Optimalizace hydrologického režimu lužního ekosystému po antropických zásazích a její zapracování do zásad managementu na polesí Tvrdonice

Doba řešení: 2004 – 2005

Řešitel: Ing. Petr Prax, Brno

Řešitelský kolektiv:

Prof. Ing. Alois Prax, CSc.
Ing. Miloš Kloupar
Ing. Petr Prax, Ph.D.
Prom. biol. Jiří Heteša, CSc.
Doc. RNDr. Ivo Sukop, CSc.

1. Úvod

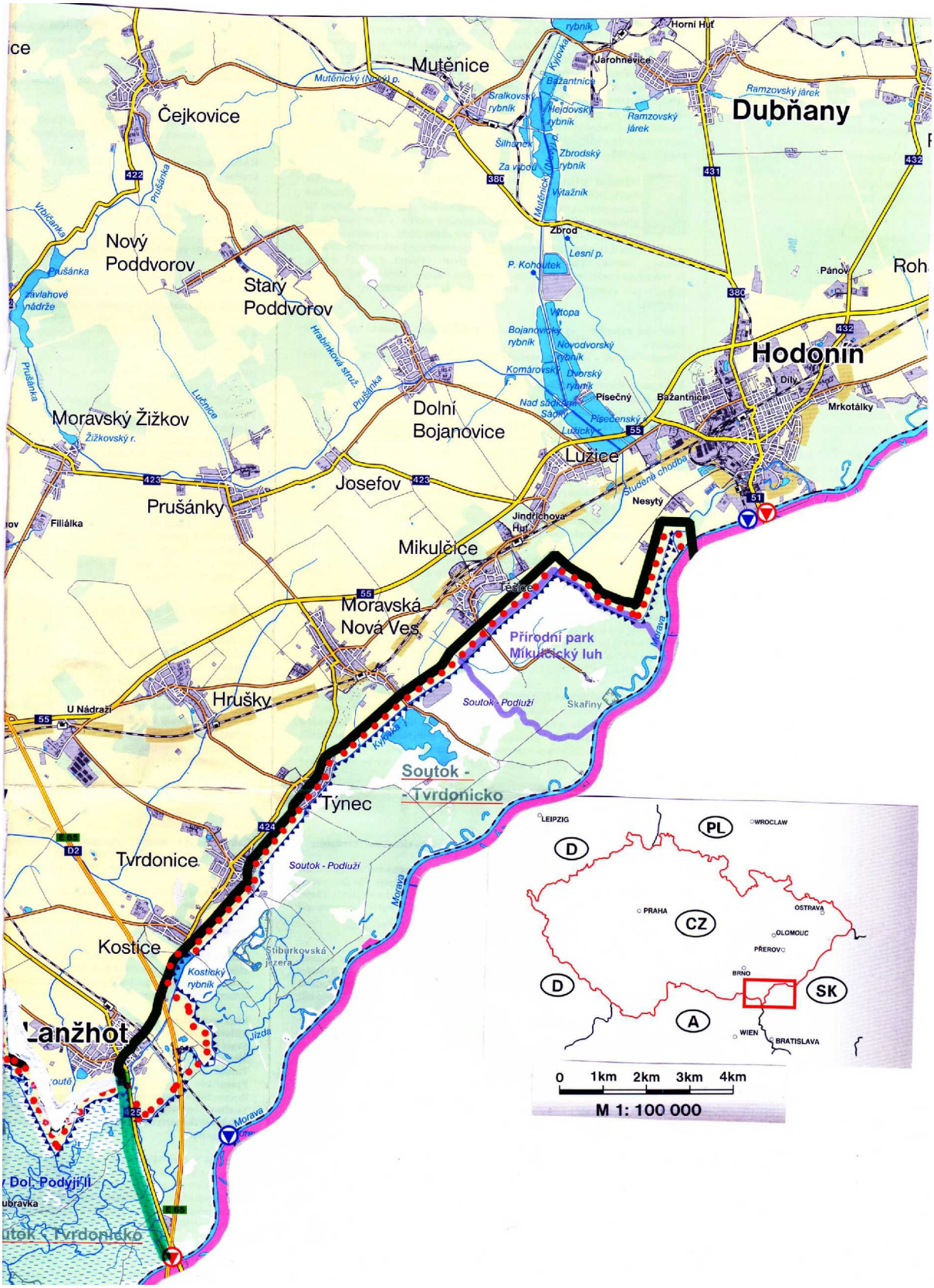
Výzkumný projekt realizovaný v rámci tématického okruhu „Optimalizace hydrologie lužních ekosystémů jako podklad pro lesnický management lužních ekosystémů“ byl vypracován na základě smlouvy uzavřené s Grantovou službou LČR. Zadání tohoto projektu je možné plně ztotožnit s jeho názvem, to znamená vyřešit optimalizaci hydrologického režimu lužního ekosystému po nedávných silných antropických zásazích tak, aby byla plně zachována funkčnost a stabilita tohoto nejen u nás, ale prakticky ve středoevropských podmínkách vzácného a silně ohroženého ekosystému lužního lesa. Součástí tohoto úkolu bylo zpracovat a poskytnout nezbytné zásady týkající se hydrologického a vlhkostního režimu lesních půd, které bude nutné začlenit do managementu lesního hospodaření na polesí Tvrdonice. S tímto zadáním byl ztotožněn cíl práce vedoucí výhledově ke stabilizaci a trvale udržitelnému rozvoji lesního hospodářství v lužním ekosystému na území polesí Tvrdonice.

Lužní lesy tvoří v České republice relativně vzácný, málo rozšířený ekosystém, který vzhledem ke specifice přírodních poměrů, se kterými je spojen, je většinou málo uváženými antropogenními zásahy velice snadno zranitelný. Lužní ekosystémy jsou u nás vesměs lokalizovány na území údolních rovinatých niv našich řek, kde se výraznou měrou na struktuře a na druhové skladbě lesních porostů uplatňují většinou velmi dobré půdní poměry. Rozhodujícím faktorem jsou však současně specifické hydrogeologické podmínky, které mají vliv na dynamiku hladiny podzemní vody ovlivňovanou stavem vody v recipientech.

2. Materiál a metody řešení

Výzkumný projekt je zpracován pro zájmové území, které tvoří celková rozloha polesí Tvrdonice o výměře 2 412,03 ha. Toto území zabírá relativně úzký pás lesního komplexu v pravobřežní nivě řeky Moravy od lokality Národního památníku Mikulčice až po silnici Lanžhot-Kůty na k.ú. Lanžhot o celkové délce zhruba 16 km (obr.1).

Lesní území polesí Tvrdonice tvoří pravobřežní niva řeky Moravy, která je charakterizována relativně málo mocnými povodňovými sedimenty zrnitostního charakteru hlín až jílů o mocnosti zhruba 1 až 3 metry a silně štěrkovitým zvodnělým podložím. Mohutný tok podzemní vody sytí tuto vrstvu pleistocénních štěrkopísků a směr pohybu vody většinou sleduje směr toku hlavního recipientu (Kouřil,1970). Místy je však ovlivňován také nerovností úrovně geologicky starších podložních terciérních jílů, případně přítokem vod z okolních výše položených terasových stupňů (Demek,1997).



Obr. 1 *Situace zájmového území*

Vazba lužních ekosystémů na řeku a její přítoky je tak silná, že každý zásah do tohoto systému nutně vyvolá odezvu v přilehlém biomu, který je člověkem intenzivně využíván, ať už jde o lesní hospodářství či zemědělskou výrobu.

Na rozhraní sedmdesátých a osmdesátých let byly provedeny na řece Moravě rozsáhlé vodohospodářské úpravy v úseku mezi Hodonínem a Lanžhotem. Byl tak výraznou měrou narušen hydrologický režim podzemních vod a tím i vlhkostní stav půd tohoto území. Dalším zásahem do režimu podzemních vod bylo zřízení jímacího území pro skupinový vodovod Podluží v prostoru mezi Mikulčicemi a Moravskou Novou Vsí. Posledním zásahem pak byla revitalizační opatření na polesí Tvrdonice realizovaná v letech 1993 až 1999, jejichž účinnost je nutné vyhodnotit.

Na tomto území byla v rámci tohoto výzkumného projektu rozprostřena síť půdních a hydrogeologických vrtů a sond, které byly z části převzaty od cizích organizací a z části byly doplněny mechanickou vrtnou soupravou, případně vlastními silami ruční vrtnou soupravou a kopanými sondami. Veškeré vrty a sondy jsou znázorněny na mapě přiložené k projektu.

Potřebná data, především úroveň hladiny podzemní vody, byla získána vesměs vlastním periodickým sledováním v roce 2004 s týdenní a v roce 2005 s měsíční periodicitou. Základní pozorovací síť tvoří pět hydropedologických profilů (profil A až E) situovaných zhruba kolmo na tok řeky Moravy. Pouze hodnocená data na profilu A byla pro roky 2004 a 2005 zakoupena od ČHMÚ Brno.

