

Rozhodovací procesy v ŽP

Cvičení č. 10 - Operační hra WRENCH (Water REservoir uNder Climate Heat)

Motivace hry:

Hra simuluje proces rozhodování za situace, kdy vznikají konflikty zájmů mezi několika skupinami podílejících se na řízení provozu vodní nádrže. Výsledky jejich jednání a dohod či konfliktů se často silně dotýkají každodenního života lidí, zemědělských i průmyslových provozů, života vodních organismů či ekologické stability přilehlého území a občas na nich závisí i bezpečnost lidských životů a jejich majetku.

Cíle hry:

Cílem je zasvětit účastníky do jim ne zcela známé problematiky vodního hospodářství, ukázat jeho důležitou roli a obtížné řešení jedné z jeho základních úloh. Poukázat na to, že se nelze na tuto problematiku – v poslední době poměrně často diskutovanou i v politických kruzích a na veřejnosti – dívat jednostranně a bez tolerance („Proč Vltavská kaskáda nedokázala zachytit povodeň řítící se na Prahu?!“).

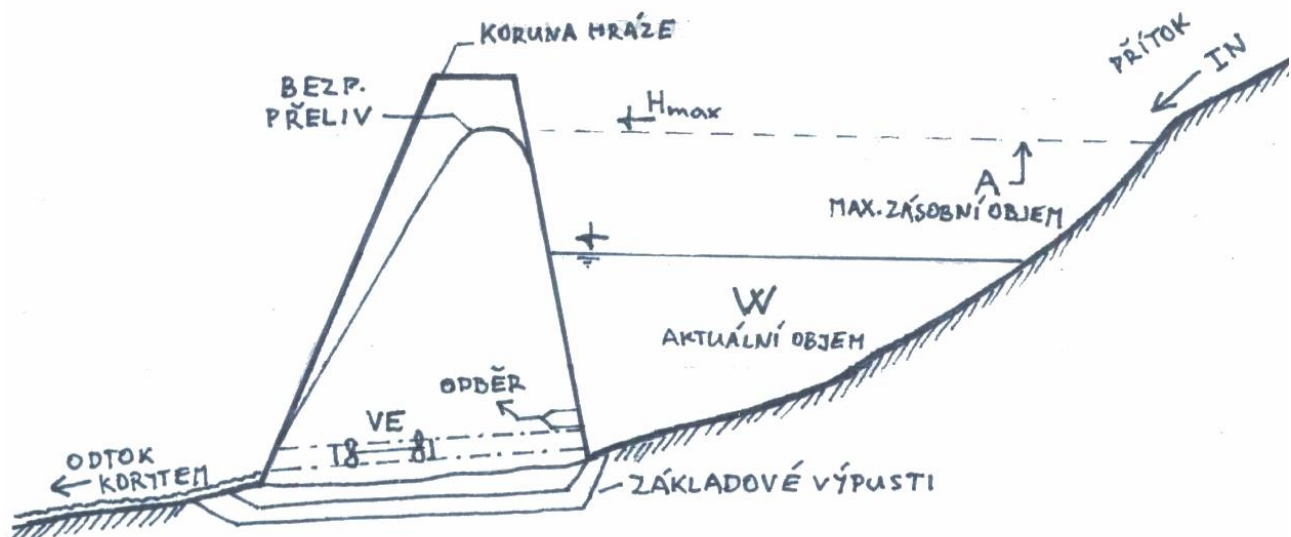
Dále je cílem prozkoumat schopnost účastníků rozhodovat se jak jako jedinci tak ve skupinách. Studují se konkurenční situace, úloha spolupráce v těchto situacích, strategie a taktika při rozhodování, rovněž lze posoudit sklon osobnosti k riziku při různých způsobech řízení.

Základní vodohospodářské údaje

Vodní nádrže se obvykle navrhují jako víceúčelové, tedy pro řadu účelů jako je např. výroba elektrické energie, dodávka pitné vody pro obyvatelstvo, průmysl a závlahy, ochrana před povodněmi, plavba, rekreace atp. Každý účel a způsob využití nádrže ovšem vyžaduje poněkud jiný režim řízení. Potom je nutné vyvážit požadavky na odběry či odtoky tak, aby nádrž fungovala optimálně.

