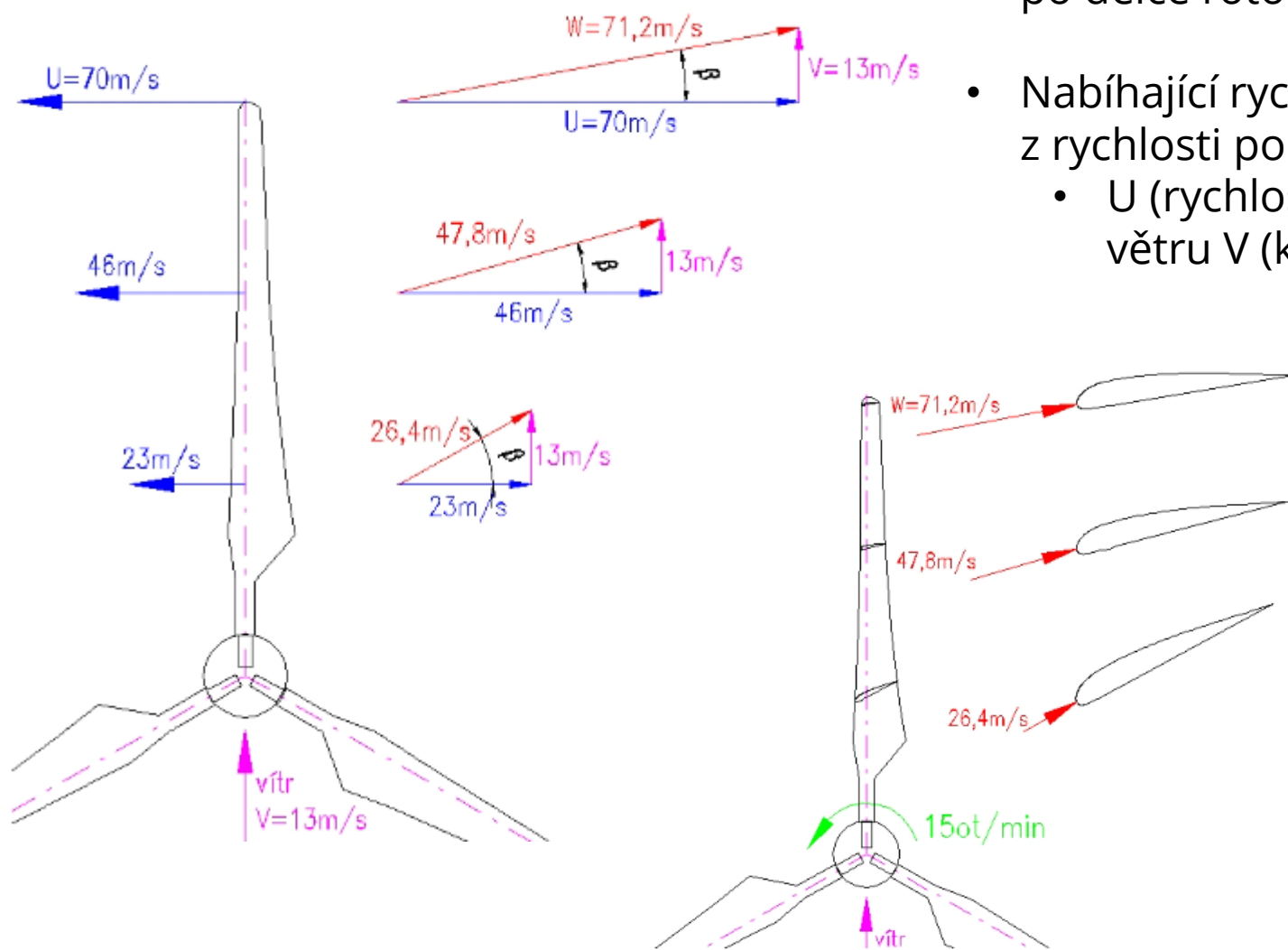
$$v_1 < v_2$$
$$P_1 > p_2$$



- V zúžení roste rychlost proudění a snižuje se tlak
- Nad profilem vzniká podtlak, pod profilem pak přetlak.
- Vztlaková síla dosáhne svého maxima pouze pokud je profil ofukován pod jedním určitým úhlem.
- Pak dosahuje maxima i výsledná síla vznikající na profilu



