Návod pro použití funkcí IF95, umístěno jako makro v sešitu (verze 2.1.0.0 z 23.05.2023).

Výpočty termodynamických vlastností vody a páry jsou naprogramovány podle:

"Revised Release on the IAPWS Formulation 1995 for the Thermodynamic Properties of Ordinary Water Substance for Generál and Scientific Use"
vydání autorizované IAPWS v Praze, Česká republika, 2 - 7.9.2018, číslo dokumentu IAPWS R6-95(2018).

Povolený rozsah vstupních dat (v tlaku a teplotě) je: **10 Pa až 1000 MPa a Teplota tání/sublimace ledu (P) až 1000°C**

Program také dále počítá:

Dynamickou viskozitu podle "Relase on the IAPWS Formulation 2008 for the Viscosity of Ordinary Water Substance", vydání autorizované IAPWS v Berlíně, Německo, 7 - 12.9.2008, číslo dokumentu IAPWS R12-08.

Povolený rozsah vstupních dat pro výpočet viskozity je:

10 Pa	**<= P <**	**Ptroj. bodu**	**a**	**0 °C**	**<= T <=**	**900 °C**
Ptroj. bodu	**<= P <=**	**300 MPa**	**a**	**Teplota tání ledu(P)**	**<= T <=**	**900 °C**
300 MPa	**< P <=**	**350 MPa**	**a**	**Teplota tání ledu(P)**	**<= T <=**	**600 °C**
350 MPa	**< P <=**	**500 MPa**	**a**	**Teplota tání ledu(P)**	**<= T <=**	**160 °C**
500 MPa	**< P <=**	**1000 MPa**	**a**	**Teplota tání ledu(P)**	**<= T <=**	**100 °C**

Dynamická viskozita je podle uvedené dokumentace počítána včetně vztahů z odstavce 2.7 pro kritickou oblast, definovanou rovnicí (13):

372,76°C < t < 377,62°C a 245,8 kg/m^3 < ρ < 405,3 kg/m^3

Teplotní vodivost podle "Relase on the IAPWS Formulation 2011 for the Thermal Conductivity of Ordinary Water Substance", vydání autoriz. IAPWS v Plzni, Česká Republika, 4 - 9.9.2011, č. dokumentu IAPWS R15-11.

Povolený rozsah vstupních dat pro výpočet vodivosti je:

10 Pa	**<= P <**	**troj. bodu**	**a**	**0 °C**	**<= T <=**	**900°C**
Ptroj. bodu	**<= P <=**	**100 MPa**	**a**	**Teplota tání ledu(P)**	**<= T <=**	**900°C**
100 MPa	**< P <=**	**250 MPa**	**a**	**Teplota tání ledu(P)**	**<= T <=**	**600,85 °C**
250 MPa	**< P <=**	**687 MPa**	**a**	**Teplota tání ledu(P)**	**<= T <=**	**299,85 °C**
687 MPa	**< P <=**	**785 MPa**	**a**	**Teplota tání ledu(P)**	**<= T <=**	**129,85 °C**
785 MPa	**< P <=**	**1000 MPa**	**a**	**Teplota tání ledu(P)**	**<= T <=**	**74,85 °C**

Teplotní vodivost je podle uvedené dokumentace počítána včetně vztahů z odstavce 2.7 pro kritickou oblast.

Ovládání programu:

Pro správnou funkci je nutné mít v Excelu povolenou činnost maker - jestliže makra nejsou povolena budou v buňkách s odkazy na makra chybová hlášení #NAME?. Excel od 2007 výše může (podle nastavení maker v centru zabezpečení) zobrazit dotaz na povolení maker na liště nad tabulkou, která tam přibude při otevření souboru a zde je třeba makra povolit. Aby se na povolení maker Excel při otevírání souboru zeptal, je potřeba mít v zabezpečení maker vybránu volbu "Zakázat všechna makra s oznámením". Je také možné mít v nastavení maker vybráno "Povolit všechny makra (...", ovšem to se vzhledem k různým výrusům nedoporučuje. Přístup k nastavení maker: Soubor - Možnosti - Centrum zabezpečení - Nastavení centra zabezpečení... - Nastavení maker. Je možné, že budou vyžadovány práva správce počítače.

