

5.1 Předpovědní systém AquaLog

V povodí Labe je pro operativní předpovědi průtoků používán hydrologický předpovědní systém AquaLog, který byl do pravidelného provozu postupně uváděn mezi roky 1999 až 2001. Systém byl vyvinut pro ČHMÚ firmou AquaLogic a je inspirován předpovědním systémem NWSRFS (National Weather Service River Forecasting System) americké NWS (National Weather Service).

Provoz systému AquaLog

AquaLog je operativně používán od počátku roku 2002. Jednotlivé Regionální předpovědní pracoviště ČHMÚ provozují příslušné části modelu pro povodí v jejich správě.

Předpovědi jsou standardně počítány jednou denně v průběhu dopoledne. V případě nutnosti, za povodňových situací, je výpočet modelu prováděn několikrát denně a počítány jsou i různé možné varianty vývoje.

Prvním a velmi důležitým krokem při výpočtu modelové předpovědi je zpracování vstupních dat. To je prováděno ve speciální databázi AquaBase, která je napojena na operativní datovou základnu ČHMÚ a zpracovává potřebná data z různých zdrojů. AquaBase připravuje vstupní datový soubor pro chod modelu AquaLog. Umožňuje kontrolu a editaci tohoto souboru, vkládání hodnot předpovídaných prvků (srážky, teploty a předpokládané manipulace na nádržích) a také vložení doplňkových informací. Obsluhující hydrolog při kontrole dat identifikuje chyby, opravuje je a doplňuje chybějící data. Doplňuje také informace, které nejsou načítány automaticky (předpokládané manipulace na vodních dílech dodávané dispečinky státních podniků Povodí atd.).

Vlastní systém AquaLog se skládá z dílčích modulů simulujících jednotlivé hydrologické procesy v povodí.

Model sněhu

Pro simulaci akumulace a tání sněhové pokrývky je používán model SNOW17. Model kombinuje oba hlavní přístupy k modelování sněhové pokrývky. Jednoduchá energetická bilance je používána v případě vypadávání kapalných srážek. V ostatních případech je používán přístup typu degree-day (tání je dáno akumulací teploty a koeficientem intenzity tání v závislosti na ní). Obě varianty vyžadují jako vstupy pouze teplotu vzduchu a množství srážek. Ostatní prvky energetických procesů jsou dopočítávány právě na základě teploty, množství srážek a odvozených parametrů.

Tab. 5.1 Parametry sněhového modelu SNOW17.

<i>parametr</i>	<i>Popis</i>	<i>jednotka</i>
SCF	Faktor úpravy srážek vzhledem ke ztrátám při sněhových srážkách	-
MFMAX	Maximální faktor tání při bezsrážkovém období (k 21. 6. každého roku)	mm.°C ⁻¹ .h ⁻¹
MFMIN	Maximální faktor tání při bezsrážkovém období (k 21. 12. každého roku)	mm.°C ⁻¹ .h ⁻¹
UADJ	Průměrná funkce větru	mm.mb ⁻¹ .h ⁻¹
SI	Průměrná vodní hodnota sněhu, při níž se předpokládá úplné plošné pokrytí sněhem	mm
ADC	Křivka úbytku plochy se sněhovou pokrývkou	-
NMF	Maximální negativní faktor tání	mm.°C ⁻¹ .h ⁻¹
TIMP	Předchozí teplotní index ($0.1 \leq \text{TIMP} \leq 1.0$)	-
PXTEMP	Teplota rozhraní skupenství srážek sníh – déšť	°C
MBASE	Teplotní základna pro tání v bezsrážkovém období	°C
PLWHC	Maximální množství kapalné vody zadržitelné ve sněhové pokrývce	%
DAYGM	Konstantní intenzita tání na rozhraní sníh – půda	mm

Pro potřeby modelu jsou povodí rozdělena do několika výškových zón, pro něž je množství vody akumulované ve sněhové pokrývce simulováno odděleně. Model tak dokáže lépe vystihnout distribuci sněhových zásob v povodí. Modelované množství sněhu v povodí je aktualizováno podle pravidelného týdenního měření a vyhodnocení zásob vody ve sněhu.