Problematika vlivu revitalizačních opatření tj. především sítě kanálů na okolní lesní porosty byla řešena na třech specificky zvolených a sledovaných transektech s označením P1 až P7 v oddělení 921 E8, dále P8 až P12 v oddělení 930 C8, a transekt P13 až P15 v oddělení 908 C9. Veškerá měření hladiny podzemní vody v sondách a vrtech i na měřištích hladiny povrchové vody u stavítek kanálů byla prováděna soupravou OAL od fy GEOSPOL Uhřínov, s.r.o. Na těchto transektech byla v průběhu roku 2005 provedena po dohodě s vedením polesí sledování pohybu hladiny podzemní vody při dočasně sníženém průtoku vody v kanálech.

Všechny odměrné body (vrty i stavítka) byly nivelačně zaměřeny a jejich kóty byly převedeny na nadmořské výšky Bpv, pro které nám základní síť bodů zaměřil metodou GPS v souřadnicovém systému S-JTSK pan Doc. Ing. O. Švábenský, CSc., úředně oprávněný zeměměřický inženýr.

Instalována byla také ve vegetačních obdobích roků 2004 a 2005 automatická srážkoměrná stanice v obci Tvrdonice na zahradě u pana Ing. Kadlece, Kostická 25. Automatický člunkový srážkoměr typu Anemo-Vodňany byl zapůjčen z Ústavu vodního hospodářství obcí, Stavební fakulty VUT v Brně.

Vlhkostní poměry lesních půd byly sledovány na dvou výrazně rozdílných lokalitách a to na vyvýšeném hrůdu s písčitým půdním profilem a na zrnitostně těžké oglejené fluvizemi. Sledování byla prováděna na stabilně vybudovaných měřištích, kde byly do provedených vrtů zapuštěny zaslepené novodurové trubky pro měření půdní vlhkosti metodou kapacitní sondy.Kapacitní vlhkoměr byl zapůjčen z Ústavu půdoznalství a mikrobiologie AF MZLU v Brně.

Pro objasnění vztahů mezi hladinou podzemní vody a přírůstovými poměry hlavních dřevin především jasanu úzkolistého byly provedeny na dvou lokalitách odběry přírůstu Presslerovým nebozezem (vždy 20 stromů navrtáno ze severní a jižní části kmene v prsní výšce).

Jako samostatný úkol byla u fy LIMNI s.r.o. Brno objednána studie „Současný stav hydrocenóz jako indikátora případného narušení lužního ekosystému“.

Kromě současného měření (2004 a 2005) byla objednána a zpracována historická měření úrovně hladiny podzemní vody, která nám poskytl za úhradu ČHMÚ pobočka Brno. Veškerá naměřená a získaná data jsou v tabulkách i grafech přiložena ve zprávě.

Zpracovatelé výzkumného projektu byli po celou dobu sledování a měření dat ve styku s vedením LZ Židlochovice i s pracovníky polesí Tvrdonice, kteří nám také poskytli důležité informace pro naši práci.

Průběh práce na výzkumné projektu byl také sledován zadavatelem projektu a průběžné kontroly projektu proběhly v plánovaných termínech kontrolních dnů.

Předložené tři dílčí zprávy byly oponovány a po projednání byly účastníky jednání schváleny.

3. Vyhodnocení provedených prací na výzkumném projektu

Vyhodnocení všech sledování, měření a získaných výsledků je zpracována v následujících samostatných kapitolách.

3.1 Krátce o historii území lužních lesů

Krajina údolní nivy řeky Moravy přešla v průběhu uplynulých více jak tisíce let zásadními proměnami. Mezi rozvětvenými rameny řek se již v osmém a devátém století rozkládala na vyvýšených terasách první moravská centra sídelních aglomerací (Poláček, 2001). Studium přírodního prostředí archeologických lokalit je dnes běžnou součástí sídelně archeologického výzkumu. Vztah příroda-člověk je nutno chápat nejen jako vliv přírody na člověka, ale také jako vědomé či nevědomé přetváření přírody, v našem případě nivní krajiny, člověkem. Významné změny přírodního prostředí údolní nivy možno datovat do počátku desátého století. Povodně začaly pravidelně zaplavovat údolní nivu řek, měnily zcela její hydrografii, reliéf i vegetaci. Zvedala se hladina podzemní vody, ukládaly se až několik metrů mocné povodňové hlíny, původní řídký porost tvrdého luhu se měnil v periodicky zaplavovaný měkký luh (Opravil, 1983).

Antropogenní vliv na lužní lesy jižní Moravy je dlouhodobý a v posledních letech velice intenzivní. Projevil se klučením lesů na sušších územích pro rozšíření zemědělsky obdělávané půdy a tím se značně snížila rozloha těchto lesů (tento proces byl intenzivní od šestnáctého století a s různou intenzitou pokračoval až do současné doby).

První lužní lesy měly charakter měkkého luhu, převládal výmladkový způsob obnovy a postupně se preferovaly dřeviny hospodářsky významné, zejména dub a jasan. Tyto změny v hospodaření byly doprovázeny i regulací vodního režimu, a to zejména vysušování bažin a úpravou koryt řek. Tyto procesy měly za následek, že lužní lesy v celé střední Evropě byly mnohdy úplně likvidovány nebo dostaly charakter břehových porostů, čímž byla zrušena nebo omezena jejich funkce v krajině.

Význačným, dnes již také historickým, antropogenním zásahem do zájmového území polesí Tvrdonice byly vodohospodářské úpravy na řece Moravě v letech sedmdesátých dvacátého století, kdy byl říční tok při regulaci zbaven přírodních meandrů, koryto značně prohloubeno a vybudovány ochranné hráze. Razantním zásahem do hydrologického režimu podzemních

vod byla na části polesí Tvrdonice realizace jímacího území vodovodu Podluží v osmdesátých letech minulého století. Historicky nejmladším zásahem do hydrologického a vlhkostního režimu lužního lesa byla zde realizace revitalizačních opatření v letech 1993 až 1999 (Kloupar, 2003). Na podrobnější zhodnocení čekají také další antropogenní zásahy v tomto území a to těžba ropy a štěrkopísků.

3.2 Dlouhodobá sledování hladiny podzemní vody

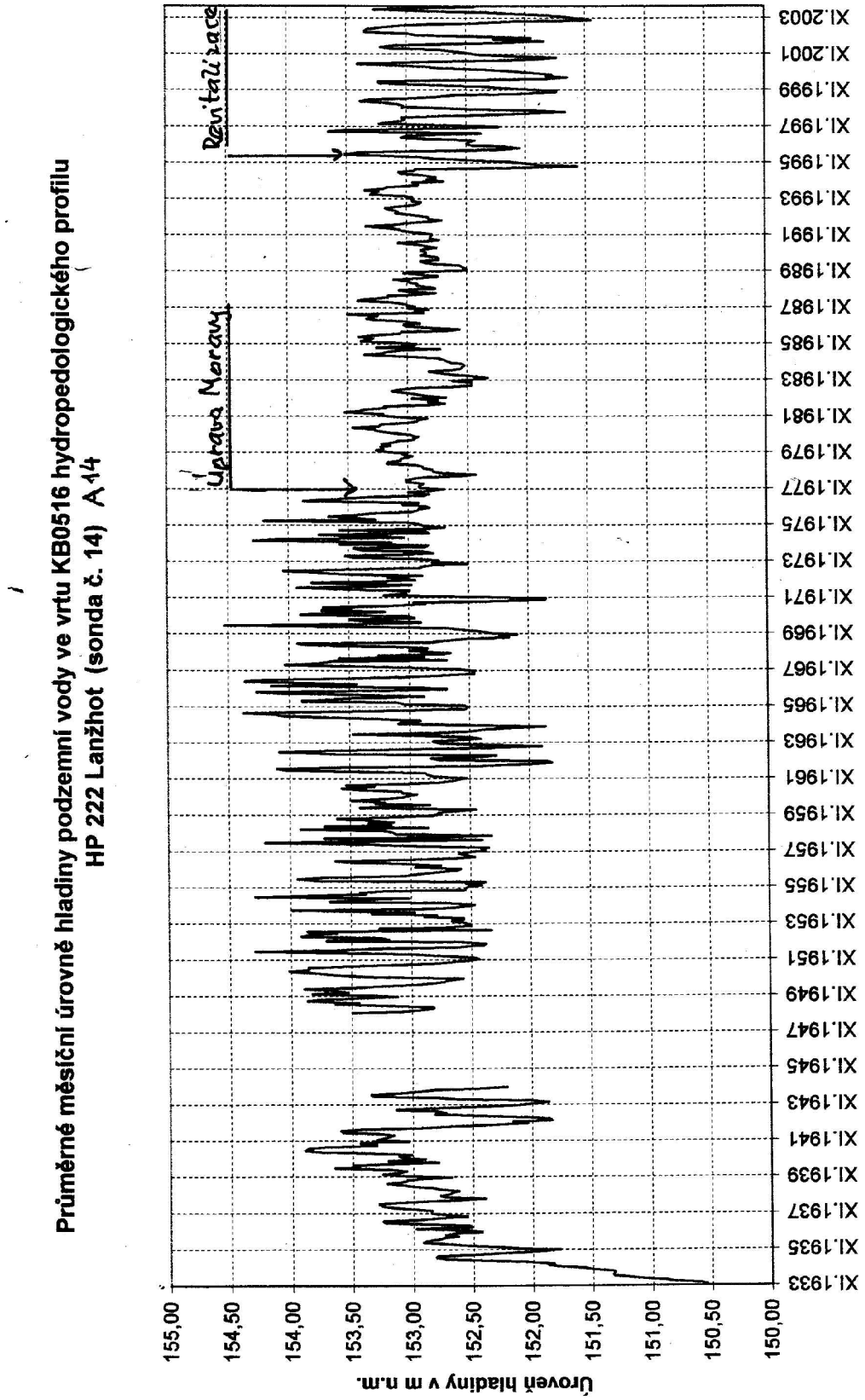
Pro zhodnocení změn, které by dokumentovaly antropické zásahy do režimu podzemních vod v nivě Moravy mohou sloužit dlouhodobá měření hladiny podzemní vody (HPV) na několika hydropedologických profilech, které provádí neb prováděl ČHMÚ – pobočka Brno. Nejdelší řadu měření představuje hydropedologický profil HP 222 Lanžhot, jehož fixované měřící vrty jsou umístěny podél silnice Lanžhot-Kůty. Tento profil poskytuje údaje od roku 1933 a je stále sledován.