Když jsou makra povolena a fungují lze pomocí lišty Excélu Vzorce - "fx Vložit funkci" (nebo tlačítka f_x - vlevo vedle řádku vzorců) vybrat v okně které se otevře z rozevíracího seznamu "Vybrat kategorii" kategorii "Programy L. Ruffer" a v ní bude mj. 5 funkcí týkajících se IF95:

IF95IAPWS(P;THS;CoJevTHS;Vystup); IF95KrSyt(TP;CoJevTP;Suchost;Vystup); IF95Psyt(T); IF95Tsyt(P) a IF95TtaniLedu(P).

Funkce IF95IAPWS počítá termodyn. vlastnosti volené obsazením proměnné Vystup: když **Vystup = "T"** počítá se teplota [°C]; pro **"H"** se počítá entalpie [kJ/kg]; **"U"** = vnitřní energie [kJ/kg]; **"S"** = entropie [kJ/kgK]; **"Cp"** = měrné teplo při konst. tlaku [kJ/kgK]; **"Cv"** = měrné teplo při konst. objemu [kJ/kgK]; **"W"** = rychlost zvuku [m/s]; **"Mi"** = dynamická viskozita [Pa.s]; **"Lam"** = tepelná vodivost [W/Km]; **"Kapa"** = izoentropický exponent [--]; **"F"** = Helmholtzova volná energie [kJ/kg], **"G"** = Gibbsova volná energie [kJ/kg]; **"X"** = suchost (0 je voda a 1 je pára) [--] a když je obsah proměnné **Vystup různý** od předchozího počítá se měrný objem [m^3/kg].

Výpočet je vždy z abs. tlaku [MPa] který vstupuje v proměnné **P** a v proměnné **THS** vstupuje druhá vstupní veličina, která je definována obsahem proměnné **CoJevTHS:** pro **"H"** vstupuje a počítá se z entalpie [kJ/kg]; pro **"S"** vstupuje a počítá se z entropie [kJ/kgK]; pro **"K"** vstupuje a počítá se z teploty [°K] a když je obsah proměnné **CoJevTHS jiný** tak se vstupuje a počítá z teploty [°C]. Výpočty z entalpie a entropie jsou provedeny iteracemi.

Funkce IF95KrSyt počítá termodyn. vlastnosti na křivce sytosti podle obsazení proměnné Vystup: když **Vystup = "H"** počítá se entalpie [kJ/kg]; pro **"U"** se počítá vnitřní energie [kJ/kg]; **"S"** = entropie [kJ/kgK]; **"Cp"** = měrné teplo při konst. tlaku [kJ/kgK]; **"Cv"** = měrné teplo při konst. objemu [kJ/kgK]; **"W"** = rychlost zvuku [m/s]; **"Mi"** = dynamická viskozita [Pa.s]; **"Lam"** = tepelná vodivost [W/Km]]; **"Kapa"** = izoentropický exponent [--]; **"F"** = Helmholtzova volná energie [kJ/kg], **"G"** = Gibbsova volná energie [kJ/kg] a když je obsah proměnné **Vystup různý** od předchozího počítá se měrný objem [m^3/kg].

Vstupní veličina pro výpočet je v proměnné **TP**, co vstupuje je definováno obsahem proměnné **CoJevTP** takto: pro **"P"** vstupuje a počítá se z abs. tlaku [MPa]; pro **"K"** vstupuje a počítá se z teploty [°K] a když je obsah proměnné CoJevTP jiný tak se vstupuje a počítá z teploty [°C]. Proměnná **Suchost** určuje suchost směsi která se bude počítat takto: když **Suchost <=0** tak se počítá pro sytou vodu; když bude **Suchost mezi 0 a 1** počítá se pro směs se složením podle proměnné Suchost a když **Suchost >=1** počítá se pro sytou páru.

Funkce IF95Psyt počítá absolutní tlak sytosti [MPa] pro zadanou teplotu [°C].

Funkce IF95Tsyt počítá teplotu sytosti [°C] pro zadaný abs. tlak [MPa].

Funkce IF95TtaniLedu počítá teplotu tání nebo sublimace ledu [°C] pro zadaný abs. tlak [MPa] podle **"Revised Release on the Pressure along the Melting and Sublimation Curves of Ordinary Water Substance",** autorizováno IAPWS v Plzni, Česká Republika, 4 - 9.9.2011, číslo dokumentu IAPWS R14-08(2011). Toto určuje spodní teplotní hranici pro výpočet podle zadaného tlaku tam, kde je zde výše uvedeno "Teplota tání ledu (P)".