Srážkoodtokový model

System AquaLog používá srážkoodtokový model Sacramento (SAC-SMA). Sacramento patří mezi nejznámější a nejrozšířenější modely ve světě. Jde o koncepčně fyzikální model založený na principech pohybu vody v povodí. Model operuje se soustavou vertikálně a horizontálně uspořádaných zón, resp. nádrží. Voda vstupující do systému v podobě srážek je v jednotlivých zónách buď zadržována, odčerpávána vegetací při evapotranspiraci, infiltruje do v systému níže položených zón, anebo odtéká do říční sítě. Odtok je tvořen šesti různými složkami (**Obr. 5.4**).

Úspěšnost modelu je závislá na kvalitě vstupních dat a na dobré kalibraci hodnot parametrů, které je možné v operativním provozu v případě nutnosti dále upravovat. Model je provozován kontinuálně v hodinovém výpočetním kroku. Počáteční podmínky (naplnění jednotlivých zón modelu) jsou přenášeny mezi jednotlivými výpočty modelu. V operativním provozu je prováděna jejich interaktivní optimalizace na základě asimilace pozorovaných průtoků (**Obr. 5.5**).

Tab. 5.2 Parametry a stavové proměnné modelu SACRAMENTO

Parametr	Jednotka	Popis
UZWFM	mm	Maximální kapacita horní zóny vázané vody
UZFWM	mm	Maximální kapacita horní zóny volné vody
LZWFM	mm	Maximální kapacita dolní zóny vázané vody
LZFPM	mm	Maximální kapacita dolní zóny volné primární podzemní vody
LZFSM	mm	Maximální kapacita dolní zóny volné suplementární (sezonní) podzemní vody
UZWFC	mm	Aktuální obsah horní zóny vázané vody
UZFWC	mm	Aktuální obsah horní zóny volné vody
LZWFC	mm	Aktuální obsah dolní zóny vázané vody
LZFPC	mm	Aktuální obsah dolní zóny volné primární podzemní vody
LZFSC	mm	Aktuální obsah dolní zóny volné suplementární (sezonní) podzemní vody
UZK		výtokový koeficient horní zóny
LZPK		výtokový koeficient dolní primární zóny
LZSK		výtokový koeficient dolní suplementární zóny
ZPERC		koeficient maximální míry perkolace
REXP		exponent tvaru infiltrační křivky
RSERV	%	část vody v LZFPM nedostupná pro evapotranspirační ztrátu
PFREE	%	část vody převáděné do LZFPM i před nasycením LZWFM
PCTIM	%	nepropustné plochy v povodí
ADIMP	%	dočasně (po nasycení) nepropustné plochy v povodí
RIVA	%	příbřežní vegetace
EFC	%	Lesnatost
SIDE	%	část podzemního odtoku odtékající mimo povodí
PXADJ		faktor úpravy vstupních srážek
PEADJ		faktor úpravy vstupní evapotranspirace
IOPTET	0/1	varianta denního průběhu evapotranspirace
ET demand		hodnoty potenciální evapotranspirace

Model nádrží

Model pro operativní simulaci provozu nádrží MAN na tocích je hydrostatický model operující s přítokem, odtokem, výškou hladiny v nádrži a křivkou objemových charakteristik příslušné nádrže. Model může být dále rozšířen o definování odtokových objektů na vodních dílech. ČHMÚ v operativním provozu tento model nevyužívá a vkládá do předpovědního systému naměřeného a předpokládaného odtoku z nádrží podle údajů státních podniků Povodí.

Modely pohybu vody korytem toku

Simulace pohybu vody v korytě toku je v systému AquaLog řešena modely TDR a Muskingum-Cunge.

