

## PROMRZÁNÍ PŮDY NA STANICI BYSTRICE NAD PERNŠTEJNEM

Hana Pokladníková  
Jaroslav Rožnovský  
Jana Dufková

### SUMMARY:

#### FREEZING OF SOIL AT BYSTRICE NAD PERNŠTEJNEM STATION

Freezing of soil is a significant factor not only for wintering organisms, but also for physical and chemical processes in the soil, which manifest themselves not only in agriculture. The subject of our evaluation was the occurrence of periods with the freezing of soil, its dynamics and the influence of other meteorological elements, especially the values of minimum air temperatures, and the occurrence and depth of snow cover at the station Bystřice pod Pernštejnem during the period of 1971 to 2004. The measurement was being performed by a soil freeze-meter, where the measuring medium is water. It has been found that on average, soil freezing occurs from 4<sup>th</sup> November till 9<sup>th</sup> April, inclusive. Soil freezing reached the maximum depth of 45 cm on the 24<sup>th</sup> and 25<sup>th</sup> January 1973. On the other hand there are also years, during which the depth of freezing does not exceed 4 cm. The freezing of soil is very variable both in the individual years and in the individual cold periods. A significant phenomenon is the alternating of the states of freezing and thawing of the soil, especially in March. Snow cover occurs on average during the period of 12<sup>th</sup> November to 3<sup>rd</sup> April. Its occurrence is very variable. Exceptionally, it may occur during the whole cold period in only several episodes lasting from one to five days. It has been shown, that the influence of snow cover on the depth of freezing is significantly affected by minimum air temperature values. Only a continuous and over 10 cm deep snow cover decreases depths of freezing significantly.

**Key words:** freezing of soil, snow cover, cryopedometer, air temperature

### Abstrakt:

Promrzání půdy je významným faktorem nejen pro přezimující organizmy, ale i pro fyzikálně chemické procesy v půdě, které se projevují nejen v zemědělství. Předmětem hodnocení byl výskyt období s promrzáním půdy, jeho dynamiky a vlivu dalších meteorologických prvků, zvláště hodnot minimálních teplot vzduchu, výskytu a výšky sněhové pokrývky na stanici Bystřice nad Pernštejnem za období 1971 až 2004. Měření bylo prováděno půdním mrazoměrem, kde měřicím médiem je voda. Bylo zjištěno, že v průměru se promrznutí půdy vyskytuje od 4.11. do 9.4. včetně. Maximální hloubky, 45 cm, dosáhlo promrznutí ve dnech 24. a 25.1.1973. Na druhou stranu se vyskytují i roky, kdy hloubka promrznutí nedosahuje více než 4 cm. Promrzání půdy je velmi proměnlivé jak v jednotlivých letech, tak v jednotlivých chladných obdobích. Významným jevem je střídání stavů promrznutí a rozmrznutí půdy hlavně v březnu. Sněhová pokrývka se průměrně vyskytuje v období 12.11. až 3.4. Její výskyt je velmi proměnlivý. Mimořádně se může vyskytovat během celého chladného období jen v několika epizodách po jednom až pěti dnech. Prokázalo se, že vliv sněhové pokrývky na hloubku promrzání je výrazně ovlivněn hodnotami minimálních teplot vzduchu. Pouze souvislá a nad 10 cm vysoká sněhová pokrývka snižuje významně hloubky promrzání.

**Klíčová slova:** promrzání půdy, sněhová pokrývka, půdní mrazoměr, teplota vzduchu

### ÚVOD

K typickým projevům podnebí v našich přírodních podmínkách patří promrzání půdy v zimním období, tedy pokles půdních teplot pod bod tuhnutí. Promrzání půdy je podle Meteorologického slovníku (1990) definováno

jako tuhnutí půdního roztoku při poklesu teploty pod jeho bod mrznutí. Promrzání půdy je významné z mnoha pohledů. Z biologického hlediska je součástí období vegetačního klidu, ale na přezimující rostliny, hlavně zemědělské plodiny, může mít negativní dopady. Při velkém poklesu teploty dochází k poškození nebo

dokonce k naprostému zničení rostlinných orgánů, tedy k vymrzání. Při střídání teplot nad a pod nulou, dochází k potrhání kořenů rostlin. Hloubka promrzání půdy je dána dobou trvání a intenzitou mrazů, pokrytím půdy sněhem, vegetací apod. a způsobem jejího zpracování (ROŽNOVSKÝ, POKLADNÍKOVÁ, 2005).