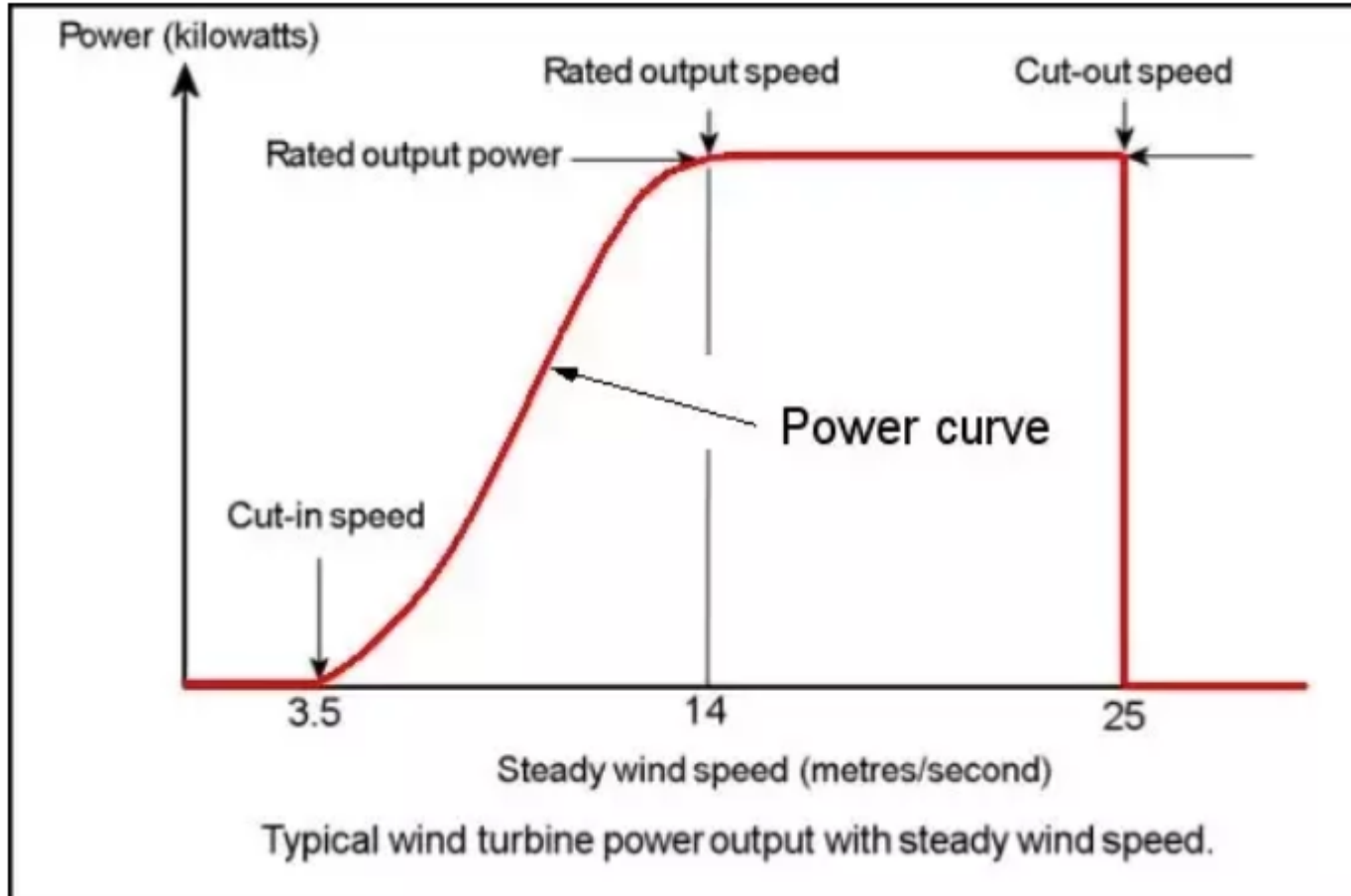
### 3. POŽADAVKY PRO ŘÍZENÍ NATOČENÍ LOPATEK