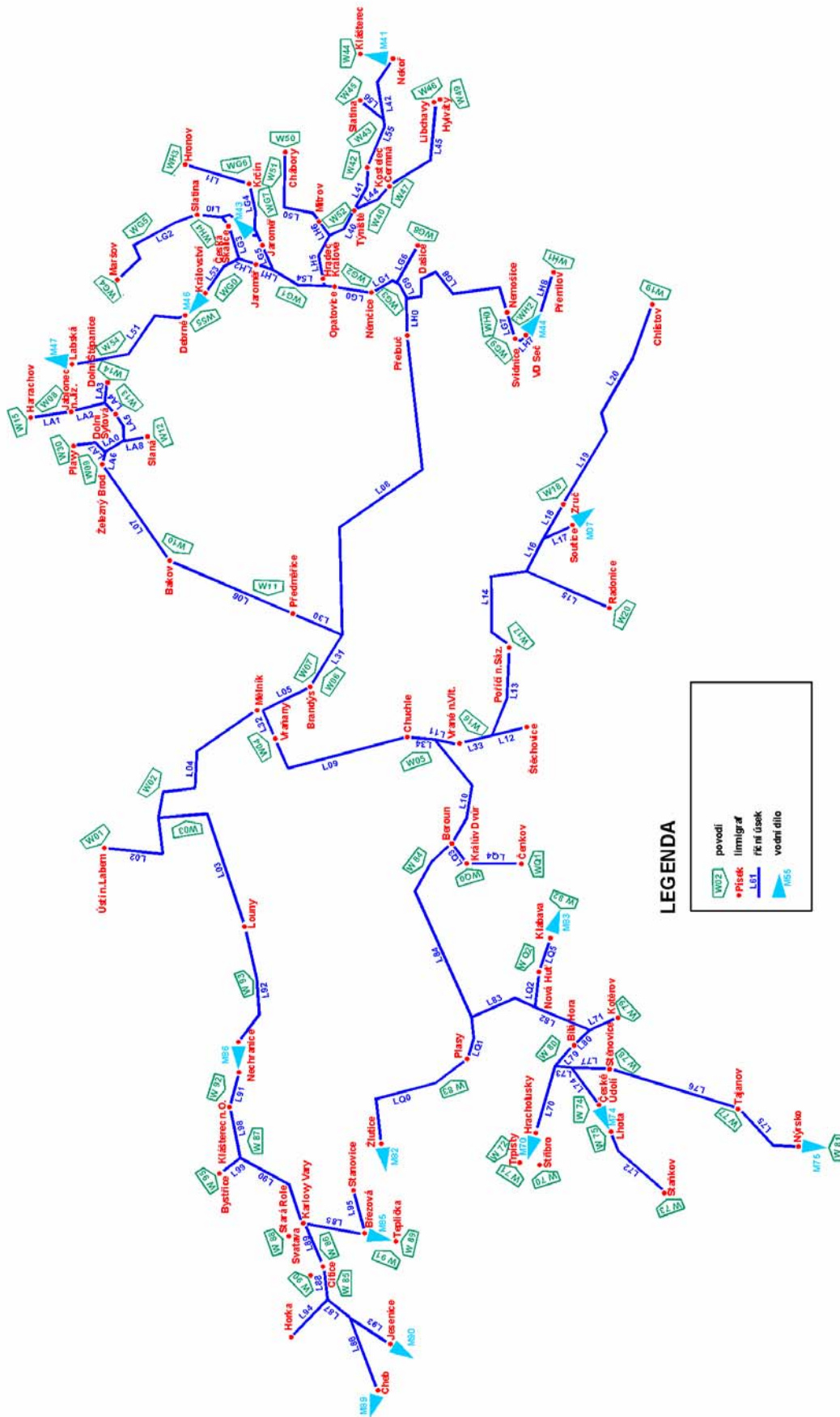
Model TDR využívá translačně-difusní rovnici se třemi parametry (C – postupivost v km.h^{-1} , K – intenzita deště v mm.h^{-1} , D – délka říčního úseku v km). Tyto parametry je možné definovat pro několik intervalů velikosti průtoku. Lze tedy zjednodušeně postihnout efekt změny rychlosti postupu a postupové doby mezi jednotlivými profily právě v závislosti na velikosti průtoku.

Model Muskingum-Cunge využívá linearizovanou kombinaci klasické rovnice kontinuity a zjednodušeného tvaru rovnice momentů. Tato kombinace umožňuje řešení včetně transformace povodňové vlny, avšak není použitelná pro speciální jevy typu zpětného vzduť, či průlomových vln.