V praxi se na řízení nádrže podílí řada skupin, které mohou být ve vzájemných konfliktních nebo kooperativních vztazích. Pro tuto hru byly zvoleny tři zájmově odlišné skupiny.

Zjednodušené schéma fungování nádrže



Charakteristika zájmových skupin

VODNÍ ENERGIE - ENERGIE

Hlavním cílem této skupiny je výroba elektrické energie ve vodní elektrárně. Obvykle je cennější zimní energie, a proto bývají tlaky na výrobu energie v zimě silnější. Nejvíce energie se vyrobí při nejvyšší možné úrovni hladiny v nádrži (nejvyšší tlak na turbínách), proto tato skupina bude zřejmě požadovat takový režim řízení nádrže, aby se hladina pohybovala na co nejvyšší možné úrovni.

Zároveň zájmy této skupiny směřují k maximalizaci průtoků turbínami. Čím více vody turbínami proteče, tím více energie se vyrobí. Pro tuto skupinu by bylo ideální při plné nádrži vypustit veškerý objem vody, který do nádrže přiteče za dané období.

EKOLOGIE A OCHRANA PŘED POVODNĚMI - OCHRANA

Primárním cílem této skupiny je vytvoření a zachování ekologicky vhodných a stálých podmínek pro život ve vodním prostředí – jak v nádrži, tak ve vodním toku pod ní, rekreaci u vody, a zachování nebo zlepšení ekologické stability přilehlého území.

Pro zachování kvality vody a zároveň pro umožnění rekreace je potřeba v létě udržovat hladinu vody (a tedy i objem vody v nádrži) vysoko – méně vody se rychleji prohřeje, ubývá kyslíku a více se daří bakteriím a sinicím a málokterý návštěvník se rád trmácí po kamenitém svahu nádrže k vodě padesát metrů pod ním!

Aby zůstal zachován život ve vodním toku pod nádrží, nesmí koryto zůstat prázdné, je třeba celoročně zabezpečovat alespoň minimální zůstatkový průtok. Povodňové průtoky ale ekologické funkci toku rovněž nesvědčí!

Pro ochranu před povodněmi je potřeba zabezpečit takový provoz nádrže, který umožňuje vytvořit v nádrži dostatečný prostor pro zachycení povodně. Ideální situace pro tento cíl je prázdná nádrž právě před příchodem povodně. Taková situace se však sotva kdy vyskytne.

V této hře bude tato skupina pravděpodobně požadovat částečně nebo úplně prázdný zásobní prostor nádrže před obdobím, v kterém hrozí povodeň. Neuvažujeme zde možnost aktuální předpovědi blížící se povodně.

ZÁSOBENÍ VODOU - ODBĚRY

Hlavním cílem této skupiny je takové řízení nádrže, které zabezpečí odběry a spotřebu vody pro účely, jako jsou veřejné vodovody, průmysl a závlahy. Tato skupina většinou vyžaduje zajištění odběrů podle možných zisků a ztrát za nasmlouvané odběry. Pokud je objem odebírané vody vyšší, než potřebují, pak je této skupině lhostejné, jak se s nimi naloží.

Cílem zájmových skupin je primárně maximalizace zisků prostřednictvím co nejlepšího naplňování svých potřeb a úkolů. Zároveň musí myslet na kooperaci, neboť protihráčem nejsou ostatní zájmové skupiny na „jejich“ nádrži, ale hospodařící a kooperující týmy konkurenčních nádrží!!!

INFORMACE PRO SKUPINU ENERGIE

Základní hydrologické údaje:

Orientační dlouhodobý průměrný sezónní přítok vody do nádrže IN

Období	léto	podzim	zima	jaro
IN v mil. m ³	40	30	40	90

Tato čísla jsou pouze výsledkem statistického vyhodnocení pozorovaných přítoků v minulých obdobích. Lze předpokládat, že ve skutečnosti budou jiná, obzvlášť započítáme-li globální změny klimatu... (**a faktor moderátora!**) :-)

Za běžných okolností bývají povodně časté na jaře (tání sněhu a jarní deště) a místy v létě (dlouhodobé deště z frontální srážkové činnosti). Nejnižší přítoky jsou pozorovány na podzim.