- po délce rotorového listu se mění obvodová rychlost.
- Nabíhající rychlost vzduchu se vektorově skládá z rychlosti pohybu rotorového listu
  - $U$  (rychlost se mění po délce listu) a rychlosti větru  $V$  (konstantní pro celou délku listu)

- směr nabíhajícího proudu vzduchu se po délce listu mění.
- Pokud ale chceme, aby aerodynamický profil pracoval po celé délce listu co nejefektivněji, musíme tento profil natočit tak, aby byl stále optimálně ofukován

### 3. POŽADAVKY PRO ŘÍZENÍ NATOČENÍ LOPATEK



- Větrná turbína musí vyrábět energii v rozsahu rychlostí větru.
- Zapínací rychlost se u většiny turbín pohybuje kolem 3–4 m/s a vypínací rychlost 25 m/s.
- Pokud je překročena jmenovitá rychlost větru, musí být výkon omezen.

### 3.OVLÁDÁNÍ VÝKONU VTE RIZIKA



- Rychlost otáčení musí být řízena pro efektivní výrobu energie a pro udržení KOMPLETU turbíny v mezích rychlosti a točivého momentu rotoru.
- Odstředivá síla na lopatky rotoru se zvyšuje s **druhou mocninou** rychlosti otáčení, což činí tuto strukturu citlivou na překročení rychlosti.
- výkon roste s **třetí mocninou rychlosti větru**, turbíny musí přežít mnohem vyšší zatížení větrem (jako jsou poryvy větru) než zatížení, ze kterých generují energii.

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^3 \cdot c_p \cdot S$$

P	...	výkon VtE	[W]
$\rho$	...	hustota vzduchu	[kg.m <sup>-3</sup> ]
V	...	rychlost proudění vzduchu	[m.s <sup>-1</sup> ]
$c_p$	...	účinnost stroje	[-]
S	...	plocha rotoru	[m <sup>2</sup> ]

### 3. OVLÁDÁNÍ VÝKONU VTE



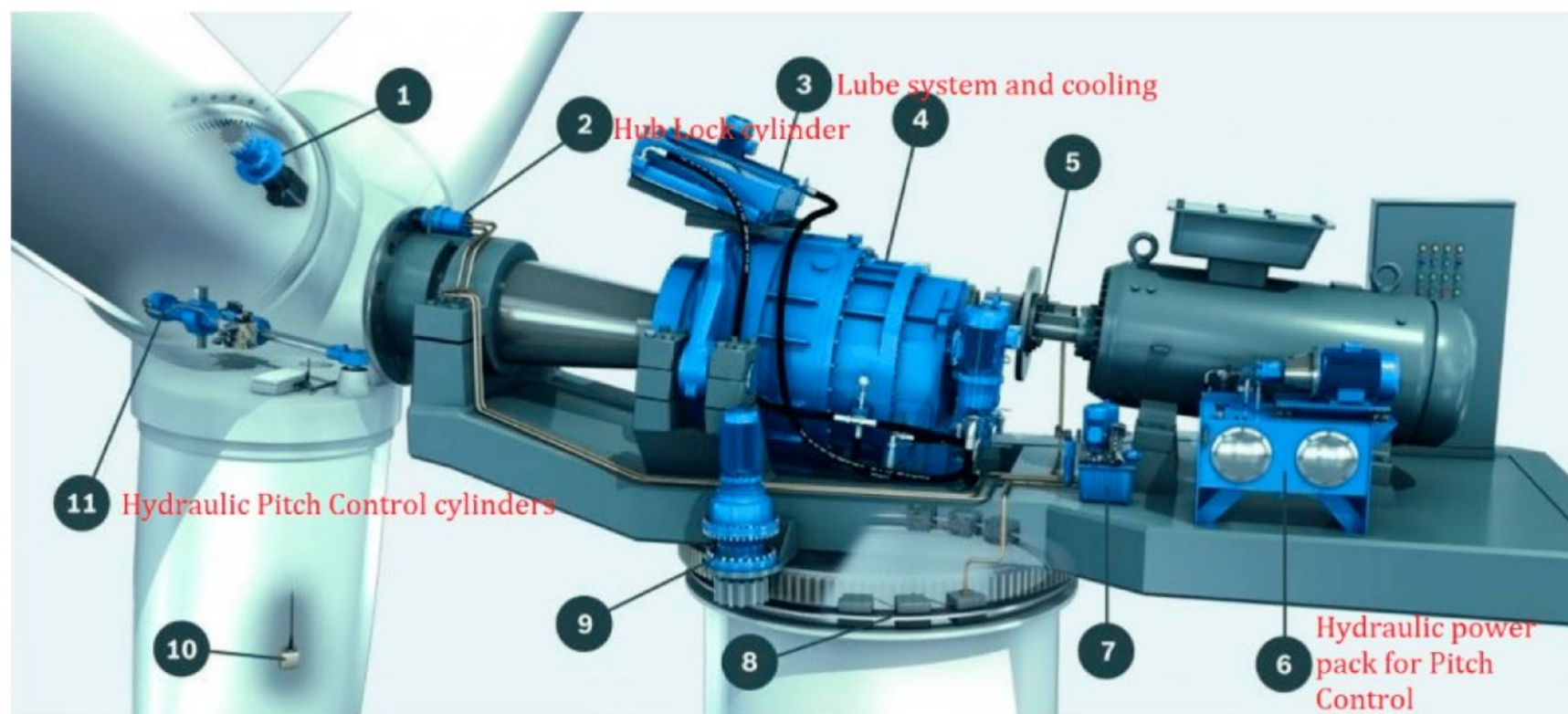
- Řídicí systém zahrnuje tři základní prvky:
  - senzory pro měření procesních proměnných,
  - akční členy pro manipulaci se zachycením energie a zatížením komponent
  - řídicí algoritmy, které aplikují informace shromážděné senzory ke koordinaci aktuátorů.
- **Jakýkoli vítr foukající nad rychlost přežití poškozuje turbínu.**
- **Rychlost přežití komerčních větrných turbín se pohybuje od 40 m/s (144 km/h) do 72 m/s (259 km/h)**