Poznámka: pro použití funkcí IF95 se v Excelu otevře tento příklad, odstraní se oba listy "IF9X Kontrolní výpočet a návod" a buď se použije připravený prázdný list, nebo se sem potřebné listy přesunou z jiného otevřeného excelovského sešitu. (Je možné, že po přesunutí listů sem bude potřeba upravit vzorce v nich obsažené pro tento sešit.)

14.12.2020 Luděk Ruffer emajl: lruffer@volny.cz

Kontrolní výpočet a příklad použití funkcí IF95

Pro kontrolu výpočtu s vyjímkou dyn. viskozity a tep. vodivosti jsou použita data z "Revised Release on the IAPWS Industrial Formulation 1995 …", číslo dokumentu IAPWS R6-95(2018) z roku 2018; z tabulky 7 na straně 15.

Výpočet dynamické viskozity a teplotní vodivosti je zde jen pro informaci, kontrolní data jsou v samostatných tabulkách.

Vstupní hodnoty		Výstupní hodnoty										
Tlak	Teplota	Měrný objem	Měrná hmotnost	Měrná entalpie	Měrná vnitřní energie	Měrná entropie	Měrná izobarická tepelná kapacita	Měrná izochorická tepelná kapacita	Izoentropický exponent	Rychlost zvuku	Dynamická viskozita	Teplotní vodivost
P [MPa]	T [K]	v [m^3/kg]	ρ [kg/m^3]	h [kJ/kg]	u [kJ/kg]	s [kJ/kgK]	c_p [kJ/kgK]	c_v [kJ/kgK]	kapa [--]	w [m/s]	mi [μPa.s]	lam [mW/Km]
0,992 418 352E-1	300	0,100 345 590E-2	0,996 556 000E+3	0,112 652 982E+3	0,112 553 397E+3	0,393 062 643E+0	0,418 064 167E+1	0,413 018 112E+1	0,226 395 956E+5	0,150 151 914E+4	853,742741	609,810682
0,200 022 515E+2	300	0,994 720 026E-3	0,100 530 800E+4	0,130 839 813E+3	0,110 943 172E+3	0,387 405 401E+0	0,412 821 768E+1	0,406 798 347E+1	0,118 411 690E+3	0,153 492 501E+4	852,529677	620,626851
0,700 004 704E+3	300	0,841 607 740E-3	0,118 820 200E+4	0,668 517 926E+3	0,793 885 486E+2	0,132 609 616E+0	0,377 321 943E+1	0,346 135 580E+1	0,101 354 355E+2	0,244 357 992E+4	1309,230314	795,644857
0,999 679 423E-1	500	0,229 885 058E+1	0,435 000 000E+0	0,292 855 966E+4	0,269 874 830E+4	0,794 488 271E+1	0,198 124 932E+1	0,150 817 541E+1	0,130 824 045E+1	0,548 314 253E+3	17,299092	36,0317367
0,999 938 125E+0	500	0,220 653 133E+0	0,453 200 000E+1	0,289 122 108E+4	0,267 058 160E+4	0,682 502 725E+1	0,227 945 279E+1	0,166 991 025E+1	0,130 083 826E+1	0,535 739 001E+3	17,053577	38,4725608
0,100 003 858E+2	500	0,119 328 182E-2	0,838 025 000E+3	0,977 181 624E+3	0,965 248 346E+3	0,256 690 919E+1	0,460 222 448E+1	0,322 106 219E+1	0,135 433 363E+3	0,127 128 441E+4	119,828393	646,408561
0,700 000 405E+3	500	0,922 029 498E-3	0,108 456 400E+4	0,141 111 398E+4	0,765 692 960E+3	0,203 237 509E+1	0,367 154 109E+1	0,307 437 693E+1	0,901 393 987E+1	0,241 200 877E+4	Mimo rozsah!	Mimo rozsah!
0,220 384 756E+2	647	0,279 329 609E-2	0,358 000 000E+3	0,202 850 969E+4	0,196 694 971E+4	0,432 092 307E+1	0,353 179 841E+4	0,618 315 728E+1	0,103 276 727E+1	0,252 145 078E+3	46,363667	1170,96072
0,100 062 559E+0	900	0,414 937 759E+1	0,241 000 000E+0	0,376 497 576E+4	0,334 977 842E+4	0,916 653 194E+1	0,222 164 469E+1	0,175 890 657E+1	0,126 256 905E+1	0,724 027 147E+3	33,680332	82,6467212
0,200 000 690E+2	900	0,190 059 869E-1	0,526 150 000E+2	0,361 278 555E+4	0,323 266 450E+4	0,659 070 225E+1	0,271 928 538E+1	0,193 510 526E+1	0,128 334 476E+1	0,698 445 674E+3	35,027805	100,351901
0,700 000 006E+3	900	0,114 841 020E-2	0,870 769 000E+3	0,286 552 456E+4	0,206 163 741E+4	0,417 223 802E+1	0,358 031 986E+1	0,266 422 350E+1	0,507 250 083E+1	0,201 933 608E+4	Mimo rozsah!	Mimo rozsah!