S ohledem na obtížnost měření promrzání půdy nejsou zatím vyvinuty přesné přístroje. Používaný mrazoměr je spíše pomůckou, než přístrojem (SLABÁ, 1972, FIŠÁK, 1994), a proto je velmi často toto období vyjadřováno obdobím s půdními teplotami pod 0 °C.

V klimatologické literatuře nacházíme častěji než hodnocení promrzání půdy analýzy půdních teplot, ze kterých charakteristiky promrzání odvozujeme. V Tabulkách podnebí (1961) najdeme průměrné měsíční teploty půdy měřené v hloubkách 10, 20, 50 a 100 cm za období 1924 až 1953, případně kratší pro 17 stanic a maximální a minimální teploty půdy z 11 stanic na území ČR a na území SR obdobné údaje pro hloubky 15, 30, 60 a 100 cm. V Souborné studii jsou v kapitole „Teplota půdy“ uváděny průměrné měsíční teploty půdy a období s teplotami rovnými a nižšími 0 °C pro stanice Čáslav-Filipov, Havlíčkův Brod, Klatovy, Rožnov pod Radhoštěm, Hurbanovo a Starý Smokovec. Půdními teplotami v našich podmínkách se zabývalo mnoho autorů, konkrétně pro Pohořelice analyzoval půdní teploty za období 1956-1986 ROŽNOVSKÝ (1990).

Teplotám půdy v chladné části roku (říjen až březen) je věnována publikace (COUFAL et al., 1993), kde byla provedena statistická analýza časových řad pro stanice Cheb, Doksany, Havlíčkův Brod, Olomouc a Pohořelice. Mapová zpracování jsou zpracována z 35 stanic převážně s obdobím měření 1961 až 1990. Pro hodnocení promrzání jsou v této práci využitelné hlavně údaje o absolutních minimech teploty půdy, které jsou záporné ještě v hloubce 50 cm. Jako nejchladnější zima v hodnoceném třicetiletí je označena zima 1962/1963 s nevyraznějšími projevy na stanici Doksany, kde teplota půdy 0 °C byla naměřena v hloubce pod 100 cm.

Údaje o promrzání půdy publikovala BOUŠKOVÁ (1961), která však odvozovala promrzání podle půdních teplot, respektive chodu průměrné teploty půdy 0 °C. Obdobně postupoval LEDNICKÝ (1979) a další.

Vlivu sněhové pokrývky na promrzání půdy se věnovali HRBEK a KRHOUNEK (1957)

Zjistili, že vyšší sněhová pokrývka snižuje pokles půdních teplot, tedy i promrznutí. Teplotními půdními režimy se podrobně zabýval BEDRNA (1989), BEDRNA a GAŠPAROVIČ (1986).

## METODIKA

Znalost hloubky promrzání půdy v zimním období je velmi důležitá hlavně pro zemědělství a stavitelství. Určuje se buď interpolací z grafu průběhu teplot půdy podle půdních teploměřů nebo přímým měřením půdním mrazoměrem.

Půdní mrazoměr je tvořen gumovou hadicí se stupnicí po 5 cm, která je naplněna pruhem pěnové gumy a destilovanou vodou. Tato hadice se zasouvá do ochranné novodurové trubky trvale zapařené v zemi. Hloubka zapařování trubky, která se musí dotýkat země, je dána ryskou. Mrazoměr se umísťuje na měrném pozemku stanice do půdy pod trávník na nezaštiněném místě, nejlépe vedle půdních teploměřů. Měření a zápis údajů o promrzání půdy se provádí jednou denně, vždy v 7 hodin ráno, a to po čtení půdních teploměřů. Hloubka promrznutí se ověřuje hmatem.

Měření výšky sněhové pokrývky se provádí také v 7 hodin ráno. Celková výška sněhové pokrývky i nově napadlého sněhu se určuje s přesností na celé centimetry. K měření výšky celkové sněhové pokrývky se používá přenosná, popřípadě pevná sněhoměrná lať. Výška sněhu napadlého od posledního měření se zjišťuje pomocí sněhoměrné desky.

Teplota vzduchu se na klimatologických stanicích měří v meteorologické budce ve výšce 2 m nad povrchem země v pozorovacích termínech. K našemu vyhodnocení byly však použity pouze hodnoty denní minimální teploty vzduchu měřené pomocí minimálního teploměru.