## 02. HYDRAULICKÉ OBVODY VTE



**Figure 4.** Wind turbine hydraulics [32]; 1—Electromagnetic (rotary) pitch control; 2—hub lock cylinder; 3—lube system and cooling; 4—gearbox; 5—high-speed output shaft; 6—hydraulic power pack for pitch control; 7—brake power back; 8—yaw brake; 9—yaw drive; 10—blade control; 11—hydraulic pitch control cylinders.



### 3. POŽADAVKY PRO ŘÍZENÍ NATOČENÍ LOPATEK



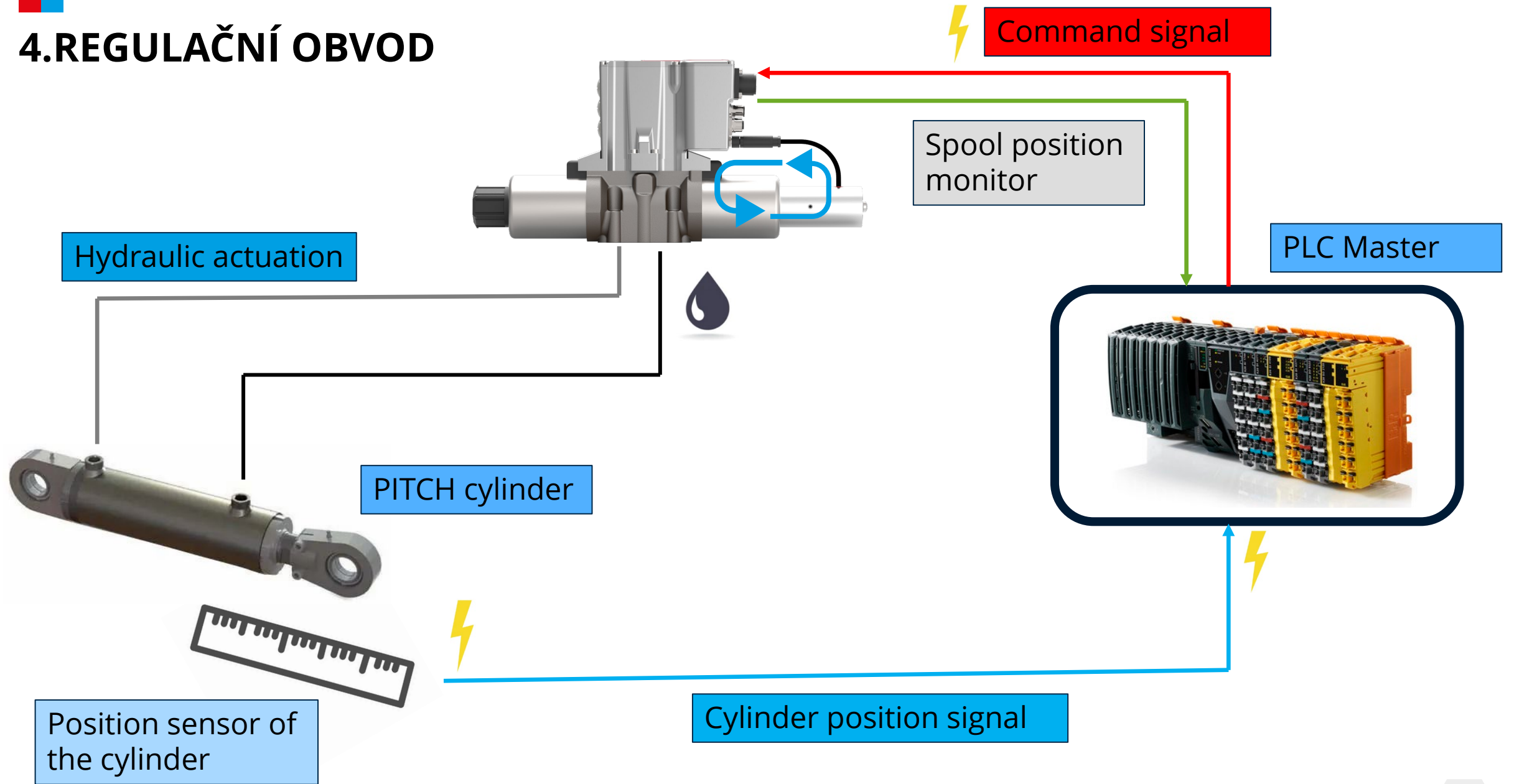
#### Proporcionální hydraulická regulace

Základní požadavky na systém a jeho komponenty:

- > Nízká hystereze (max 0,5%)
- > Opakovatelnost ventilů-shodnost průtokových charakteristik
- > Dostačující dynamika ventilů (cca. 8Hz)
- > Dostatečná průtočnost (60lpm at 10bar dp)
- > Nízké tlakové ztráty
- > Optimalizovaná-tvarovaná charakteristika (linerizace)
- > Dostatečná provozní životnost (10mio. cyklů)
- > Odolnost vůči vibracím
- > El. mag odolnost (elmag. emissions/imunity)