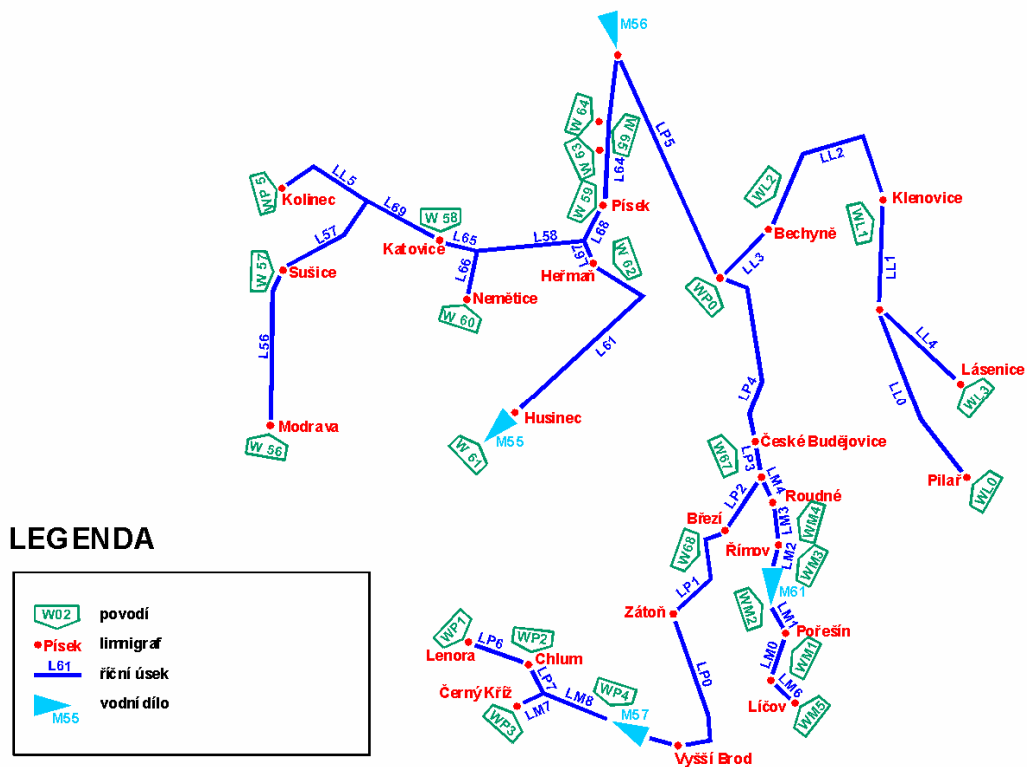
Interaktivní nástroje modelu AquaLog

Obsluhující hydrolog má v rámci systému AquaLog k dispozici nástroje, jimiž ovlivňuje výsledek simulace:

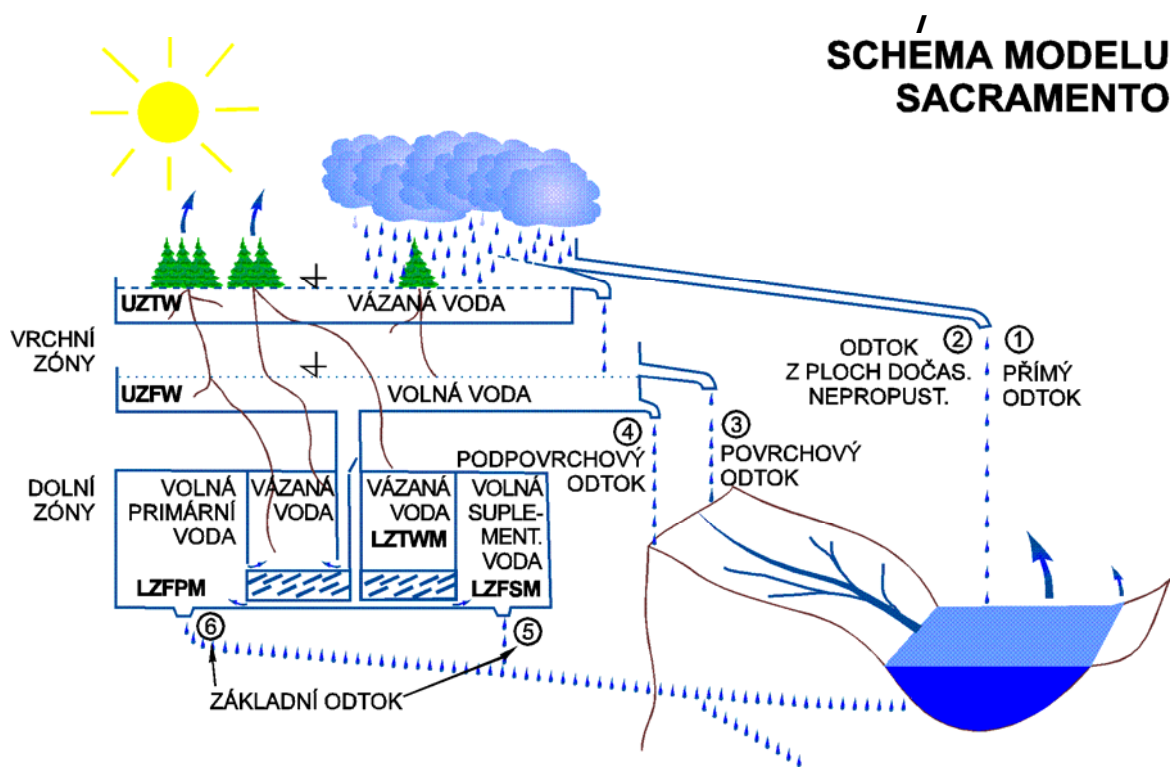
- Optimalizace počátečních podmínek je založena na předpokladu, že předchozí výpočet není zcela přesný. Jeho výsledky jsou však použity jako počáteční podmínky pro následující výpočet modelu. Výpočet modelu je prováděn pro 10denní období (8 dní před okamžikem výpočtu a 2 dny vlastní předpovědi). Automatický optimalizační proces spočívá v iteračním pokusu o odhad počátečních podmínek (v jistých nastavených mezích) tak, aby simulovaná průtoková řada co nejlépe odpovídala řadě pozorované v prvních 8 dnech výpočtu.
- Modul MODS umožňuje manuální změnu některých počátečních podmínek (nasycení zón, množství sněhu) a parametrů modelu (např. MFC, UDJ, PCTIM) hydrologem.
- Modul Update slouží k řešení problematiky updatingu. Updatováním se rozumí úprava předpovědi takovým způsobem, aby plynule navazovala na poslední naměřenou hodnotu. Úprava je nezbytná zejména z pohledu plynulého průběhu průtoku v níže ležících profilech. Updating byl většinou prováděn prostým vertikálním posunem celé předpovídané řady. Modul Update umožňuje posun předpovědi jak vertikálně, tak horizontálně.