## VÝSLEDKY A DISKUSE

Z vyhodnocení vyplývá, že za sledované období 1971 až 2004 klesají minimální denní teploty vzduchu pod bod mrazu v průměru od 9. 11. do 1. 4. (obr. 1). Průměrné promrznutí půdy se vyskytuje od 4. 11. do 9. 4. včetně, takže můžeme říci, že promrzání půdy nastupuje v průměru o 5 dnů dříve a končí o 8 dnů později než klesnou průměrné minimální teploty pod 0 °C. Suma minimálních teplot vzduchu v průměru za hodnocené období dosahuje

–483 °C, jen záporných minimálních teplot potom –541 °C. Sněhová pokrývka se průměrně vyskytuje v období 12.11. až 3.4. Její výskyt je velmi proměnlivý. Ale v jednotlivých letech už takovýto vztah mezi promrzáním půdy a chodem minimálních denních teplot vzduchu není tak zřetelný.

Za sledované období se maximální hloubka promrznutí půdy vyskytla v období 1.11.1972 až 30.4.1973 (obr. 2). V tomto období došlo k promrznutí půdy ve dnech 19.11. až 3.12.1972. Promrznutí půdy koresponduje s poklesem minimálních teplot vzduchu pod 0 °C, přičemž se nevyskytovala sněhová pokrývka. Následovalo několik dnů se vzestupem teplotních minim nad 0 °C a následný výrazný pokles pod 0 °C. S tímto v podstatě nastupuje souvislé období promrznutí, a to od 7.12.1972 do 24.3.1973, což je 107 dnů. Minimální teploty vzduchu stoupají nad 0 °C pouze ve 41 dnech (1., 3.-11., 14., 23.11.; 2.-5., 8.12.; 7., 8., 10.2.; 18., 21.-30.3.; 2., 3., 6., 7., 10., 16., 24., 25., 29., 30.4.). Suma minimálních teplot vzduchu dosáhla za období hodnoty –379 °C, jen záporných potom –479 °C.

Souvislá sněhová pokrývka se vyskytla až 20.1.1973 a dosáhla výšky 12 cm a její výskyt byl přerušen oteplením ve dnech 7. až 10.2. Druhé krátké období se sněhovou pokrývkou bylo od 13.2. do 4.3.1973 s maximem výšky 13 cm. Na povrchu byl sníh ještě ve dnech 9.-11.3. a 21.-22.4.1973 s výškou maximálně 4 cm. Krátký výskyt sněhové pokrývky s malou výškou a navíc až v druhé polovině zimy, kdy půda byla již promrzlá, omezil promrznutí jen v době krátkého výskytu ochlazení s poklesem minimálních teplot vzduchu až na –9 °C dne 27.2..

Nejmenší výskyt promrzání byl zaznamenán v období 1.11.1982 až 30.4.1983, kdy došlo jen k ojedinělým výskytům promrznutí povrchu půdy (obr. 3) s prvním výskytem ihned v počátku období 7.-8.11.1982. I v dalších případech šlo spíše o promrznutí povrchu. Výskyt sněhové pokrývky od 7.12.1982 do 4.1.1983 a následně ve dnech 15.1. až 22.1.1983 byl doprovázen proměnlivým ochlazením. Součet všech minimálních teplot vzduchu činil –223,7 °C, jen záporných –739,9 °C. Velký rozdíl mezi sumami je dán vysokým počtem dnů, kdy minimální teploty vzduchu byly nad nulou. Z tohoto pohledu jde o nejteplejší hodnocené období, ale s velkou teplotní amplitudou. Několikatýdenní promrznutí, od 1.2. do 6.3.1983, bylo dáno výrazným poklesem minimálních

teplot vzduchu, s nejnižší hodnotou –16 °C dne 16.2. Vliv poklesu teploty vzduchu omezila sněhová pokrývka, která se vyskytovala takřka časově shodně s poklesy teplot, a to ve dnech 1.2. až 5.3.1983. Tato pokrývka dosáhla maxima 30 cm dne 14.2. V tomto případě je význam izolačních vlastností sněhové pokrývky zcela prokazatelný.