# 4.REGULAČNÍ OBVOD

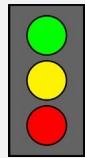


# 5. PROPORCIONÁLNÍ VENTIL PRM9-10

## Vlastnosti

### Optická indikace stavu

- Power
- CANOpen
- Error



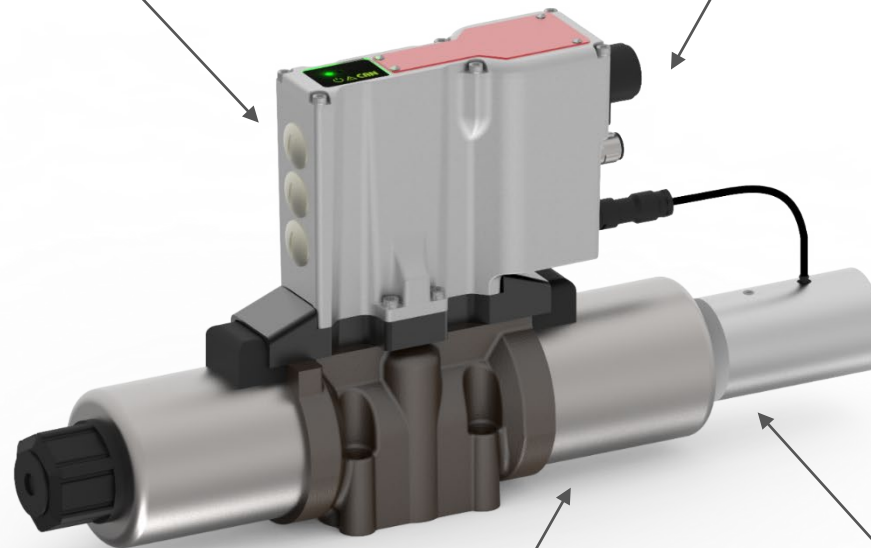
Intuitivní parametrizační software

Trouble codes historie uložena v paměti ventilu

Parametrizace probíhá přes 5V USB-není potřeba další napájení

μ-USB konektor pro parametrizaci

Rozvržení pinů stejné jako u světových výrobců MIL 6+PE connector



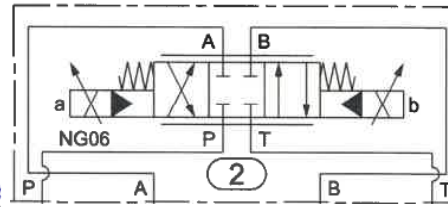
Antikorozivní ochrana  
all ZnNi , 520 hours acc.to ISO/DIN 9227 analogue of ASTM Standard B117