Poznámka: v této tabulce jsou některé vstupní hodnoty (Tlak nebo Teplota) zadány na více míst, než jsou viditelné. Je to proto, že u nich je potřeba zadat ještě další pozice ve zdroji neuvedené, aby vypočtené hodnoty přesně odpovídaly hodnotám ve zdrojových tabulkách.
Ovšem jde jen o optický efekt, protože odchylky způsobené nezadáním neviditelných pozic jsou natolik malé, že se bohatě vejdou do nejistot výpočtu uvedených ve zdroji. ;

Kontrolní výpočet a příklad použití funkcí IF95 - křivka sytosti

Pro kontrolu jsou použita data z "Release on the IAPWS Industrial Formulation 1995 …" z tabulky 8 na straně 15.

	T = 275 °K	T = 450 °K	T = 625 °K
Tlak sytosti [MPa]	0,698 451 167E-3	0,932 203 564E+0	0,169 082 693E+2
Měrná hmotnost ρ' [kg/m^3]	0,999 887 406E+3	0,890 341 250E+3	0,567 090 385E+3
Měrná hmotnost ρ" [kg/m^3]	0,550 664 919E-2	0,481 200 360E+1	0,118 290 281E+3
Měrná entalpie h' [kJ/kg]	0,775 972 202E+1	0,749 161 585E+3	0,168 626 976E+4
Měrná entalpie h" [kJ/kg]	0,250 428 995E+4	0,277 441 078E+4	0,255 071 624E+4
Měrná entropie s' [kJ/kgK]	0,283 094 670E-1	0,210 865 845E+1	0,380 194 683E+1
Měrná entropie s" [kJ/kgK]	0,910 660 120E+1	0,660 921 221E+1	0,518 506 121E+1

Kontrolní výpočet a příklad použití funkcí pro dynamickou viskozitu podle dokumentu č. IAPWS R12-08

Zde jsou data pro kontrolu zjednodušeného programu, když μ_2=1, z tabulky 4. Proto vypočtené hodnoty viskozity označené * přesně nesouhlasí, protože funkce IF95IAPWS(...;...;...;"Mi") zde použitá počítá viskozitu včetně viskozity μ_2 pro kritickou oblast, tedy μ_2<>1.

Vstupní hodnoty		Výstupní hodnoty	
Tlak	Teplota	Dynamická viskozita	Měrná hmotnost
P [MPa]	T [K]	mi [μPa.s]	ρ [kg/m^3]
0,221 713 489E+1	298,15	889,735170 *	0,998 000 000E+3
0,760 755 375E+3	298,15	1437,649467	0,120 000 000E+4
0,100 644 962E+3	373,15	307,883636 *	0,100 000 000E+4
0,196 901 583E+0	433,15	14,538324	0,100 000 000E+1
0,214 352 684E+3	433,15	217,685365 *	0,100 000 000E+4
0,402 225 473E+0	873,15	32,619287	0,100 000 000E+1
0,336 086 081E+2	873,15	35,802262	0,100 000 000E+3
0,208 180 810E+3	873,15	77,430195	0,600 000 000E+3
0,541 106 212E+0	1173,15	44,217245	0,100 000 000E+1
0,514 248 931E+2	1173,15	47,640433	0,100 000 000E+3
0,219 723 616E+3	1173,15	64,154608	0,400 000 000E+3

Zde jsou data pro kontrolu programu z tabulky 5 na straně 9, tedy pro program, který viskozitu počítá včetně kritické oblasti. Data jsou pro oblast blízko kritického bodu, kde se tady dílčí viskozita μ_2 počítá.