Údaje o nádrži: A = zásobní objem nádrže 100 mil. m³
W = aktuální objem vody v nádrži na začátku sezóny ≈ energetická výška
Q_{EN} = odtok vody z nádrže vedený přes turbíny

Z_{EN} - Zisky z energetiky (**jaro, léto, podzim**)

W	Q _{EN}	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10		0	6	13	19	25	32	38	44	51	57	63
20		0	9	18	27	36	45	54	63	72	80	89
30		0	11	22	33	44	55	66	77	88	99	110
40		0	13	25	38	51	63	76	89	101	114	126
50		0	14	28	42	57	71	85	99	113	127	141
60		0	15	31	46	62	77	93	108	124	139	155
70		0	17	33	50	67	84	100	117	134	151	167
80		0	18	36	54	72	89	107	125	143	161	179
90		0	19	38	57	76	95	114	133	152	171	190
100		0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200

Z_{EN} - Zisky z energetiky **v zimě**

W	Q _{EN}	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10		0	10	21	31	42	52	63	73	83	94	104
20		0	15	30	44	59	74	89	103	118	133	148
30		0	18	36	54	72	90	103	127	145	163	181
40		0	21	42	63	83	104	125	146	167	188	209
50		0	23	47	70	93	117	140	163	187	210	233
60		0	26	51	77	102	128	153	179	204	230	256
70		0	28	55	83	110	138	166	193	221	248	276
80		0	30	59	89	118	148	177	207	236	266	295
90		0	31	63	94	125	157	188	219	250	282	313
100		0	33	66	99	132	165	198	231	264	297	330

W a Q_{EN} jsou v mil. m³. Příklad: Z_{EN} v létě, Pro objem v nádrži W = 70 mil. m³ a vypouštění Q_{EN} = 20 mil. m³ je zisk Z_{EN} = 33 bodů Pokud bude tato kombinace v zimě, Z_{EN} = 55 bodů

INFORMACE PRO SKUPINU OCHRANA

Údaje o nádrži: Q_{EKO} = ekologický průtok v korytě pod nádrží

Zisky: Vyplývají především ze zajištění ekologického průtoku Q_{EKO} a v létě navíc z rekreace (podle množství vody v nádrži na konci jara). Přejde-li povodeň, přičtou se případné zisky na základě schopnosti zachytit určitý objem vody povodně a škody podle nezachyceného množství (nádrž se naplní a voda přepadá přes přelivy a působí škody na korytě a v jeho okolí pod nádrží, tedy i v zástavbě na majetku lidí).

$$Z_{OCH} = Z_{REK} + Z_{EKO} + Z_{PO}$$

Z_{REK} - zisky z rekreace Počítají se pouze v letním období !!!

W_{JARO}	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Z_{REK}	0	0	0	0	10	25	25	50	50	25	10

Z_{EKO} - zisky z vypouštění ekologického průtoku Q_{EKO} (v mil. m³)

Q_{EKO}	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	>90
Z_{EKO}	-100	-50	-25	30	40	15	10	5	0	-20	-50

Z technického hlediska jsou ekologické průtoky prováděny přes turbíny vodní elektrárny, tedy každý průtok, přes VE bude totožný s průtokem ekologickým.

Když se vyskytne povodeň, přičítají se zisky za protipovodňovou ochranu Z_{PO} . Jsou funkcí přítoku IN a objemu vody v nádrži W. Skládají se ze dvou částí Z_{PO1} a Z_{PO2} .

Z_{PO1} je zisk oceňující schopností dispečera zachytit vodu v nádrži, Z_{PO2} vyjadřuje ztráty v důsledku nevyužití vody při přepadu přes bezpečnostní přeliv. Tato voda převáděná přes přelivy pokračuje dále korytem, proto se započítává i do ekologického průtoku v korytě.

Z_{PO1} – zisk ze zachycení povodně nádrží

W / IN	40	50	60	70	80	90	100	>100
0	0	10	30	40	45	50	55	65
10	0	0	20	30	40	45	50	60
20	0	0	10	20	30	40	45	55
30	0	0	0	10	20	30	35	45
40	0	0	0	0	10	20	25	35
50	0	0	0	0	0	10	15	20
60	0	0	0	0	0	0	5	10
>60	0	0	0	0	0	0	0	0

Je-li aktuální objem v nádrži $W > 60$ jsou vždy zisky $Z_{PO1} = 0$, neboť nádrž na povodeň nebyla dostatečně připravena. Rovněž když $IN < 50$ jsou zisky nulové, neboť průtok menší než 50 mil m³ za sezónu se nepovažuje za povodeň.