24 V DC only  
(power supply 19,2-28 V DC)

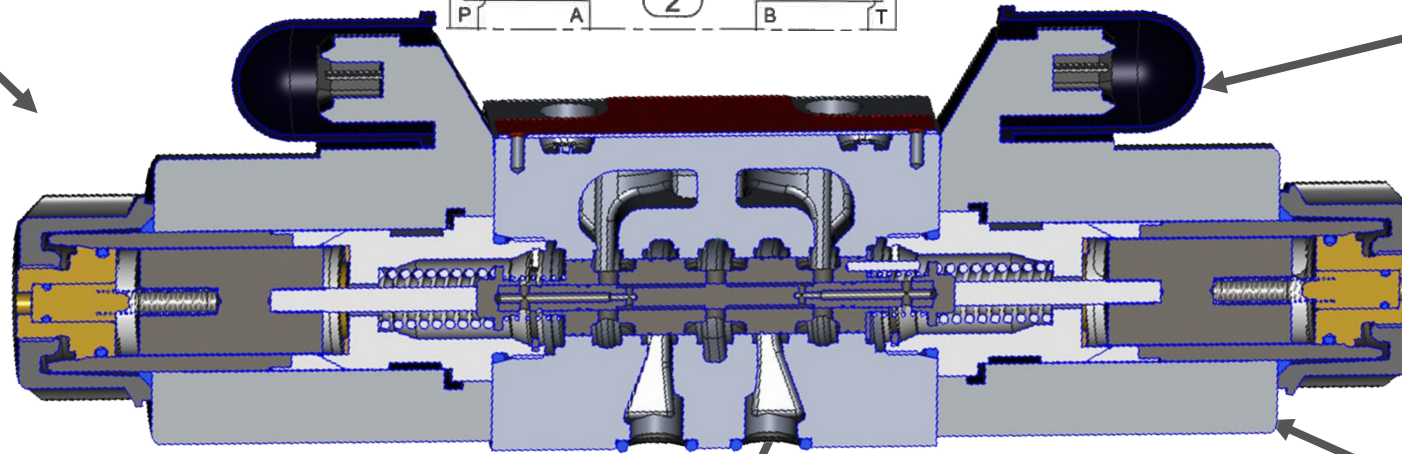
# 5. PROPORCIONÁLNÍ VENTIL PRM9-10

Možnosti zvýšení výkonu ve stejném zástavbovém prostoru

Technologically demanding solution



Standard coil size  
Standard valve size CETOP 03



Extraordinary flow to size ratio

Pilot operated flow control valve  