O vzájemném vlivu výšky sněhové pokrývky a hodnot minimálních teplot vzduchu podává názorný příklad období od 1.11.1995 do 30.4.1996 (obr. 4). Z vyhodnocení sum minimálních teplot vzduchu vyplývá, že z tohoto pohledu šlo o nejméně hodnocené období, suma za celé období dosáhla –947,1 °C, jen záporných minimálních teplot potom –1030,8 °C. V tomto období byly minimální teploty až na několik dnů stále pod 0 °C. V tomto období proměnlivě klesala teplotní minima několikrát až pod –18 °C. Již 22.11.1994 bylo naměřeno minimum teploty vzduchu –15 °C. Toto období má ze všech let hodnocení nejdéle se vyskytující souvislou sněhovou pokrývkou, která takřka neklesla pod 10 cm výšky a maximální výška 14.3.1995 činila 68 cm. Vlivem sněhové pokrývky v počátku jejího výskytu nedošlo k souvislému výskytu promrznutí půdy a hloubka promrznutí významně nepřekročila 20 cm.

Potvrzení přímé závislosti mezi minimy teplot vzduchu a promrzáním půdy bez vlivu sněhové pokrývky dokládá jejich průběh v období 1.11.1974 až 30.4.1975 (obr. 5). Toto období je v hodnocené řadě let typické minimálním výskytem sněhové pokrývky. Její výskyty během hodnoceného období jsou vždy jen několikadenní a dosahuje jen několik cm. Avšak minimální teploty vzduchu byly od počátku období až do konce ledna proměnlivé a pohybovaly se okolo 0 °C. Suma minimálních teplot vzduchu však není vysoká, dosáhla pouze –246,3 °C a jen záporných –389,3 °C, což svědčí o teplé zimě. Amplituda dokládá proměnlivost výskytu minimálních teplot vzduchu. Kolísání minimálních teplot vzduchu 0 °C a poklesy ani ne do –10 °C jsou příčinou, proč souvislé období s promrznutím půdy nacházíme ve dnech 4.2. až 11.3.1975, kdy se takřka nevyskytovala sněhová pokrývka a teplotní minima klesla až na –13 °C. O tom, že dochází v půdním prostředí k významnému zpoždění při přenosu tepla svědčí, že teplotní minimum stoupá nad 0 °C již 5.3., ale rozmrznutí půdy bylo naměřeno až 12.3.1975. Toto výrazné oteplení ovlivnilo i

malé promrznutí při následném ochlazení, kdy minima teploty vzduchu dosáhla hodnot mezi –7 °C až –5 °C.

## ZÁVĚR

Analýza výskytu a vzájemného vztahu promrznutí půdy, výšky sněhové pokrývky a minimální teploty vzduchu vycházela z měření těchto meteorologických prvků na klimatologické stanici Bystřice nad Pernštejnem za období 1.11. až 30.4. v letech 1971 až 2004. Promrznutí půdy bylo měřeno půdním mrazoměrem, kde měřicím médiem je voda. V dlouhodobém pohledu nastupuje promrznutí půdy o 5 dnů dříve a končí o 8 dnů později než nastupují průměrné minimální teploty pod 0 °C. Sněhová pokrývka se průměrně vyskytuje v období 12.11. až 3.4. Její výskyt je velmi proměnlivý. Mimořádně se může vyskytovat během celého chladného období jen v několika epizodách po jednom až pěti dnech.

Promrznutí půdy je velmi proměnlivé jak v jednotlivých letech, tak v jednotlivých chladných obdobích. V chladném období 1995 až 1996, kdy minimální teploty vzduchu klesaly až k –20 °C, dosahovala hloubka promrznutí půdy pouze 20 cm, což je mnohem méně než

v chladném období 1972 až 1973, kdy nejnižší minimální denní teploty vzduchu neklesly pod –10 °C, ale hloubka promrznutí půdy dosahovala téměř 50 cm. Tento jev je způsoben izolačními vlastnostmi sněhové pokrývky, jejíž mocnost byla v období 1995 až 1996 až 68 cm, zatímco v 1972 až 1973 pouze 20 cm.

V období 1974 až 1975 byly únorové minimální denní teploty –12 °C, ale půda promrzla jen do hloubky 22 cm, protože v listopadu až lednu docházelo k opakovanému střídání denních minim nad a pod bodem mrazu. Podobná situace nastala i v letech 1982 až 1983, kdy byla hloubka promrznutí půdy menší vlivem sněhové pokrývky. Maximální hloubky, 45 cm, dosáhlo promrznutí ve dnech 24. a 25.1.1973. Na druhou stranu se vyskytují i roky, kdy hloubka promrznutí nedosahuje více než 4 cm.