Z celkové nabídky 28 pozorovacích vrtů (6 je mimo lesní porosty) byl pro vyhodnocení vybrán jeden v centrální části lesního komplexu. Na přiloženém obrázku (Obr.2) je znázorněn průběh průměrné měsíční úrovně HPV v letech 1933 až 2003. Ze znázorněného průběhu lze vyčíst, kdy došlo k zásahu, který ovlivnil dynamiku hydrologického režimu podzemních vod. Bylo to na přelomu let 1976/1977, kdy byla postupně dokončována úprava řeky Moravy. Další znatelný skok v průběhu HPV je možno pozorovat letech 1994/1995 a to je období budování revitalizačních opatření. Relativně nejméně výrazné změny se projevily u sond nejvíce vzdálených od řeky Moravy, což zřejmě hraje také významnou roli v hydrologickém režimu jednotlivých míst měření. Z toho vyplývá, že každá lokalita nivy může mít vzhledem k pestrosti půdních a mikroreliéfních podmínek svá specifika. Pro naši snahu o optimalizaci hydrologického režimu jsou velice důležitá měření z let 1935 až 1976, která po zprůměrování můžeme považovat za místní ustálenou hodnotu, tedy standard.

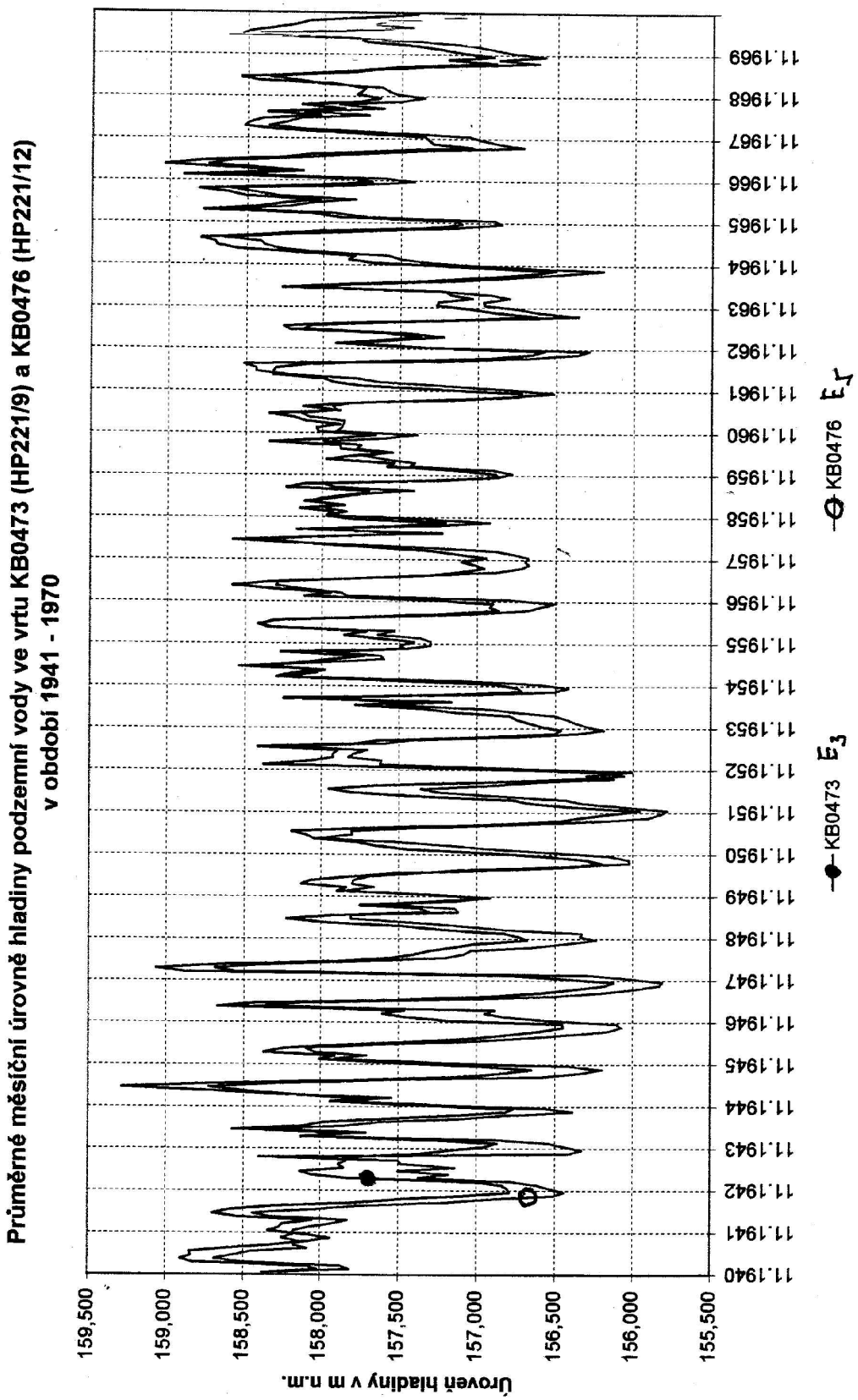
Pro život lužního lesa je kromě vody důležitý také vzduch v půdě, což dokazují značné rozdíly mezi jarními maximy a podzimními minimy HPV, které v tomto období až na výjimky činily kolem 2 až 3 m. V období po roce 1977 nastal jak pokles jarních maxim, tak eliminace pravidelných inundací a co je velice závažné došlo ke značnému snížení rozkolísanosti HPV. Revitalizační opatření po roce 1995 znamenala značné zlepšení hydrologického režimu půd, částečné rozšíření amplitudy maximálních a minimálních stavů HPV, s malým rozdílem, že maximální jarní stavy se ustálily cca o 0,5 až 1 m níže oproti původnímu stavu (standardu).

Nejvýrazněji se antropické zásahy projevily u hydropedologického profilu E, kde jsme získali od ČHMÚ údaje z let 1940 až 1996. Tento profil není už bohužel dále sledován. Pozorovací vrty čís. 9 (E3) a čís. 12 (E5) (viz.Obr. 3 a 4) vykazovaly do začátku vodohospodářských úprav shodný trend při rozkolísanosti 2 až 3 m navíc s častými inundacemi větší části území. Po roce 1972 nastalo snížení maximální HPV včetně zmenšení rozdílu mezi maximy a minimy. Zajímavý je úkaz, který nastal po roce 1986, kdy došlo k rozpojení průběhu HPV u těchto dvou vrtů, což je zřejmě dáno provozem jímacího území skupinového vodovodu. Vrty leží prakticky v depresním kuželi jímacích studní vodovodu Podluží, při čemž u pozorovacího vrtu čís. 12 (E5) došlo ke snížení a narušení celkové dynamiky HPV. Odlišná situace je u vrtu čís. 9 (E3) je znát lokální přemokření způsobené přítokem vody do místního kanálu ležícího v těsné blízkosti vrtu a tím také navýšení úrovně HPV.