Floating spool concept

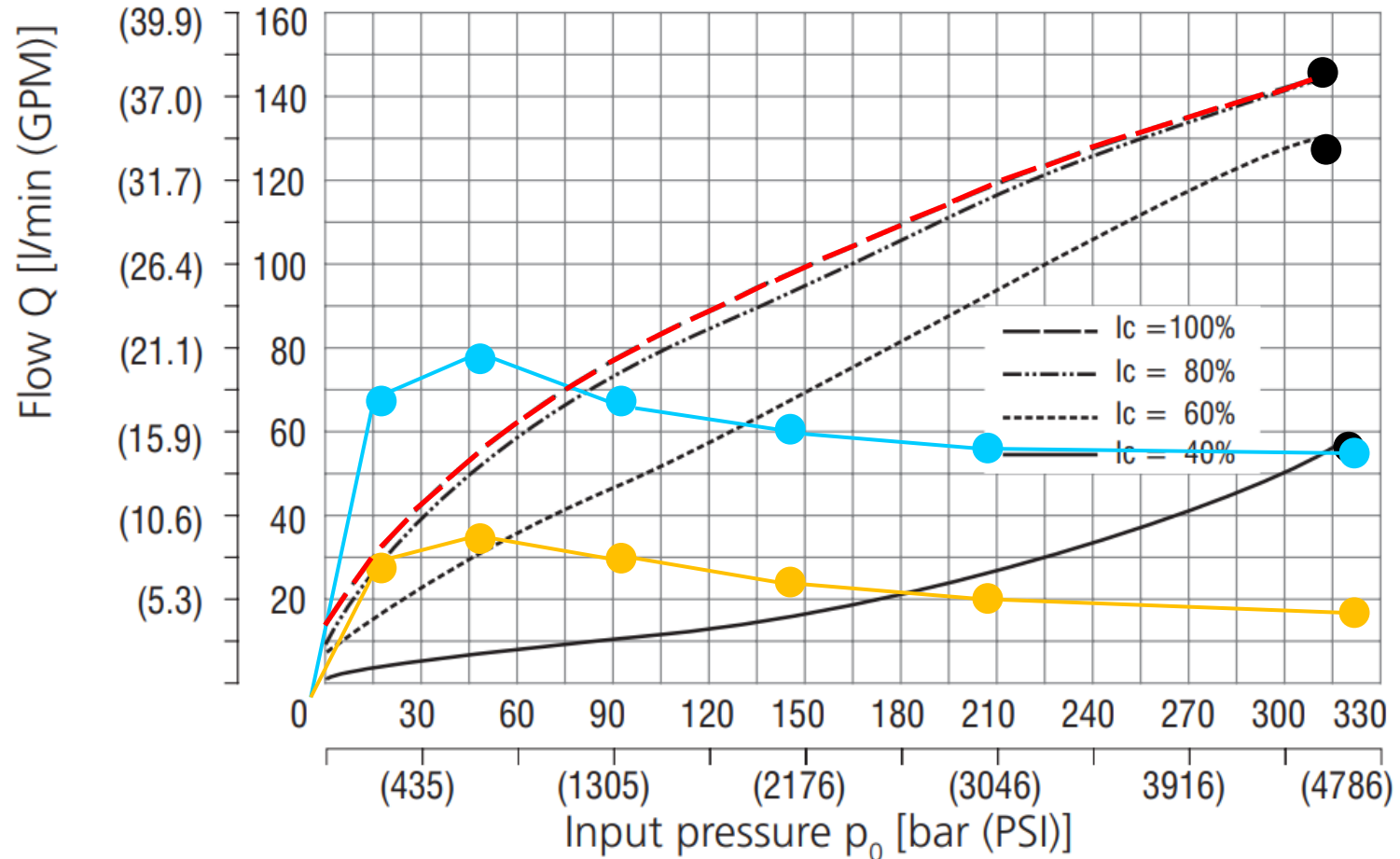
Exceptional hydraulic power limits

# 5. PROPORCIONÁLNÍ VENTIL PRM9-10

Možnosti zvýšení výkonu ve stejném zástavbovém prostoru

## Operating limits:

Flow direction  $P \rightarrow A / B \rightarrow T$  or  $P \rightarrow B / A \rightarrow T$