Prokázalo se, že vliv minimálních teplot vzduchu na hloubku promrznutí je výrazně ovlivněn výškou sněhové pokrývky. Pouze souvislá a nad 10 cm vysoká sněhová pokrývka významně snižuje hloubky promrznutí. Dokladem jsou sumy minimálních teplot vzduchu, kdy v období 1.11.1995 až 30.4.1996 dosáhly nejvyššího poklesu pod nulu, ale přitom promrznutí nebylo největší.

## Poděkování

Autoři děkují Národní agentuře pro zemědělský výzkum (projekt I R 440 27) za finanční podporu při řešení uvedených projektů.

## LITERATURA

- BEDRNA, Z. Pôdne režimy. Bratislava, Veda, 1989. 207 s.
- BEDRNA, Z., GAŠPAROVIČ, J. Typy teplotného režimu pôd ČSSR. *Geografický časopis*, 1986, 38, č. 1, s. 60.
- BOUŠKOVÁ, V. Promrznutí půdy v Čechách a na Moravě, *Meteorologické zprávy*, 1961, 14, č. 3, s. 70 – 71.
- COUFAL, V., KOTT, I., MOŽNÝ, M. Teploty půdy v chladné části roku v období 1961-1990 na území České republiky (Soil temperature in cold part of year in period 1961-1990 on area of the Czech Republic), NKP, Praha, 1993, 37 s.
- FIŠÁK, J. Návod pro pozorovatele meteorologických stanic, *Metodický předpis ČHMÚ č. 11*, ČHMÚ, 1994, 3. přepracované vydání, 115 s., 8 fotografií, 22 pérovek, 5 příloh.
- HRBEK, J., KRHOUNEK, S. Promrznutí půd v zimě 1955 – 1956, *Meteorologické zprávy*, 1957, 10, č. 1, s. 16 – 23.
- KRHOUNEK, S. Promrznutí půd a jejich měření půdním mrazoměrem, *Meteorologické zprávy*, 1955, 8, č. 5, s. 127 – 133.
- LEDNICKÝ, V. Hloubka promrznutí půdy v Brně, *Meteorologické zprávy*, 1979, 32, č. 1, s. 12 – 15.
- Podněbí ČSSR – Tabulky, Hydrometeorologický ústav Praha, 1961, 379 s.

ROŽNOVSKÝ, J. Charakteristiky teplotního režimu půdy, *Acta universitatis agriculturae*, Brno, fac. agron., XXXVIII, 1990, č. 3-4, s. 97-104.

ROŽNOVSKÝ, J., POKLADNÍKOVÁ, H. Dynamics of soil freezing, *Contributions to Geophysics Geophysics and Geodesy*, 2005, 35, (in print).

SLABÁ, N. Návod pro pozorovatele meteorologických stanic ČSSR, Sborník předpisů, sv. 7, Hydrometeorologický ústav, 1972, 2. přepracované vydání, 224 stran, 55 obrázků, 21 příloh.