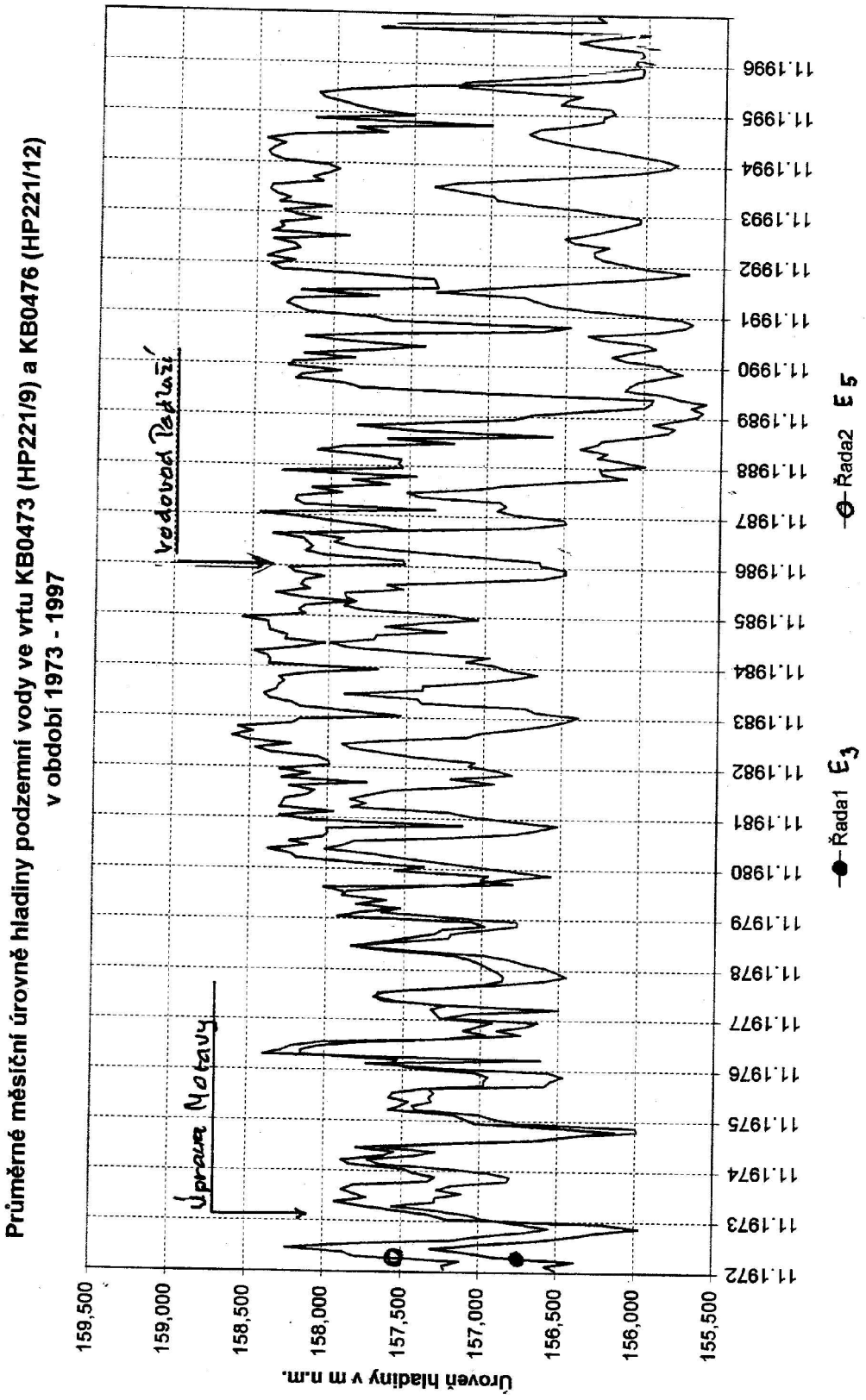
Předložené údaje nás dostatečnou měrou upozorňují na složitost hydrologického režimu tohoto zájmového území a na nezbytnost postupného lokálního řešení dané problematiky.


Průměrné měsíční úrovně hladiny podzemní vody ve vrtu KB0516 hydropedologického profilu
HP 222 Lanžhot (sonda č. 14) A 14
Úprava Nerav
Revitalizace
Úroveň hladiny v m n.m.
155,00
154,50
154,00
153,50
153,00
152,50
152,00
151,50
151,00
150,50
150,00
XI.1933
XI.1935
XI.1937
XI.1939
XI.1941
XI.1943
XI.1945
XI.1947
XI.1949
XI.1951
XI.1953
XI.1955
XI.1957
XI.1959
XI.1961
XI.1963
XI.1965
XI.1967
XI.1969
XI.1971
XI.1973
XI.1975
XI.1977
XI.1979
XI.1981
XI.1983
XI.1985
XI.1987
XI.1989
XI.1991
XI.1993
XI.1995
XI.1997
XI.1999
XI.2001
XI.2003

Obr. 2


Průměrné měsíční úrovně hladiny podzemní vody ve vrtu KB0473 (HP221/9) a KB0476 (HP221/12)
v období 1941 - 1970
Úroveň hladiny v m n.m.
159,500
159,000
158,500
158,000
157,500
157,000
156,500
156,000
155,500
11.1940
11.1941
11.1942
11.1943
11.1944
11.1945
11.1946
11.1947
11.1948
11.1949
11.1950
11.1951
11.1952
11.1953
11.1954
11.1955
11.1956
11.1957
11.1958
11.1959
11.1960
11.1961
11.1962
11.1963
11.1964
11.1965
11.1966
11.1967
11.1968
11.1969
KB0473 E3
KB0476 E1

Obr. 3


Průměrné měsíční úrovně hladiny podzemní vody ve vrtu KB0473 (HP221/9) a KB0476 (HP221/12)
v období 1973 - 1997
Úroveň hladiny v m n.m.
159,500
159,000
158,500
158,000
157,500
157,000
156,500
156,000
155,500
11.1972
11.1973
11.1974
11.1975
11.1976
11.1977
11.1978
11.1979
11.1980
11.1981
11.1982
11.1983
11.1984
11.1985
11.1986
11.1987
11.1988
11.1989
11.1990
11.1991
11.1992
11.1993
11.1994
11.1995
11.1996
Řada1 E3
Řada2 E5
Vodovod Pasohlávky
Úprava hladiny

Obr. 4

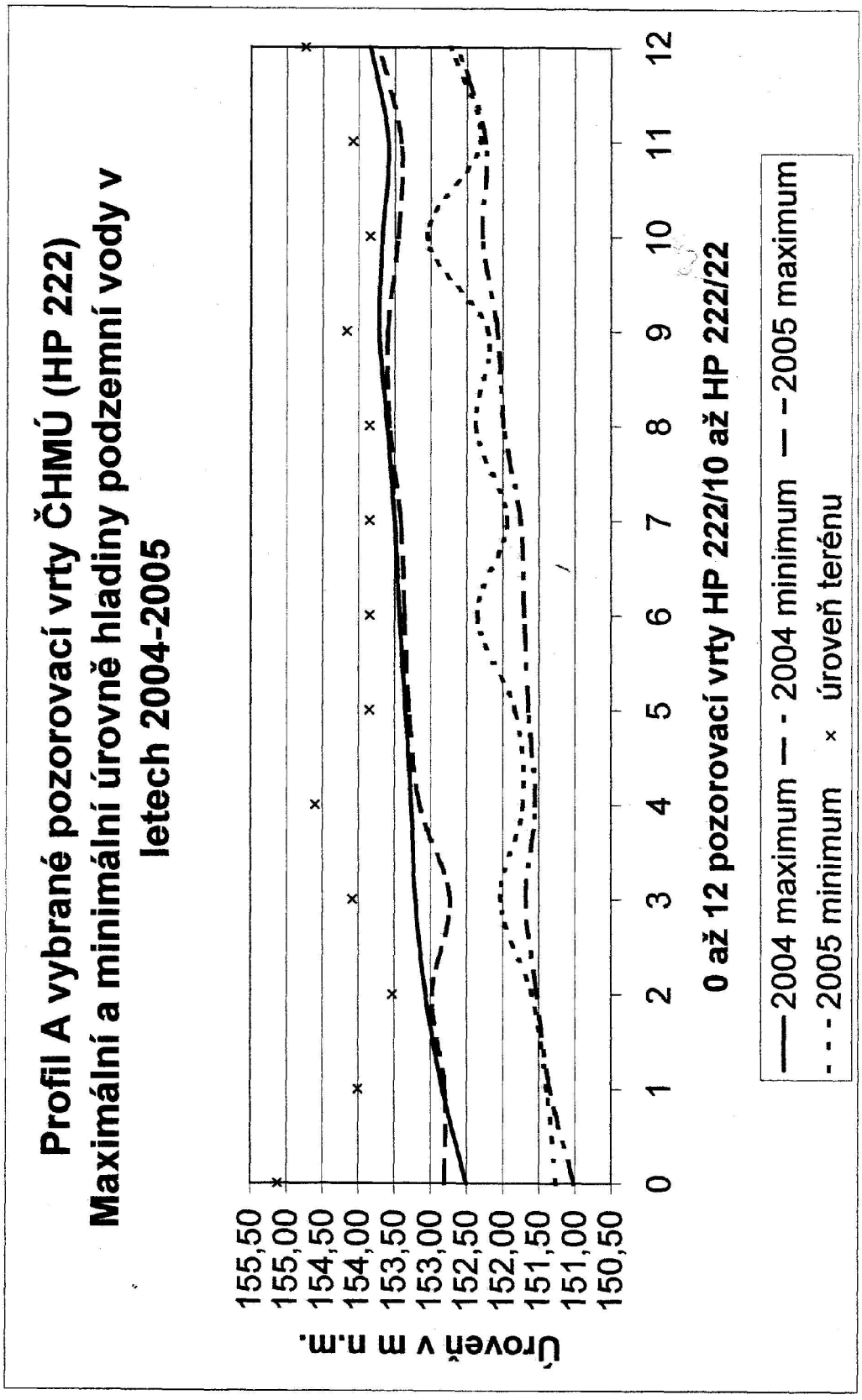
3.3. Dynamika hladiny podzemní vody v letech 2004 a 2005