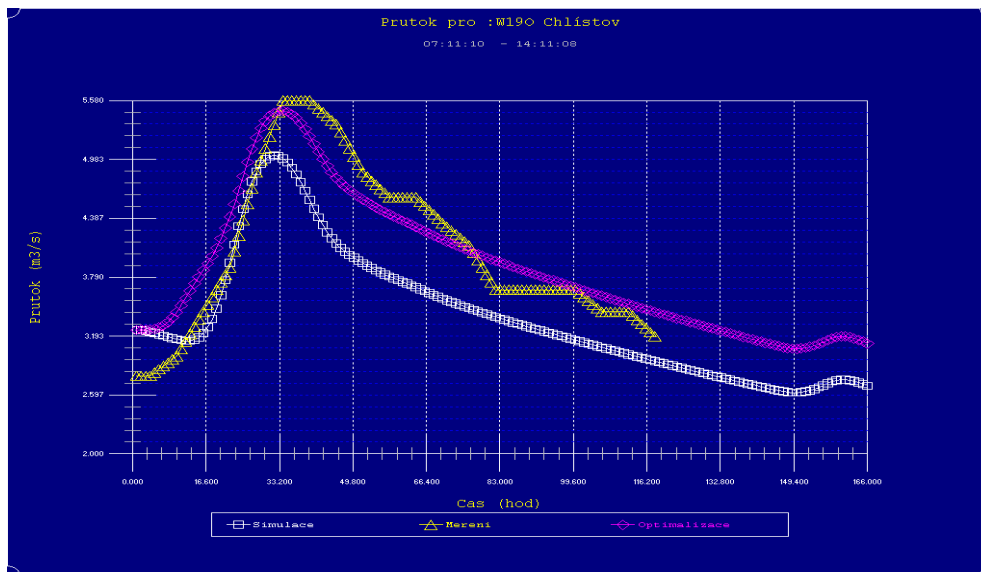
Obr. 5.2 Schéma modelu AquaLog pro povodí Labe bez horní Vltavy.



Obr. 5.3 Schéma modelu AquaLog pro povodí horní Vltavy.



Obr. 5.4 Schéma modelu Sacramento (SAC-SMA).



Obr. 5.5 Ukázka efektu optimalizace počátečních podmínek, žlutá – měření, bílá – simulace s originálními počátečními podmínkami, fialová – hydrogram po optimalizaci počátečních podmínek.