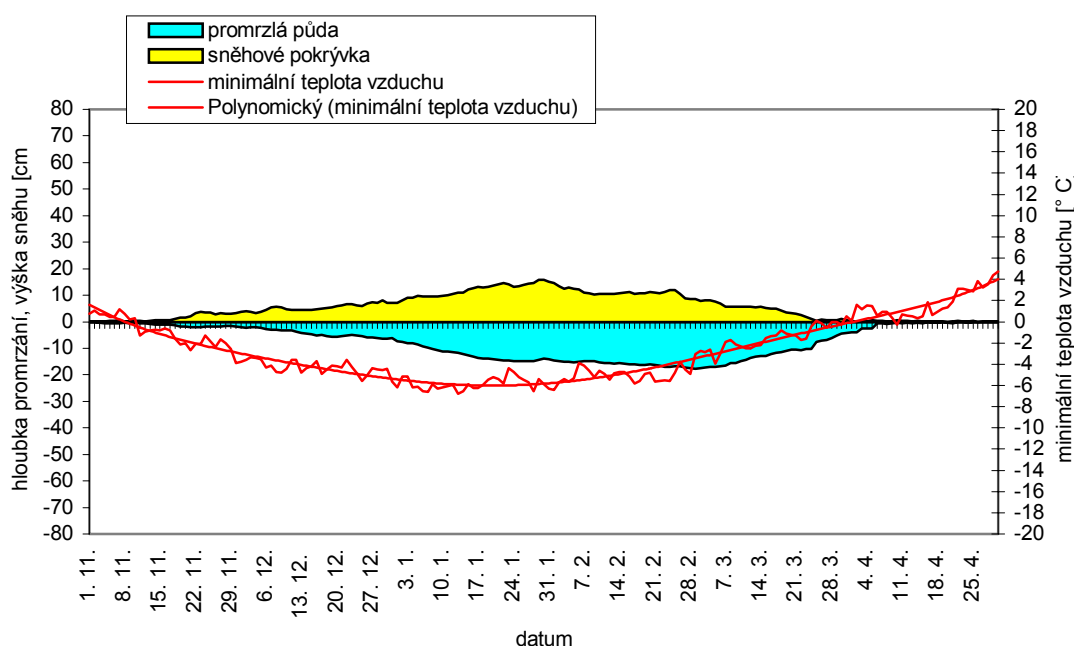
SOBÍŠEK, B. at al. Meteorologický slovník. Praha, Academia, 1993. 594 s.

Adresy autorů:

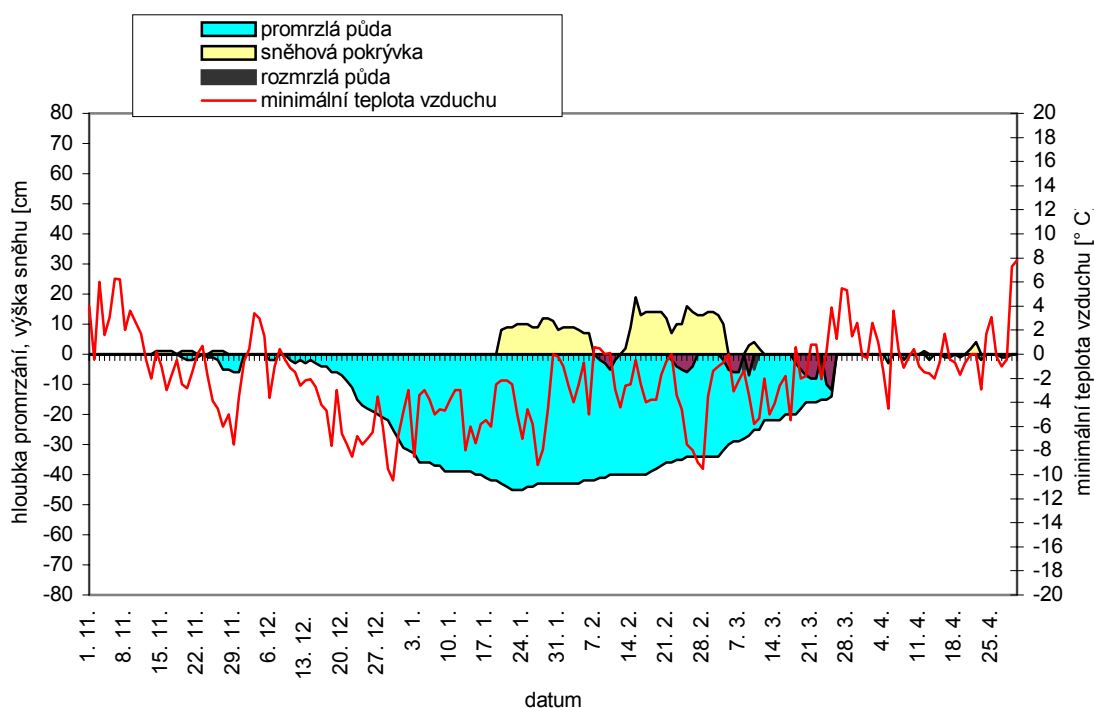
Ing. Hana Pokladníková, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Ústav aplikované a krajinné ekologie, Zemědělská 1, 613 00 Brno. Tel. 00 420 545 132 477, e-mail: hana.pokladnikova@uake.cz

RNDr. Ing. Jaroslav Rožnovský, CSc., Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno, Kroftova 43, 616 67, Brno. Tel.: 00 420 541 421 020, e-mail: roznovsky@chmi.cz