Množství vody prošlého přes bezpečnostní přeliv ziskáme jako

$$Q_{PŘE} = IN - 100 + W - Q_{CELK}$$

Z_{PO2} – ztráty z přepadu přes přeliv

Q _{PŘE}	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Z _{PO2}	0	-10	-25	-30	-40	-50	-70	-80	-100	-120	-200

INFORMACE PRO SKUPINU ODBĚRY

Údaje o nádrži: $Q_{ODB} = \sum Q$
 $Z_{ODB} = \sum Z$

Odběry a zisky:

Odběry se realizují odběrným potrubím z prostoru nádrže. Technické řešení dílčích odběrů pro závlahy, průmysl a zásobování obyvatelstva pitnou vodou není pro hru podstatné. Maximální kapacita odběrného potrubí je 50 mil. m³ za sezónu.

Celkové odebírané množství vody Q se skládá ze tří částí, tj. vody pro zemědělství a závlahy Q_{ZEM}, vody pro průmysl Q_{PR} a vody pro veřejné vodovody a zásobování vodou Q_{VOD}. Tedy $Q_{ODB} = Q_{ZEM} + Q_{PR} + Q_{VOD}$.

Celkové zisky se pak také skládají ze tří částí $Z_{ODB} = Z_{ZEM} + Z_{PR} + Z_{VOD}$.

Odběry pro závlahy jsou jen v létě

Zisky z množství vody odebrané potrubím

Q _{ZEM}	0	10	20	30	40	50
Z _{ZEM}	-100	15	25	25	25	25
Q _{PR}	0	10	20	30	40	50
Z _{PR}	-60	40	55	55	40	40
Q _{VOD}	0	10	20	30	40	50
Z _{VOD}	-150	25	40	20	20	20

Pravidla a jednotlivé kroky simulační hry

- 1) Vytvoří se týmy o 3-6 hráčích reprezentující soupeřící provozní týmy nádrže. Týmy zahrnují účastníky různých zájmových stran a) vodní energie, b) ekologie a ochrana před povodněmi, c) zásobení vodou. V rámci každého týmu je nutná kooperace zájmových skupin, aby byl maximalizován ZISK NÁDRŽE JAKO CELKU.
- 2) Účastníci budou vyjednávat ve třístranných jednáních v rámci týmů s cílem dosáhnout spolupráce a řešit konflikty aby maximalizovali společný zisk
- 3) Jednání probíhají vždy na začátku každé sezóny. Cílem dílčích jednání je určit množství vody, které má být během sezóny z nádrže vypuštěno a jak. Je znám objem vody v nádrži na začátku sezóny, ale přítok během sezóny znám není (bude znám až na konci sezóny, čili pro začátek příští). Plán hospodaření s vodou je pevný a NENÍ MOŽNO JEJ V PRŮBĚHU SEZÓNY MĚNIT.
- 4) Moderátor všem skupinám vysvětlí činnost nádrže a jejich funkci „vodohospodáře“. Po ukázkovém kole mají týmy asi 10 minut na pochopení a vypracování strategie před zahájením vyjednávání a dále cca 5 min pro rozhodnutí na aktuální sezónu.
- 8) Když se skupiny dohodnou na celkovém vypouštění, pak se tato hodnota použije pro řízení nádrže v daném období. Když se včas nedohodnou, určí vypouštění moderátor jako kompromisní řešení.
- 9) Moderátor oznámí přítok pro dané období a týmy vyhodnotí své rozhodnutí. Moderátor přiřadí skupinám body na základě výplatní matice a přidá k nim případné bonusy/pokuty.
- 10) Simulační hra se hodnotí podle celkového počtu bodů, který získaly všechny části týmu nádrže dohromady. (je možné hodnotit i jednotlivé zájmové skupiny různých týmů mezi sebou)
- 11) Počet sezón je obvykle dělitelný 4 (léto, podzim, zima, jaro) podle časových možností a NENÍ PŘEDEM ZNÁMÝ. Není dobré aplikovat strategii „po nás potopa (nebo sucho)“!