Hodnocení dynamiky úrovně HPV na zájmovém území vychází jak z námi prováděného měření (všechna naměřená data HPV za oba roky přepočtena na nadmořské výšky jsou přiložena v závěrečné zprávě projektu), tak v případě hydropedologického profilu A z měření získaných od ČHMÚ Brno. Vycházíme-li z naměřených dat jak u jednotlivých vrtů, tak i z pohledu profilových sérií pozorovacích vrtů (profily A až E) vidíme, že jeden ze základních faktorů, který podmiňuje příznivý vývoj lesních ekosystémů, totiž pravidelná roční dynamika jarních maxim a podzimních minim úrovně HPV je vesměs zachována. Jako další podmínku možno definovat požadavek, aby jarní stav HPV zasáhl podstatně do vrstvy těžších povodňových kalů, tedy téměř po úroveň terénu (před vodohospodářskými úpravami byly běžné pravidelné jarní záplavy), aby došlo k nasycení půdního profilu vodou na plnou, případně alespoň retenční vodní kapacitu. Důležitým faktorem je také úroveň jarního maxima a podzimního minima HPV zhruba o hodnotě 1,5 m rozdílu, což lze považovat za nezbytné minimum, protože za původních přírodních podmínek byl zhruba dvojnásobný. Samozřejmým předpokladem ve zdejší nivě je neustálý pohyb podzemních vod, které by v případě stagnace vytvářely pro kořenový systém nepříznivé redukční prostředí.

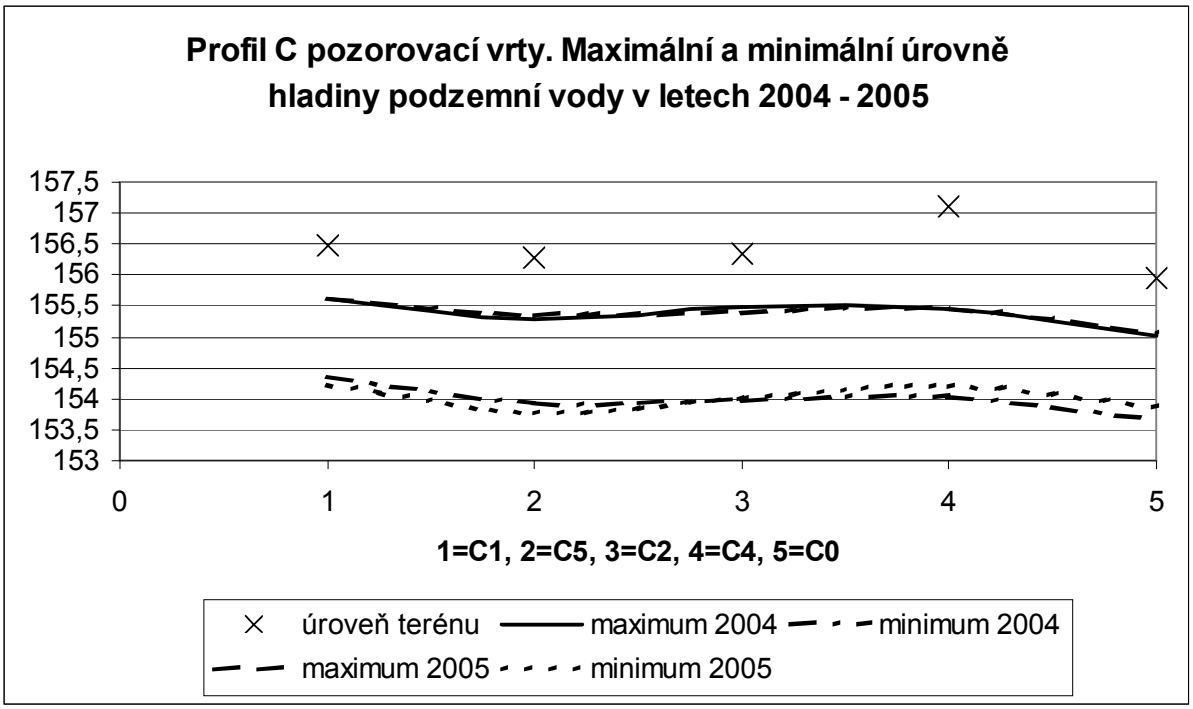
Hodnotíme-li podle výše citovaných požadavků situaci na profilu A vidíme, že v relativně rovinatém terénu působí na podzemní vody zahloubené koryto řeky Moravy, které má tendenci pravobřežní nivu nejen při vysokých průtocích sytit, ale také při nižší úrovni vodních stavů i odvodňovat, jak ukazuje (Obr.5). Z obráyku je patrné, že rok 2004 byl relativně příznivější, zatím co v roce 2005, zvláště u vrtu čís. 12 a 20, došlo k částečné stagnaci tedy ke značnému snížení rozdílu mezi maximální a minimální úrovni HPV, což by mohlo znamenat snížení oxidačních pochodů nutných pro příznivý růst dřevin tvrdého luhu.

U profilů C a D (Obr.6 a 7)nacházíme obdobný trend pokud jde o průběh rozdílů mezi maximální a minimální HPV v roce 2004 2005. Jen slabě znatelný je zde odvodňovací účinek koryta řeky Moravy (měrný bod Co(5) je měřená hladina v řece Moravě; měrný bod D4(1) je vrt ležící cca 550m od řeky Moravy). Mírně zvlněný průběh HPV možno přičíst na vrub heterogenitě půdních podmínek a vlivů revitalizačních kanálů. Na podstatně odlišném průběhu maximálních a minimálních úrovní HPV u profilu E (Obr.8) (Kopčanská cesta) se podílí jímání vody pro vodovod Podluží a to specielně u pozorovacího vrtu E5 a E4. Vrt E3 je silně ovlivněn blízkosti kanálu se stále proudící vodou. Pozorovací vrty E1 a E2 jsou ovlivňovány průtoky vody v řece Moravě, v jejíž blízkosti leží (Bod E1(5) leží 250m od řeky Moravy).

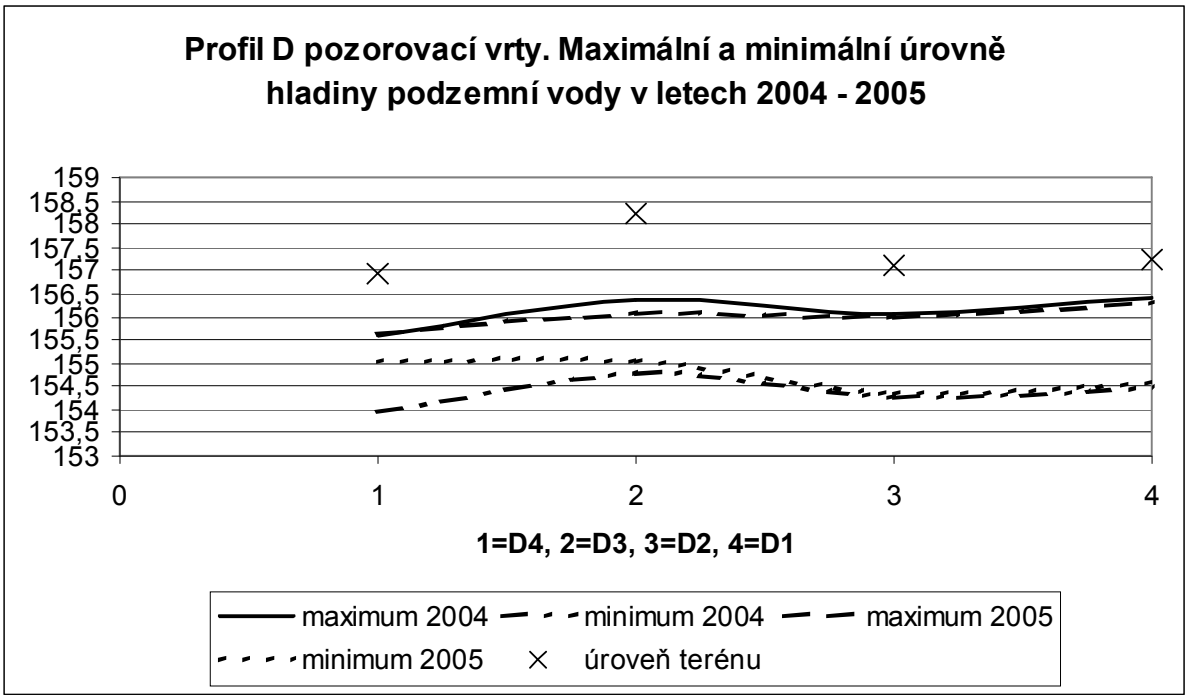
Obecně se dá říci, že měření z let 2004 a 2005 korespondují s výsledky, získanými na základě historických dat uvedených v předcházející kapitole.