● PRM8-06

● NG10\*

● NG06\*

\* Witout LVDT, without ECU

# 5. PROPORCIONÁLNÍ VENTIL PRM9-10

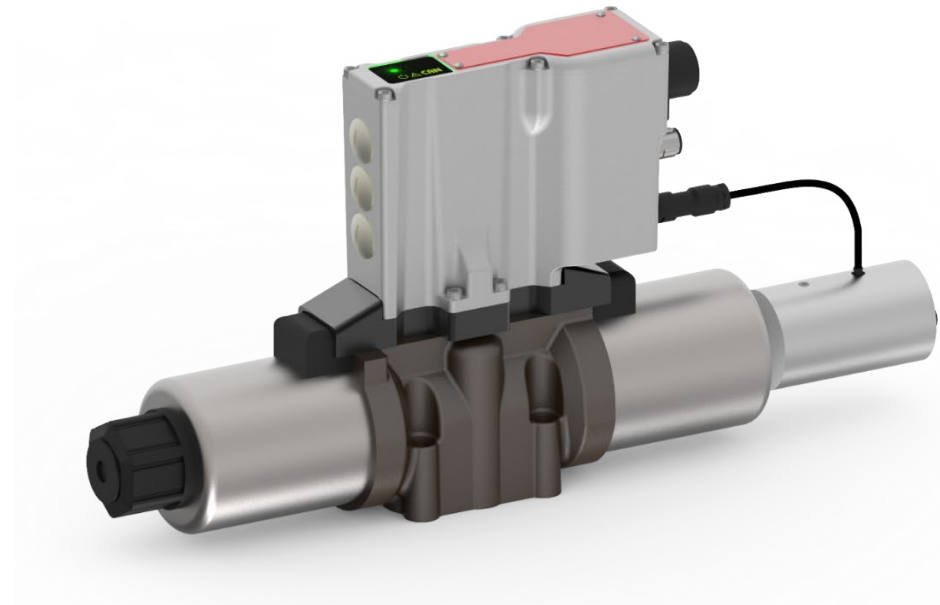
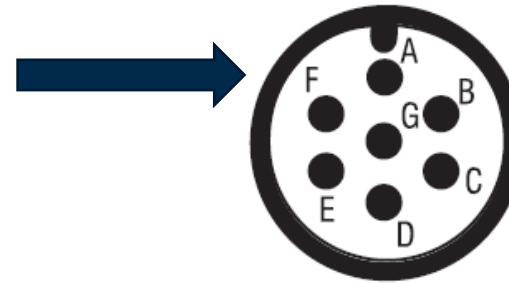
## Vlastnosti

### Programovatelný výstup - pin F

- › Monitorování volitelného signálu z ventilu
- › Výběr je prováděn v parametrizačním softwaru

### Další výhody

- › IP rating: IP67
- › Aluminum ECU box
- › 10 milionů pracovních cyklů / 5 let záruka
- › Řídicí signál je volitelný – flexible ECU
- › Shock proof design: (mechanic electronic) 30g
- › Vibration proof design: 10g
- › EMC compatibility



# 5. PROPORTIONAL VALVE PRM9-10

## Parametrization software



### ADVANTAGES

- › Základní funkce ovládání regulátorů
  - › Ramps, Dead band, Threshold, Linearization, Offset a další
- › Info o stavových veličinách ventilu
- › Easy start- výběr konfigurace ventilu dle skutečně ovládaného ventilu
- › Automatické nastavení limitů dle typového klíče
- › Oscilloscop – live data stream
- › Monitorování vnitřních veličin-signalů (el. current, feedback..)
- › Offline nebo online parametrizace

PRM9 1.2.0.4 (Basic)

File View Valve Communication Help

Setpoint  $U(t) / I(t)$

Negative

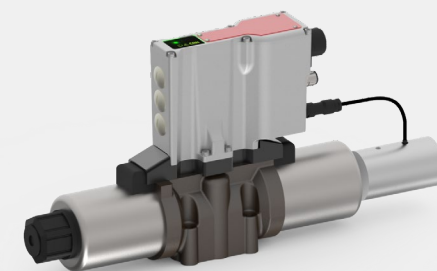
Gain Deadband [%]

1 20

Output

Input

Mode: off-line Status: ok FW Version: N/A PRM9-06Z11/05-24E02S02 untitled





**DĚKUJI ZA  
POZORNOST**



# DOTAZY

*PLEASE REACH OUT TO OUR INSIDE TEAM FOR PRICING, AVAILABILITY, & GUIDANCE ON PRODUCTS AND PROGRAMS!*

**Martin ČADAN**

Head of Product Management FMC

+420 737 225 605

[m.cadan@argo-hytos.com](mailto:m.cadan@argo-hytos.com)