

Při kosmických misích vodu využívá posádka, například na pití, přípravu jídla a nápojů a pro osobní hygienu. Slouží také k technickým účelům, například v sanitárních a lékařských systémech, na údržbu zařízení, případně k čištění oděvů posádky, jako chladicí kapalina různých systémů a jako možný zdroj kyslíku. Způsob využití vody určuje její požadovanou kvalitu i kvantitu, která je běžně udávána v kilogramech (kg) nebo v kilogramech na jednoho člena posádky (osobu) za den (kg/(os.den)) [5, 6].

Množství spotřebované vody závisí na účelu a době trvání mise, například na aktivitě posádky a hygienických možnostech. Podle doby trvání se mise rozdělují na krátkodobé mise trvající nanejvýš 30 dní a mise více než 30denní, tj. dlouhodobé mise. Při využívání případné planetární základny by možná spotřeba vody vycházela také z vybavenosti této základny [5].

Průměrná spotřeba vody na krátkodobých misích je 2,7 kg/(os.den), počítáme-li s minimální hygienou a pomíjíme-li vodu určenou na mytí očí a také tekutiny s vysokým obsahem sodíku. Tekutiny s sodíkem má posádka jako opatření proti kardiovaskulárním obtížím spojeným se zatížením lidského organismu zrychlením, například během vzletu nebo přistávání [5, 6].

Spotřeba vody (tab. 1), respektive produkce vody odpadní (tab. 2), je uvažována pro následující scénáře:

- ▷ Devon Island Mars Research Station Study napodobující podmínky Marsu,
- ▷ Mezinárodní kosmická stanice (ISS),
- ▷ tranzitní mise s minimální hygienou,
- ▷ raná planetární základna s omezenou hygienou,
- ▷ vyspělá planetární základna plně hygienicky vybavená a s možností produkce biomasy.

tab. 1 — Spotřeba vody na dlouhodobé misi [5]

VYUŽITÍ VODY	JEDNOTKA	DEVON ISLAND MARS RESEARCH STATION STUDY	ISS	TRANZITNÍ MISE	RANÁ PLANETÁRNÍ ZÁKLADNA	VYSPĚLÁ PLANETÁRNÍ ZÁKLADNA
pítí	kg/(os.den)	2,59	2,00	2,00	2,00	2,00
rehydratace jídla	kg/(os.den)	1,03	0,50	0,50	0,50	0,50
celková přímá lidská spotřeba	kg/(os.den)	3,62	2,50	2,50	2,50	2,50
osobní hygiena	kg/(os.den)	0,46	0,40	0,40	0,40	0,40
mytí rukou	kg/(os.den)	0,64				
holení	kg/(os.den)	0,05				
sprchování	kg/(os.den)	1,08			1,08	1,08
splachování moči	kg/(os.den)	0,00	0,30	0,30	0,50	0,50
údržba technických zařízení	kg/(os.den)	0,08				
mytí nádobí	kg/(os.den)	3,54				3,54
praní prádla	kg/(os.den)	1,95				1,80
celková spotřeba užitkové vody	kg/(os.den)	7,80	0,70	0,70	1,98	7,32
celková spotřeba na užitečné zatížení	kg/(os.den)		2,18	bude stanoveno	bude stanoveno	bude stanoveno
celková spotřeba vody	kg/(os.den)	11,42	5,38	3,20	4,48	9,82
produkce biomasy		0,10 kg/(os.den)				4,00 kg/(m ² .den)
voda pro lékařské účely	kg + kg/(os.den)		5,00 + 0,50	5,00 + 0,50	5,00 + 0,50	5,00 + 0,50

Voda na pití slouží k hydrataci člena posádky. Její množství se odvíjí od jeho tělesné hmotnosti, fyzické aktivity apod. Množství vody na rehydrataci jídla závisí na způsobu předešlé úpravy. V současnosti je pro jídlo na ISS používána termostabilizace, lyofilizace nebo jsou potraviny dodávány v přirozené formě. Voda určená k osob-

ní hygieně slouží k očištění kůže, vlasů a dutiny ústní a může být součástí vlhčených ubrousků. Voda pro lékařské účely je určena k ošetření zranění či mytí očí (obr. 1) po vystavení toxické látce, případně k běžnému mytí očí například z důvodu vzniku prachových částic či jiných cizích objektů [6].