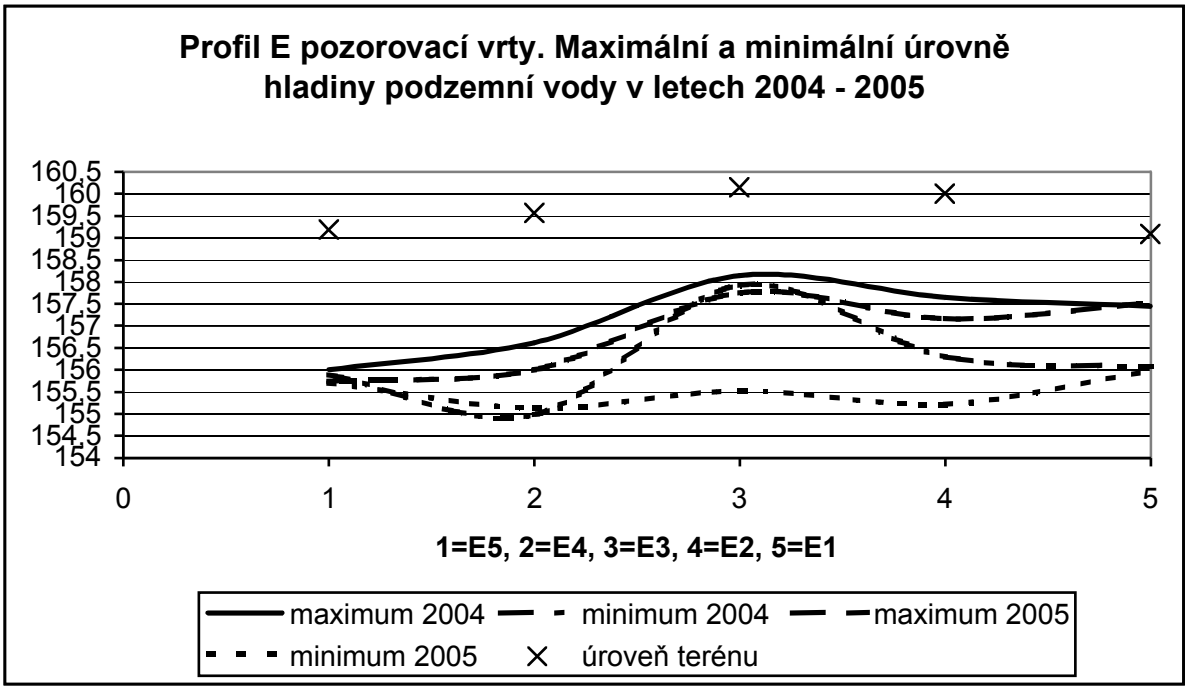
Obr. 5 *Profil „A“*



Obr. 6 *Profil „C“*



Obr. 7 *Profil „D“*

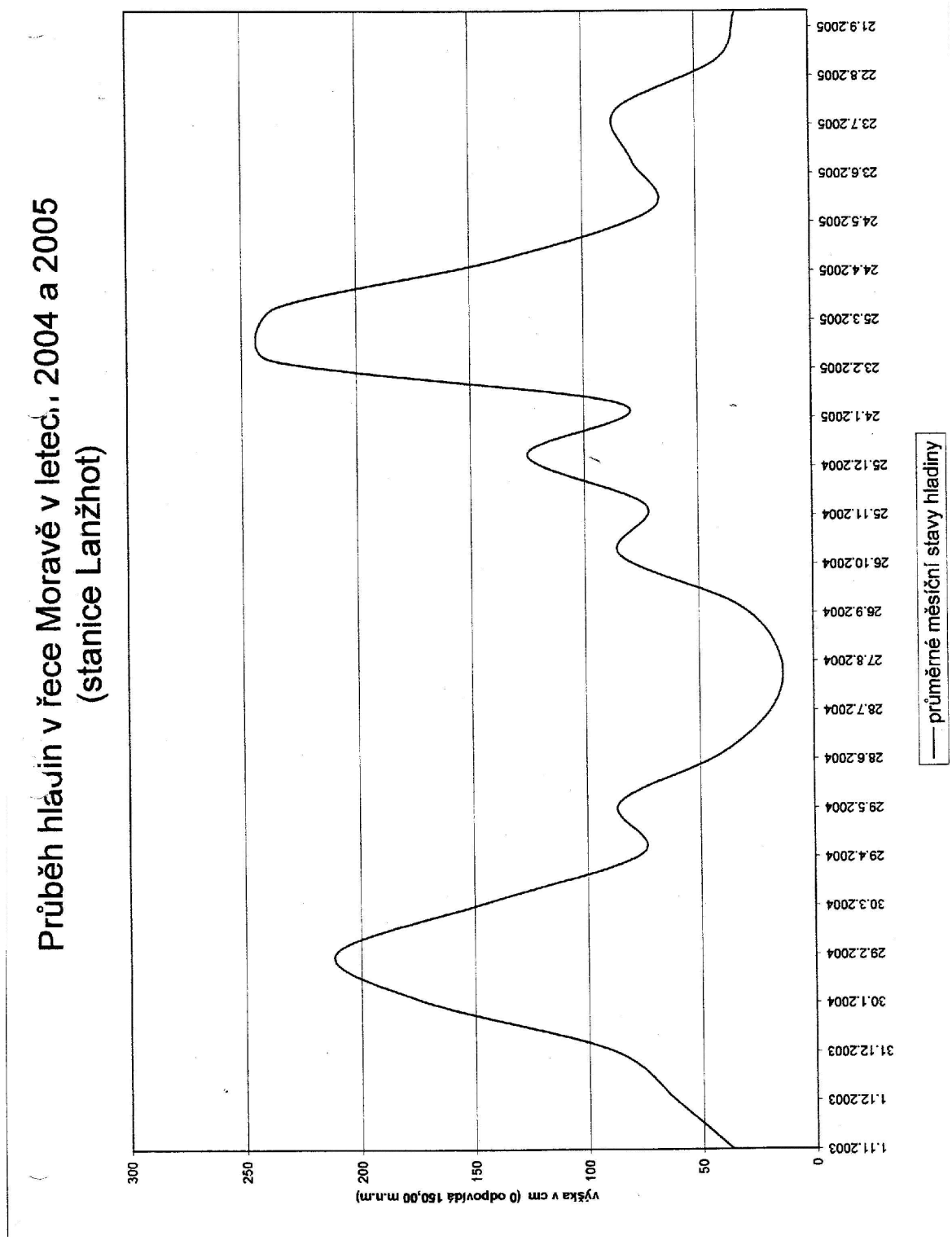


Obr. 8 *Profil „E“*

3.4. Podzemní voda, atmosférické srážky a průtoky v řece Moravě

Zdrojem podzemních vod v nivě řeky Moravy je v prvé řadě voda z řeky, prosakující silně propustným štěrkovitopísčitým podložím. Také srážková činnost má svůj dílčí podíl většinou však na příznivější vlhkostní bilanci půdních profilů a to jejich povrchových horizontů, což nejlépe ukázalo měření půdní vlhkosti na lokalitě H1 na „Kaštanovém hrůdu“. Vliv revitalizačních kanálů je samostatně pojednán v následující kapitole 4.5.

Na přiloženém obr.9 je znázorněn samostatně průběh hladin v řece Moravě sledovaný na stanici v Lanžhotě v roce 2004 a 2005 (výšková úroveň 0 je rovna 150,00 m n. m). Srovnáme-li průběh obou roků vidíme, že rok 2004 byl ve vegetačním období srážkově podstatně chudší než rok 2005, kdy ve vegetačním období napadlo téměř 400 mm srážek (dle měření stanice Tvrdonice). Průběh průtoků vody v řece Moravě odpovídá výše uvedené skutečnosti i když jde samozřejmě o vodu přicházející z celého povodí řeky Moravy.