Vstupní hodnoty		Výstupní hodnoty	
Tlak	Teplota	Dynamická viskozita	Měrná hmotnost
P [MPa]	T [K]	mi [μPa.s]	ρ [kg/m^3]
0,194 596 313E+2	647,35	25,520677	0,122 000 000E+3
0,219 924 624E+2	647,35	31,337589	0,222 000 000E+3
0,221 206 591E+2	647,35	36,228143	0,272 000 000E+3
0,221 318 931E+2	647,35	42,961579	0,322 000 000E+3
0,221 439 770E+2	647,35	45,688204	0,372 000 000E+3
0,223 147 216E+2	647,35	49,436256	0,422 000 000E+3

Kontrolní výpočet a příklad použití funkcí pro teplotní vodivost podle dokumentu č. IAPWS R15-11

Zde jsou data pro kontrolu zjednodušeného programu, když λ_2=0, z tabulky 4. Proto vypočtené hodnoty vodivosti označené * přesně nesouhlasí, protože funkce IF95IAPWS(...;...;...;"Lam") zde použitá počítá vodivost včetně vodivosti λ_2 pro kritickou oblast, tedy λ_2<>0. Poznámka: protože zde nelze vložit nulový tlak, který by odpovídal nulovému ρ z tabulky, je pro první a poslední řádek tabulky vložen tlak 1E-9 MPa, což je miminum, které vložit lze, a s ním už vypočtené vodivosti odpovídají hodnotám v tabulce, ovšem ρ je nepatrně větší než 0.

Vstupní hodnoty		Výstupní hodnoty	
Tlak	Teplota	Teplotní vodivost	Měrná hmotnost
P [MPa]	T [K]	lam [mW/Km]	ρ [kg/m^3]
0,100 000 000E-8	298,15	0,184 341 883E+2	0,000 000 007
0,221 713 489E+1	298,15	0,608 010 782E+3 *	0,998 000 000E+3
0,760 755 384E+3	298,15	0,799 176 844E+3 *	0,120 000 000E+4
0,100 000 000E-8	873,15	0,791 034 659E+2	0,000 000 002

Zde jsou data pro kontrolu programu z tabulky 5 na straně 10, tedy pro program, který vodivost počítá včetně kritické oblasti. Data jsou pro oblast blízko kritického bodu, kde se tady dílčí vodivost λ_2 počítá.

Vstupní hodnoty		Výstupní hodnoty	
Tlak	Teplota	Teplotní vodivost	Měrná hmotnost
P [MPa]	T [K]	lam [mW/Km]	ρ [kg/m^3]
0,297 424 666E+0	647,35	0,519 298 924E+2	0,100 000 000E+1
0,194 596 313E+2	647,35	0,130 922 885E+3	0,122 000 000E+3
0,219 924 624E+2	647,35	0,367 787 459E+3	0,222 000 000E+3
0,221 206 591E+2	647,35	0,757 959 776E+3	0,272 000 000E+3
0,221 318 931E+2	647,35	0,144 375 556E+4	0,322 000 000E+3
0,221 439 770E+2	647,35	0,650 319 402E+3	0,372 000 000E+3
0,223 147 216E+2	647,35	0,448 883 487E+3	0,422 000 000E+3
0,117 733 755E+3	647,35	0,600 961 346E+3	0,750 000 000E+3

Kontrolní výpočet a příklad použití funkcí IF95 - výpočet iterací z P a H

Pro kontrolu výpočtu s vyjímkou dyn. viskozity a tep. vodivosti jsou použita data z "Revised Release on the IAPWS Industrial Formulation 1995 …", číslo dokumentu IAPWS R6-95(2018) z roku 2018; z tabulky 7 na straně 15 s tím, že zde vstupující entalpie byla vzata z výpočtu z tlaku a teploty, protože v tabulce 7 entalpie není. Výpočet dynamické viskozity a teplotní vodivosti je zde jen pro informaci, kontrolní data jsou v samostatných tabulkách.