Určování objemu vody v nádrži (pro ukázkové kolo):

$$W_{\text{podzim}} = W_{\text{léto}} + IN_{\text{léto}} - \Sigma Q_{\text{léto}} = 70 + 30 - 60 (Q_{\text{EN}} = Q_{\text{EKO}} = 30; Q_{\text{ZEM}}; Q_{\text{PR}}; Q_{\text{VOD}} = 10) = 40$$

$$\text{Obecně platí: } W_2 = W_1 + IN_1 - \Sigma Q_1$$

Když $W_{+1} > 100$ pak upravujeme na $W = 100$ (uplatní se jalové přepady $Q_{\text{PŘE}}$)

Když $W_{+1} < 0$ pak upravujeme na $W = 0$ a **týmu se redukuje body o 100** (protože vznikne zásadní porucha ve funkci nádrže)

$$\text{Zisk pro ukázkové kolo: } Z_{\text{EN}} = 50; Z_{\text{REK}} = 50; Z_{\text{EKO}} = 30; Z_{\text{ZEM}} = 15; Z_{\text{PR}} = 40; Z_{\text{VOD}} = 25 = 210$$

Formulář pro záznam řízení nádrže a zisků zájmových skupin vč. zahřívacího kola (pro TÝMY)

Období	W	ENERG		OCHRANA						ODBĚRY						ΣQ	IN	P	ΣZ
		Q _{EN}	Z _{EN}	Q _{EKO}	Q _{PŘE}	Z _{REK}	Z _{EKO}	Z _{PO1}	Z _{PO2}	Q _{ZEM}	Q _{PR}	Q _{VOD}	Z _{ZEM}	Z _{PR}	Z _{VOD}				
léto	70	30	50	30	? (0)	50	30	? (0)	? (0)	10	10	10	15	40	25	60	30	0	210
podzim	40																		
zima																			
jaro																			
léto																			
podzim																			
zima																			
jaro																			
léto																			
podzim																			
zima																			
jaro																			
léto																			
podzim																			
zima																			

- W = objem vody v nádrži na začátku období v mil. m³
 Q_{EN} = průtok turbínami v mil. m³
 Z_{EN} = zisk z výroby energie
 Q_{EKO} = vypouštění ekologického průtoku korytem v mil. m³
 Q_{PŘE} = odtok bezpečnostním přelivem v mil. m³
 Z_{REK} = zisk z rekreační funkce nádrže
 Z_{EKO} = zisk z vypouštění ekologického průtoku
 Z_{PO1} = zisk ze zachycení povodně nádrží
 Z_{PO2} = ztráty z přepadu přes přelivy
 Q_{ZEM} = vypouštění - odběry vody pro závlahy v mil. m³

Z_{CELK} =

- Q_{PR} = vypouštění - odběry vody pro průmysl v mil. m³
 Q_{VOD} = vypouštění - odběry vody pro vodárny v mil. m³
 Z_{ZEM} = zisk z vypouštění pro závlahy
 Z_{PR} = zisk z vypouštění pro průmysl
 Z_{VOD} = zisk z vypouštění pro vodárny
 ΣQ = množství vody vypouštěné z nádrže za sezónu v mil. m³
 IN = přítok vody do nádrže za sezónu v mil. m³
 P = pokuta za selhání funkce nádrže
 ΣZ = celkový zisk nádrže za sezónu

Formulář pro záznam řízení 3 nádrží (pro MODERÁTORA)

W = objem vody v nádrži na začátku období v mil. m³

Q = celkový odtok z nádrže v mil. m³

IN = přítok vody za sezónu v mil. m³

ΣZ = celkový zisk nádrže za sezónu

Období	Nádrž:				Nádrž:				Nádrž:				Nádrž:			
	W	ΣQ	IN	ΣZ	W	ΣQ	IN	ΣZ	W	ΣQ	IN	ΣZ	W	ΣQ	IN	ΣZ
léto	70	60	30	210	70	60	30	210	70	60	30	210	70	60	30	210
podzim																
zima																
jaro																
léto																
podzim																
zima																
jaro																
léto																
podzim																
zima																
jaro																
léto																
podzim																
zima																
jaro																
léto																
podzim																
zima																
				Z _{CELK}				Z _{CELK}				Z _{CELK}				Z _{CELK}

Z_{CELK} = celkový zisk nádrže za simulované období

$$W_{+1} = W - \Sigma Q + IN$$