Obr. 9 *Průběh hladin v řece Moravě v letech 2004 - 2005*

3.5. Vliv revitalizačního systému na úroveň HPV v okolí kanálů

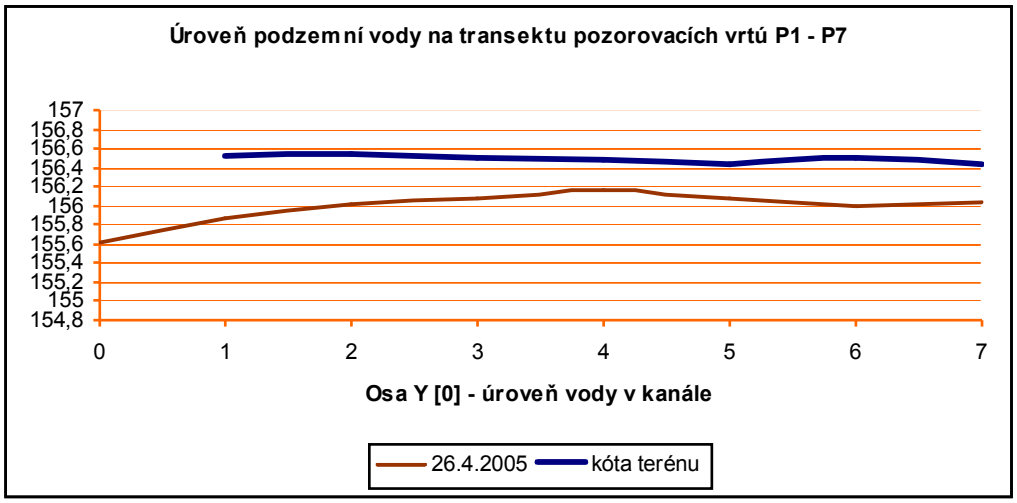
Problematiku vlivu vody protékající revitalizačními kanály na úroveň HPV v jejich okolí jsme sledovali v roce 2005 při třech řízeně vyvolaných situacích snížením průtoku vody v kanálech. Měření proběhlo na dvou lokalitách, kde byly připraveny transekty vypažených pozorovacích vrtů do hloubky 200 cm. V případě transektu P1 až P7 byly vzájemné vzdálenosti mezi jednotlivými vrty 10 m a celý transekt tedy měřil 70m (měřeno od levého břehu kanálu). V případě transektu P8 až P12 byly první tři vrty od sebe vzdáleny 10 m, vrt P11 byl vzdálen od P10 25 m a vrt P12 od P11 50 m. Celý transekt měřil tedy 105 m. Třetí transekt byl urychleně vybudován při situaci, kdy bylo nutno snížit vodní hladinu v kanále kvůli opravě stavítka v lokalitě Žabník.

Na transektech byl pokus realizován začátkem září, kdy byla krátkodobě snížena hladina vody v kanálech zhruba o 50 cm. Z přiložených obrázků je patrno, že vliv prosakující vody z kanálu se ztrácí někde při vzdálenosti 10 až 15 m, kde se vyrovnává tato voda s úrovni HPV související s vodou pocházející z řeky Moravy. Tento poznatek může potvrdit i opačný případ ze dne 26.4.2005, kdy jarní vysoko položená HPV (z řeky Moravy) je odvodňována do kanálu, ve kterém byla úroveň vody v tomto období nižší (Obr.10 až 12).

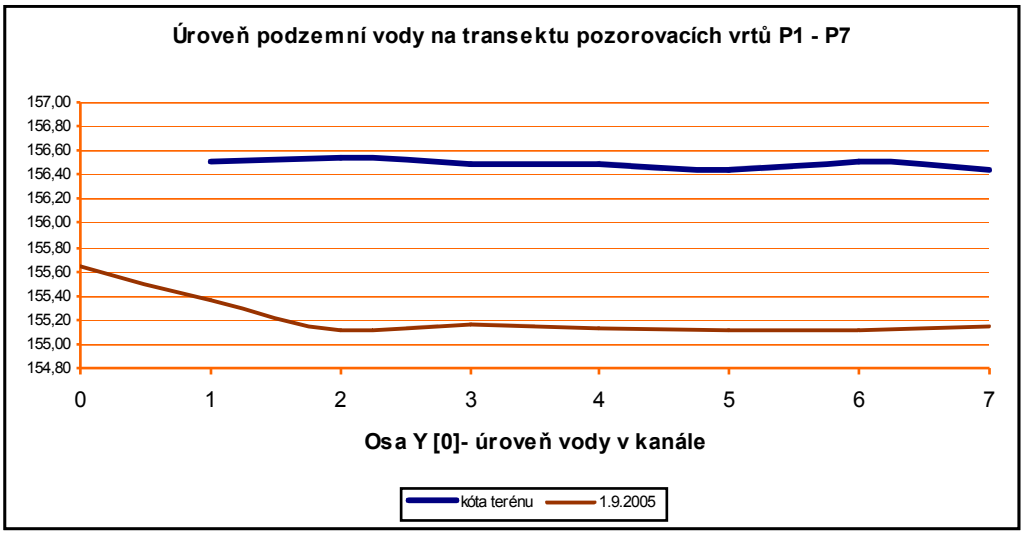
Obdobná situace nastala také na transektu P8 až P12 (Obr.13 až 15) ve dnech 1.9. až 20.9.2005, kdy proběhlo sledování. Jarní úroveň HPV koresponduje prakticky s úrovní terénu, takže dne 19.3.2005 bylo možno pozorovat odvodňovací účinek kanálu do vzdálenosti téměř 20 m. Určitým překvapením je mírná výšková nerovnost vodní hladiny na obou sledovaných transektech. Je možné ji vysvětlit tím, že se zde silně uplatňují tzv. tlakové vody, které jsou ovlivňovány málo propustnými zrnitostně těžkými půdními vrstvami různých mocností. Pro objasnění je schematický řez půdního profilu transektu P1 až P7 přiložen obr.16. Projev tlakových vod je patrný z rozdílu naražené a ustálené HPV zjištěné bezprostředně po provedení vrtu. Navíc zvolená měřítka na osách X a Y také částečně zkreslují situaci.

K provedeným pokusům nutno dodat, že se jednalo krátkodobé snížení tedy srážku vody v kanále, neboť v daných lokalitách došlo k velice rychlému vyprázdnění kanálů, takže pracovníci polesí byli nuceni pokus přerušit a kanály opět napustit.Nebylo možno tedy provést námi plánované studium sedimentů dna včetně měření jejich propustnostních parametrů terénními případně laboratorními metodami.

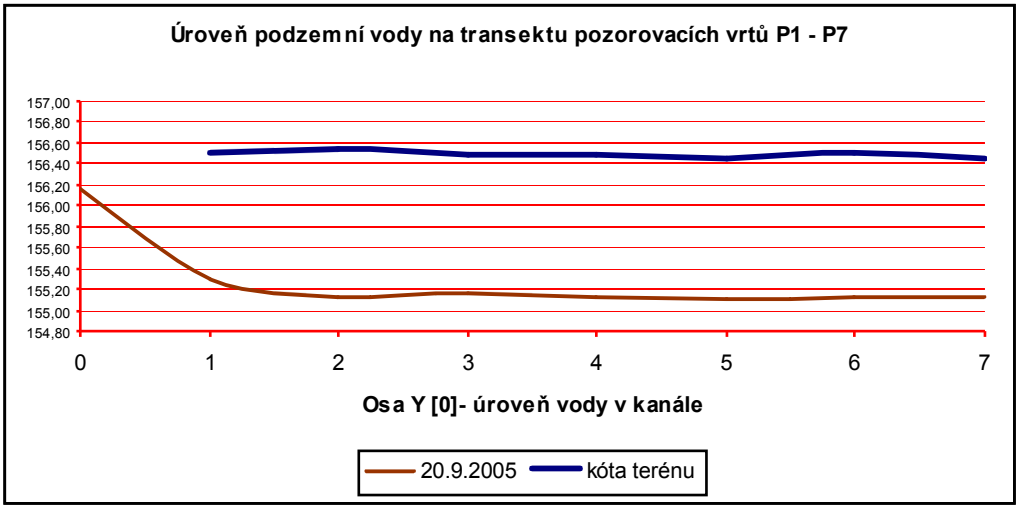
Závěrem možno konstatovat, že vliv vody z revitalizačních kanálů je prostorově omezen na vzdálenost kolem 10 až 20 m, kde se spojuje s HPV ovlivňovanou hlavním recipientem. V jarním období působí kanály jako odvodňovací prvky. Tento jev je velice dobře patrný na grafu u transektu P1 – P7 ze dne 26.4.2005, tedy při jarním maximu HPV. Na ose Y (0) je vyznačena úroveň vody v kanále. Totéž je znázorněno u transektu P8 – P12 ze dne 16.3.2005. Uvedený den byla HPV prakticky na úrovni terénu a v místních sníženinách se tvořila jezírka čisté průsakové vody. Intenzita odvodnění bude tedy závislá na propustnostních poměrech břehů kanálů, jejichž snížená propustnost skýtá možnost přívodu vody pro místní plošnou povrchovou výtopu v letním dlouhodobém přísušku.