obr. 1 — Zařízení na mytí očí [6]

tab. 2 — Produkce odpadních vod na dlouhodobé misi [5]

ZDROJ ODPADNÍ VODY	JEDNOTKA	ISS	TRANZITNÍ MISE	RANÁ PLANETÁRNÍ ZÁKLADNA	VYSPĚLÁ PLANETÁRNÍ ZÁKLADNA
moč	kg/(os.den)	1,20	1,50	1,50	1,50
splachování moči	kg/(os.den)	0,30	0,30	0,50	0,50
celková produkce směsi moči a vody na splachování (žlutá voda)	kg/(os.den)	1,50	1,80	2,00	2,00
ústní hygiena	kg/(os.den)			0,37	0,37
mytí rukou	kg/(os.den)			4,08	4,08
sprchování	kg/(os.den)			2,72	2,72
příprava jídla	kg/(os.den)				bude stanoveno
mytí nádobí	kg/(os.den)				5,41
praní	kg/(os.den)				1,80
celková produkce užitékové vody (šedá voda)	kg/(os.den)	0,00	0,00	7,17	24,45+
lidský kondenzát vlhkosti	kg/(os.den)	2,27	2,27	2,27	2,90
zvířecí kondenzát vlhkosti	kg/(os.den)			bude stanoveno	bude stanoveno
celková produkce kondenzátu vlhkosti	kg/(os.den)	2,27	2,27	2,27	2,90
celková produkce vody z užitečného zatížení	kg/(os.den)	0,00	0,00	0,00+	0,00+
celková produkce odpadní vody	kg/(os.den)	3,77	4,07	11,44+	29,35+
produkce biomasy	kg/(m ² .den)				bude stanoveno

1.2 KVALITA VODY

Kvalita vody je důležitá, neboť na ní závisí zdraví posádky. Obdobně jako na Zemi jsou i pro vodu používanou při kosmických misích nastaveny limity fyzikálních, chemických a biologických ukazatelů.

Hodnota pH pitné vody se má dle [6] pohybovat v rozmezí 4,5–9,0. Dále je určen limit pro barvu pitné vody 15 PCU (*platinum-cobalt units*, platinovo-kobaltové jednotky), zákal 1 NTU (*nephelometric turbidity unit*, nefelometrická jednotka zákalu), pach 3 TON (*threshold odor number*, prahové číslo pachu), chuť 3 TTN (*threshold taste number*, prahové číslo chuti) a volný a rozpuštěný plyn 0,1 % při atmosférickém tlaku a teplotě 37 °C [6].

K dalším kontrolovaným ukazatelům patří teplota vody, která je dána způsobem využití vody a odpovídá potřebám posádky nejen z hlediska zachování zdraví, ale i osobních preferencí. A to hlavně v případech dlouhodobých misí, jelikož to má psychologický vliv na posádku obdobně jako jídlo [6, 7].

Na rehydrataci studených nápojů na více než třídních misích je používána voda o teplotě v rozmezí 2 až 7 °C, maximálně však 15,6 °C. K přípravě teplých nápojů a jídla slouží voda o teplotě 68,3–79,4 °C, a to i vzhledem k zamezení mikrobiologickému růstu. Teplota vody pro osobní hygienu je udržována na 29,4–46,1 °C. Voda pro lékařské účely se pohybuje mezi 18 až 28 °C, aby se předešlo teplotnímu zranění tkání [6].

V [8] jsou stanoveny limity 30 chemických ukazatelů (dokument SWEGs, *Spacecraft Water Exposure Guidelines*, tab. 3) dle doby jejich expozice na člena posádky. Pro jednotlivé mise jsou limity ukazatelů běžně navrhovány podle hodnot pro dlouhodobou spotřebu vody (100–1000 dní), jejíž konzumace by neměla

vyvolávat zhoršení zdraví posádky. Pouze v nouzových případech lze využít hodnoty dané pro krátkodobou spotřebu (1–10 dní), kdy voda může mít i mírně zhoršené organoleptické vlastnosti a její konzumace může vyvolávat lehké symptomy, např. nauzeu nebo bolesti hlavy [6, 8].

tab. 3 — Limity chemických ukazatelů [8]