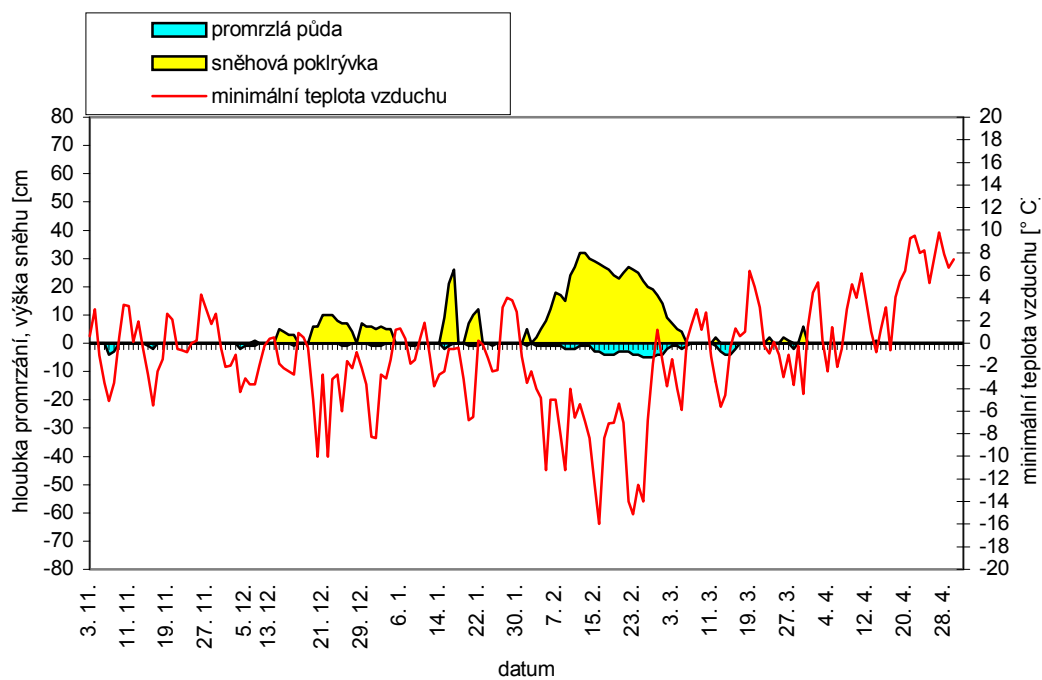
Ing. Jana Dufková, PhD., Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Ústav aplikované a krajinné ekologie, Zemědělská 1, 613 00 Brno. Tel. 00 420 545 132 472, e-mail: jana.dufkova@uake.cz



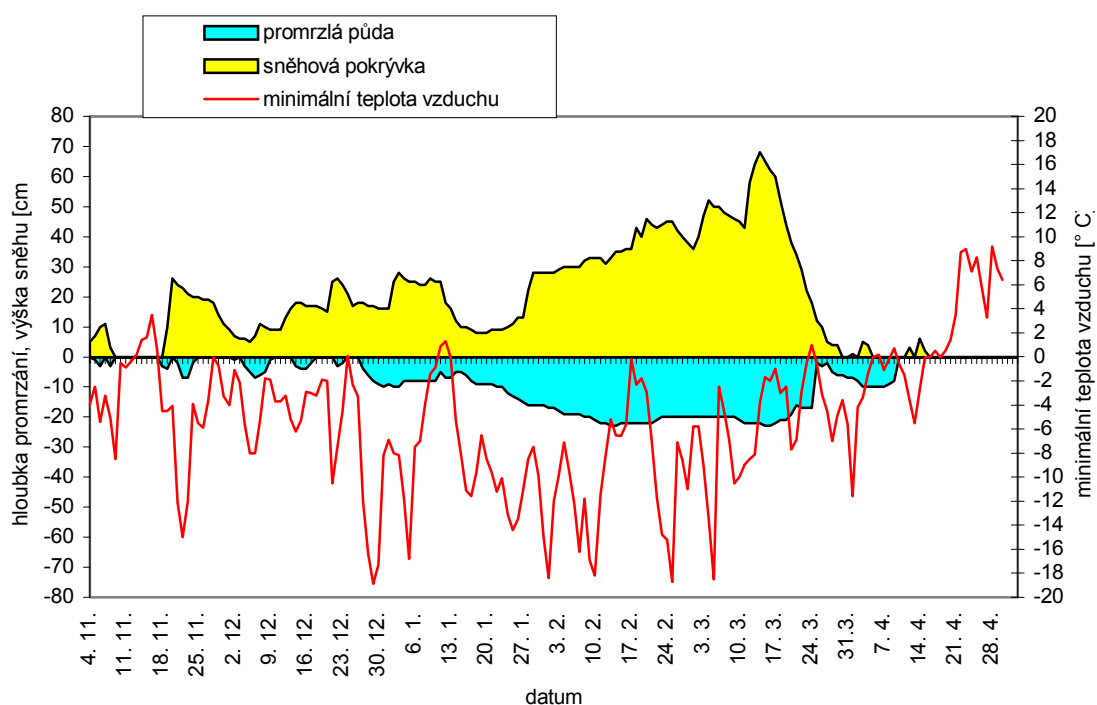
Obr. 1: Průměrná hloubka promrzání půdy, průměrná výška sněhové pokrývky a minimální teplota vzduchu v letech 1971 až 2004, Bystřice nad Pernštejnem