Vstupní hodnoty		Výstupní hodnoty										
Tlak	Měrná entalpie	Měrný objem	Měrná hmotnost	Teplota	Měrná vnitřní energie	Měrná entropie	Měrná izobarická tepelná kapacita	Měrná izochorická tepelná kapacita	Izoentropický exponent	Rychlost zvuku	Dynamická viskozita	Teplotní vodivost
P [MPa]	h [kJ/kg]	v [m^3/kg]	ρ [kg/m^3]	[K]	u [kJ/kg]	s [kJ/kgK]	c_p [kJ/kgK]	c_v [kJ/kgK]	kapa [--]	w [m/s]	mi [μPa.s]	lam [mW/Km]
0,992 418 352E-1	0,112 652 982E+3	0,100 345 590E-2	0,996 556 000E+3	0,300 000 000E+3	0,112 553 397E+3	0,393 062 643E+0	0,418 064 167E+1	0,413 018 112E+1	0,226 395 956E+5	0,150 151 914E+4	853,742741	609,810682
0,200 022 515E+2	0,130 839 813E+3	0,994 720 026E-3	0,100 530 800E+4	0,300 000 000E+3	0,110 943 172E+3	0,387 405 401E+0	0,412 821 768E+1	0,406 798 347E+1	0,118 411 690E+3	0,153 492 501E+4	852,529677	620,626851
0,700 004 704E+3	0,668 517 926E+3	0,841 607 740E-3	0,118 820 200E+4	0,300 000 000E+3	0,793 885 486E+2	0,132 609 616E+0	0,377 321 943E+1	0,346 135 580E+1	0,101 354 355E+2	0,244 357 992E+4	1309,230314	795,644857
0,999 679 423E-1	0,292 855 966E+4	0,229 885 058E+1	0,435 000 000E+0	0,500 000 000E+3	0,269 874 830E+4	0,794 488 271E+1	0,198 124 932E+1	0,150 817 541E+1	0,130 824 045E+1	0,548 314 253E+3	17,299092	36,0317367
0,999 938 125E+0	0,289 122 108E+4	0,220 653 133E+0	0,453 200 000E+1	0,500 000 000E+3	0,267 058 160E+4	0,682 502 725E+1	0,227 945 279E+1	0,166 991 025E+1	0,130 083 826E+1	0,535 739 001E+3	17,053577	38,4725608
0,100 003 858E+2	0,977 181 624E+3	0,119 328 182E-2	0,838 025 000E+3	0,500 000 000E+3	0,965 248 346E+3	0,256 690 919E+1	0,460 222 448E+1	0,322 106 219E+1	0,135 433 363E+3	0,127 128 441E+4	119,828393	646,408561
0,700 000 405E+3	0,141 111 398E+4	0,922 029 498E-3	0,108 456 400E+4	0,500 000 000E+3	0,765 692 960E+3	0,203 237 509E+1	0,367 154 109E+1	0,307 437 693E+1	0,901 393 987E+1	0,241 200 877E+4	Mimo rozsah!	Mimo rozsah!
0,220 384 756E+2	0,202 850 969E+4	0,279 329 609E-2	0,358 000 000E+3	0,647 000 000E+3	0,196 694 971E+4	0,432 092 307E+1	0,353 179 841E+4	0,618 315 728E+1	0,103 276 727E+1	0,252 145 078E+3	46,363667	1170,96072
0,100 062 559E+0	0,376 497 576E+4	0,414 937 759E+1	0,241 000 000E+0	0,900 000 000E+3	0,334 977 842E+4	0,916 653 194E+1	0,222 164 469E+1	0,175 890 657E+1	0,126 256 905E+1	0,724 027 147E+3	33,680332	82,6467212
0,200 000 690E+2	0,361 278 555E+4	0,190 059 869E-1	0,526 150 000E+2	0,900 000 000E+3	0,323 266 450E+4	0,659 070 225E+1	0,271 928 538E+1	0,193 510 526E+1	0,128 334 476E+1	0,698 445 674E+3	35,027805	100,351901
0,700 000 006E+3	0,286 552 456E+4	0,114 841 020E-2	0,870 769 000E+3	0,900 000 000E+3	0,206 163 741E+4	0,417 223 802E+1	0,358 031 986E+1	0,266 422 350E+1	0,507 250 083E+1	0,201 933 608E+4	Mimo rozsah!	Mimo rozsah!

Poznámka: v této tabulce jsou některé vstupní hodnoty (Tlak nebo Entapie) zadány na více míst, než jsou viditelné. Je to proto, že u nich je potřeba zadat ještě další pozice ve zdroji neuvedené, aby vypočtené hodnoty přesně odpovídaly hodnotám ve zdrojových tabulkách.
Ovšem jde jen o optický efekt, protože odchylky způsobené nezadáním neviditelných pozic jsou natolik malé, že se bohatě vejdou do nejistot výpočtu uvedených ve zdroji.