UKAZATEL	JEDNOTKA	DOBA EXPOZICE (DNY)			
		1	10	100	1000
aceton	mg/l	3500	3500	150	15
alkylaminy (di)	mg/l	0,3			
alkylaminy (mono)	mg/l	2			
alkylaminy (tri)	mg/l	0,4			
amoniak	mg/l	5	1	1	1
antimon	mg/l	4	4	4	2
baryum a soli barya	mg/l	21	21	10	10
benzen	mg/l	21	2	0,7	0,07
kadmium (anorganické soli)	mg/l	1,6	0,7	0,6	0,022
kaprolaktam	mg/l	200	100	100	100
chloroform	mg/l	60	60	18	6,5
di-n-butyl ftalát	mg/l	1200	175	80	40
di(2-ethylhexyl) ftalát	mg/l	1800	1300	30	20
dichlormethan	mg/l	40	40	40	15
dimethylsilanediol	mg/l	nestanoveno		35	nestanoveno
ethylenglykol	mg/l	270	140	20	4
formaldehyd	mg/l	20	20	12	12
mravenčany	mg/l	10 000	2500	2500	2500
olovo	mg/l	nestanoveno		0,009	0,009
mangan (anorganické soli)	mg/l	14	5,4	1,8	0,3
2- merkaptobenzo- thiazol	mg/l	200	30	30	30
methanol	mg/l	40			
methylethylketon (MEK)	mg/l	540	54	54	54
nikl	mg/l	1,7	1,7	1,7	0,3
fenol	mg/l	80	8	4	4

n-fenyl-beta-naftylamin	mg/l	1600	1600	500	260
propylenglykol	mg/l	25 000	8000	8000	1700
stříbro	mg/l	5	5	0,6	0,4
celkový organický uhlík (TOC)	mg/l	nestanoveno		5	nestanoveno
zinek a soli zinku (anorganické)	mg/l	11	11	2	2

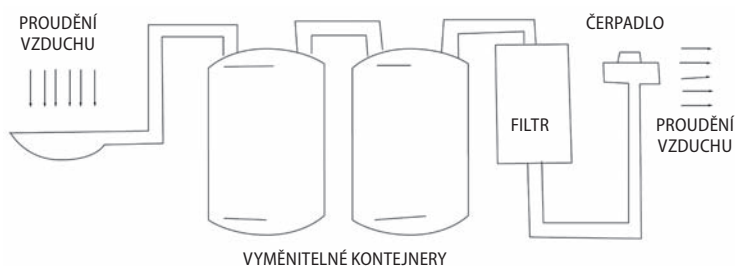
Limity biologických a mikrobiologických ukazatelů jsou specifické pro každou misi. Obecně je pro pitnou vodu při krátkodobých misích a na ISS stanoven limit pro celkový počet bakterií 50 KTJ/ml (kolonií tvořících jednotku/ml), kromě vody určené k hygieně s 1000 KTJ/ml. Zároveň mají být ve 100 ml koliformní bakterie nedetekovatelné [6].

1.3 DÁVKOVÁNÍ A USKLADNĚNÍ PITNÉ VODY

Rychlost dávkování pitné vody by měla být minimálně 0,5 l/min. Trvanlivost vody uskladněné v kontejnerech má činit minimálně šest měsíců a v případě pitné vody uskladněné v jodovaných nouzových vodních kontejnerech (ICWCs) 64 týdnů [6].

1.4 HYGIENICKÁ ZAŘÍZENÍ

Spotřeba vody na hygienu vyplývá z vybavenosti daného kosmického plavidla jednotlivými hygienickými zařízeními. Kosmické stanice Saljut byly vybaveny potřebami pro ústní hygienu (kapesníky, elektrický zubní kartáček, nepěnicí zubní pasta), k mytí těla a vlasů, holení (holící strojek se sáním odstraněných vousů, žiletka, pěna na holení) a na stříhání vlasů. Toaleta využívala proudění vzduchu jako náhradu gravitace (obr. 2). Skládala se ze zařízení na shromažďování moči a z toaletní mísy, kam člen posádky vložil sáček na fekálie, který byl následně dočasně uskladněn v kontejneru a poté vyhozen do volného kosmického prostoru. V případě nefunkčnosti toalety používala posádka její náhradu z flexibilní hadice, trychtýřů a z kontejneru (obr. 3) [3].



obr. 2 — Schéma toalety na kosmických stanicích Saljut [3]