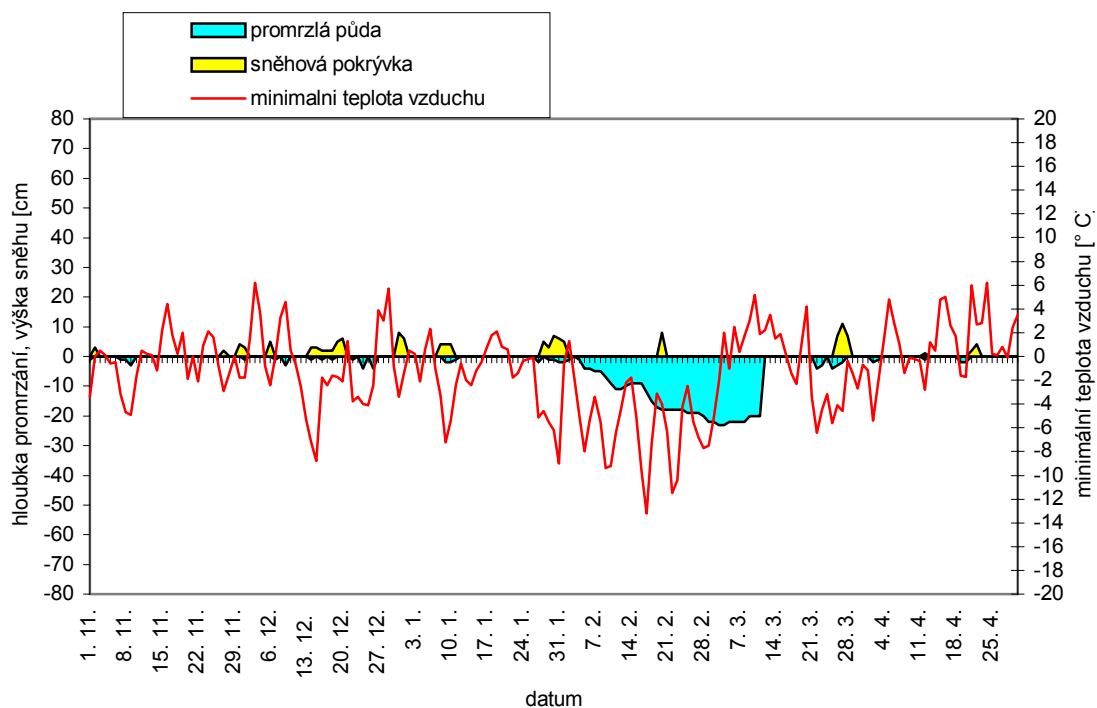
Obr. 2: Maximální hloubka promrzání půdy v období 1.11.1972 do 30.4. 1973, Bystřice nad Pernštejnem



Obr. 3: Minimální hloubka promrzání půdy v období od 1.11.1982 do 30.4.1983, Bystřice nad Pernštejnem



Obr. 4: Maximální výška sněhové pokrývky v období od 1.11.1995 do 30.4.1996, Bystřice nad Pernštejnem



Obr. 5: Minimální výška sněhové pokrývky v období od 1.11.1974 do 30.4.1975, Bystřice nad Pernštejnem