Kontrolní výpočet a příklad použití funkcí IF95 - výpočet iterací z P a S

Pro kontrolu výpočtu s vyjímkou dyn. viskozity a tep. vodivosti jsou použita data z "Revised Release on the IAPWS Industrial Formulation 1995 …", číslo dokumentu IAPWS R6-95(2018) z roku 2018; z tabulky 7 na straně 15.
Výpočet dynamické viskozity a teplotní vodivosti je zde jen pro informaci, kontrolní data jsou v samostatných tabulkách.

Vstupní hodnoty		Výstupní hodnoty										
Tlak	Měrná entropie	Měrný objem	Měrná hmotnost	Měrná entalpie	Měrná vnitřní energie	Teplota	Měrná izobarická tepelná kapacita	Měrná izochorická tepelná kapacita	Izoentropický exponent	Rychlost zvuku	Dynamická viskozita	Teplotní vodivost
P [MPa]	s [kJ/kgK]	v [m^3/kg]	ρ [kg/m^3]	h [kJ/kg]	u [kJ/kg]	[K]	c_p [kJ/kgK]	c_v [kJ/kgK]	kapa [--]	w [m/s]	mi [μPa.s]	lam [mW/Km]
0,992 418 352E-1	0,393 062 643E+0	0,100 345 590E-2	0,996 556 000E+3	0,112 652 982E+3	0,112 553 397E+3	0,300 000 000E+3	0,418 064 167E+1	0,413 018 112E+1	0,226 395 956E+5	0,150 151 914E+4	853,742741	609,810682
0,200 022 515E+2	0,387 405 401E+0	0,994 720 026E-3	0,100 530 800E+4	0,130 839 813E+3	0,110 943 172E+3	0,300 000 000E+3	0,412 821 768E+1	0,406 798 347E+1	0,118 411 690E+3	0,153 492 501E+4	852,529677	620,626851
0,700 004 704E+3	0,132 609 616E+0	0,841 607 740E-3	0,118 820 200E+4	0,668 517 926E+3	0,793 885 486E+2	0,300 000 000E+3	0,377 321 943E+1	0,346 135 580E+1	0,101 354 355E+2	0,244 357 992E+4	1309,230314	795,644857
0,999 679 423E-1	0,794 488 271E+1	0,229 885 058E+1	0,435 000 000E+0	0,292 855 966E+4	0,269 874 830E+4	0,500 000 000E+3	0,198 124 932E+1	0,150 817 541E+1	0,130 824 045E+1	0,548 314 253E+3	17,299092	36,0317367
0,999 938 125E+0	0,682 502 725E+1	0,220 653 133E+0	0,453 200 000E+1	0,289 122 108E+4	0,267 058 160E+4	0,500 000 000E+3	0,227 945 279E+1	0,166 991 025E+1	0,130 083 826E+1	0,535 739 001E+3	17,053577	38,4725608
0,100 003 858E+2	0,256 690 919E+1	0,119 328 182E-2	0,838 025 000E+3	0,977 181 624E+3	0,965 248 346E+3	0,500 000 000E+3	0,460 222 448E+1	0,322 106 219E+1	0,135 433 363E+3	0,127 128 441E+4	119,828393	646,408561
0,700 000 405E+3	0,203 237 509E+1	0,922 029 498E-3	0,108 456 400E+4	0,141 111 398E+4	0,765 692 960E+3	0,500 000 000E+3	0,367 154 109E+1	0,307 437 693E+1	0,901 393 987E+1	0,241 200 877E+4	Mimo rozsah!	Mimo rozsah!
0,220 384 756E+2	0,432 092 307E+1	0,279 329 609E-2	0,358 000 000E+3	0,202 850 969E+4	0,196 694 971E+4	0,647 000 000E+3	0,353 179 841E+4	0,618 315 728E+1	0,103 276 727E+1	0,252 145 078E+3	46,363667	1170,96072
0,100 062 559E+0	0,916 653 194E+1	0,414 937 759E+1	0,241 000 000E+0	0,376 497 576E+4	0,334 977 842E+4	0,900 000 000E+3	0,222 164 469E+1	0,175 890 657E+1	0,126 256 905E+1	0,724 027 147E+3	33,680332	82,6467212
0,200 000 690E+2	0,659 070 225E+1	0,190 059 869E-1	0,526 150 000E+2	0,361 278 555E+4	0,323 266 450E+4	0,900 000 000E+3	0,271 928 538E+1	0,193 510 526E+1	0,128 334 476E+1	0,698 445 674E+3	35,027805	100,351901
0,700 000 006E+3	0,417 223 802E+1	0,114 841 020E-2	0,870 769 000E+3	0,286 552 456E+4	0,206 163 741E+4	0,900 000 000E+3	0,358 031 986E+1	0,266 422 350E+1	0,507 250 083E+1	0,201 933 608E+4	Mimo rozsah!	Mimo rozsah!

Poznámka: v této tabulce jsou některé vstupní hodnoty (Tlak nebo Entropie) zadány na více míst, než jsou viditelné. Je to proto, že u nich je potřeba zadat ještě další pozice ve zdroji neuvedené, aby vypočtené hodnoty přesně odpovídaly hodnotám ve zdrojových tabulkách.
Ovšem jde jen o optický efekt, protože odchylky způsobené nezadáním neviditelných pozic jsou natolik malé, že se bohatě vejdou do nejistot výpočtu uvedených ve zdroji.

Kontrolní výpočet pro porovnání IF95 a IF97 a příklad použití jejich funkcí - rovnice pro křivku sytosti

Jako vstup jsou použita data pro kontrolu programu z "Revised Release on the IAPWS Formulation 1995 for the Thermodynamic Properties of Ordinary Water Substance for General and Scientific Use", číslo dokumentu IAPWS R6-95(2018) z r. 2018; tabulka 8 na str.15.

Hodnoty vypočtené rovnicemi IF97 :

	T = 275 °K	T = 450 °K	T = 625 °K
Měrná hmotnost ρ' [kg/m^3]	0,999 888 397E+3	0,890 346 801E+3	0,567 062 014E+3
Měrná hmotnost ρ'' [kg/m^3]	0,550 647 310E-2	0,481 150 942E+1	0,118 308 455E+3
Měrná entalpie h' [kJ/kg]	0,775 955 758E+1	0,749 293 340E+3	0,168 627 331E+4
Měrná entalpie h'' [kJ/kg]	0,250 429 111E+4	0,277 441 019E+4	0,255 065 140E+4
Měrná entropie s' [kJ/kgK]	0,283 088 058E-1	0,210 894 620E+1	0,380 191 134E+1
Měrná entropie s'' [kJ/kgK]	0,910 661 682E+1	0,660 922 243E+1	0,518 491 640E+1

Vybrané hodnoty z tabulky 8 na str. 15 v IF95 (hodnoty zde jsou vypočtené rovnicemi IF95):

Thermodynamic property values in the two-phase region for selected values of temperature

	T = 275 °K	T = 450 °K	T = 625 °K
Měrná hmotnost ρ' [kg/m^3]	0,999 887 406E+3	0,890 341 250E+3	0,567 090 385E+3
Měrná hmotnost ρ'' [kg/m^3]	0,550 664 919E-2	0,481 200 360E+1	0,118 290 281E+3
Měrná entalpie h' [kJ/kg]	0,775 972 202E+1	0,749 161 585E+3	0,168 626 976E+4
Měrná entalpie h'' [kJ/kg]	0,250 428 995E+4	0,277 441 078E+4	0,255 071 624E+4
Měrná entropie s' [kJ/kgK]	0,283 094 670E-1	0,210 865 845E+1	0,380 194 683E+1
Měrná entropie s'' [kJ/kgK]	0,910 660 120E+1	0,660 921 221E+1	0,518 506 121E+1

Odchylky [%] hodnot vypočtených podle IF97 od hodnot vypočtených podle IF95 :

(jako 100% jsou vzaty hodnoty IF95)

	T = 275 °K	T = 450 °K	T = 625 °K
Měrná hmotnost ρ' [%]	-0,0001	-0,0006	0,0050
Měrná hmotnost ρ'' [%]	0,0032	0,0103	-0,0154
Měrná entalpie h' [%]	0,0021	-0,0176	-0,0002
Měrná entalpie h'' [%]	0,0000	0,0000	0,0025
Měrná entropie s' [%]	0,0023	-0,0136	0,0009
Měrná entropie s'' [%]	-0,0002	-0,0002	0,0028