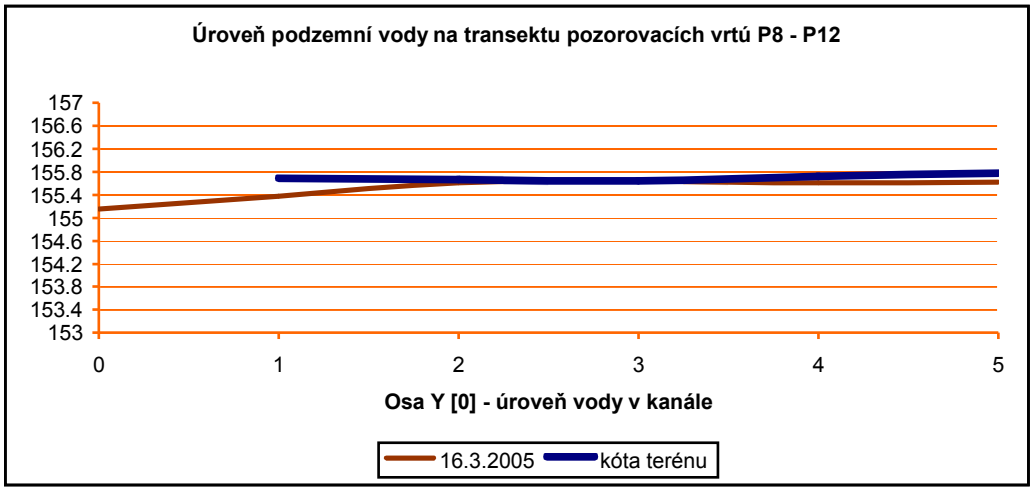
Obr. 10



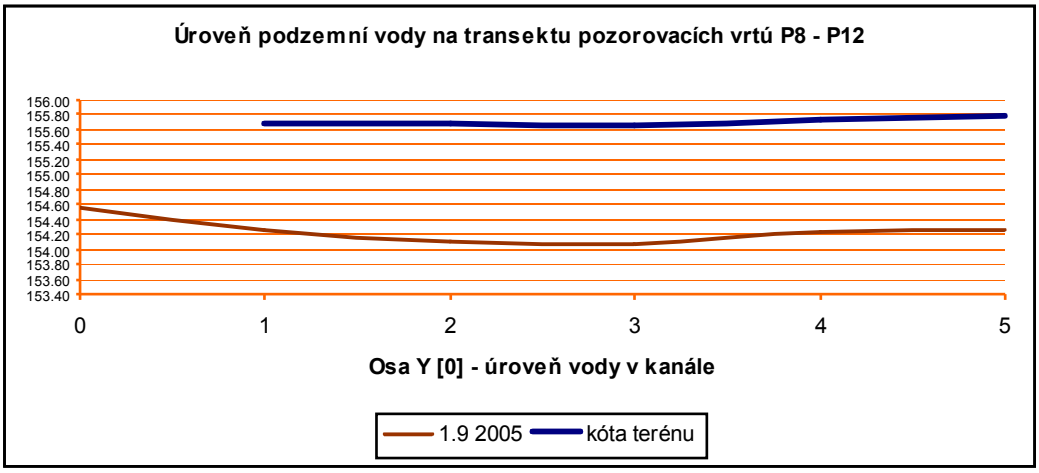
Obr. 11



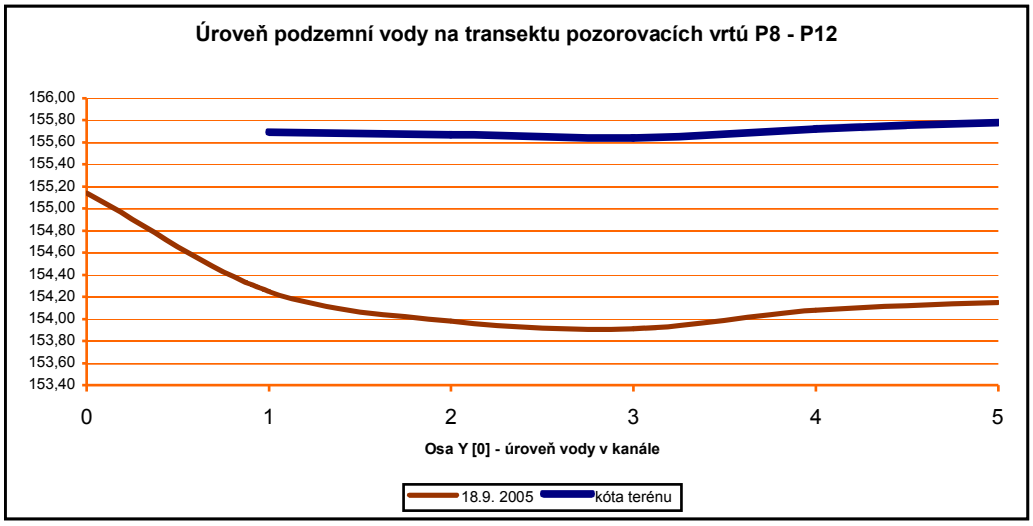
Obr. 12



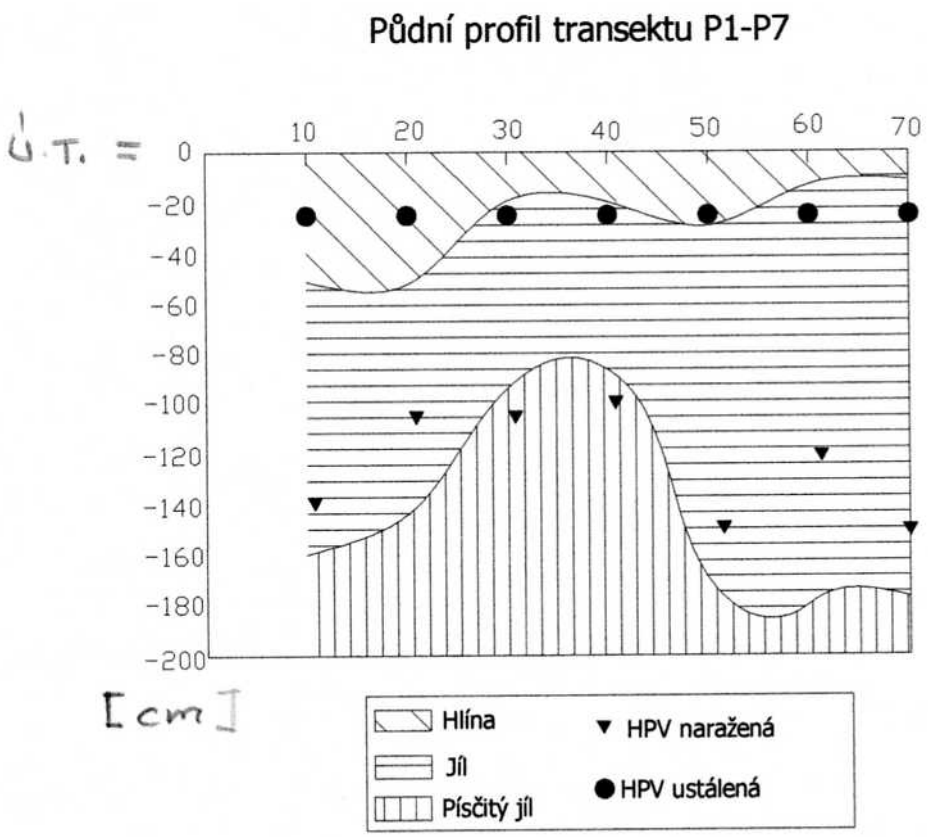
Obr. 13



Obr.14



Obr. 15



Obr. 16 *Průřez půdním profilem levého břehu revitalizačního kanálu*

3.6. Radiální přírůst jasanu úzkolistého a režim podzemních vod

Obecně jsou lužní lesy zdejší oblasti pokládány díky příznivým přírodním podmínkám za lesy s vysokým produkčním potenciálem (Šmelko a kol., 1992; Vyskot, 1984). Základem vysoké produkce dřevní hmoty jsou živinami bohaté a fyzikálně příznivé půdy – převážně fluvizemě různých subtypů ve spojitosti s příznivou dynamikou HPV. Hlavní hospodářské dřeviny jasan úzkolistý a dub letní vykazují díky těmto podmínkám značný nepoměr mezi nadzemní a podzemní biomasou. Tento faktor může být pro porosty při náhlé změně přírodních podmínek (především změně režimu podzemních vod) rozhodujícím pro hrozbu možného poklesu produkčního potenciálu.

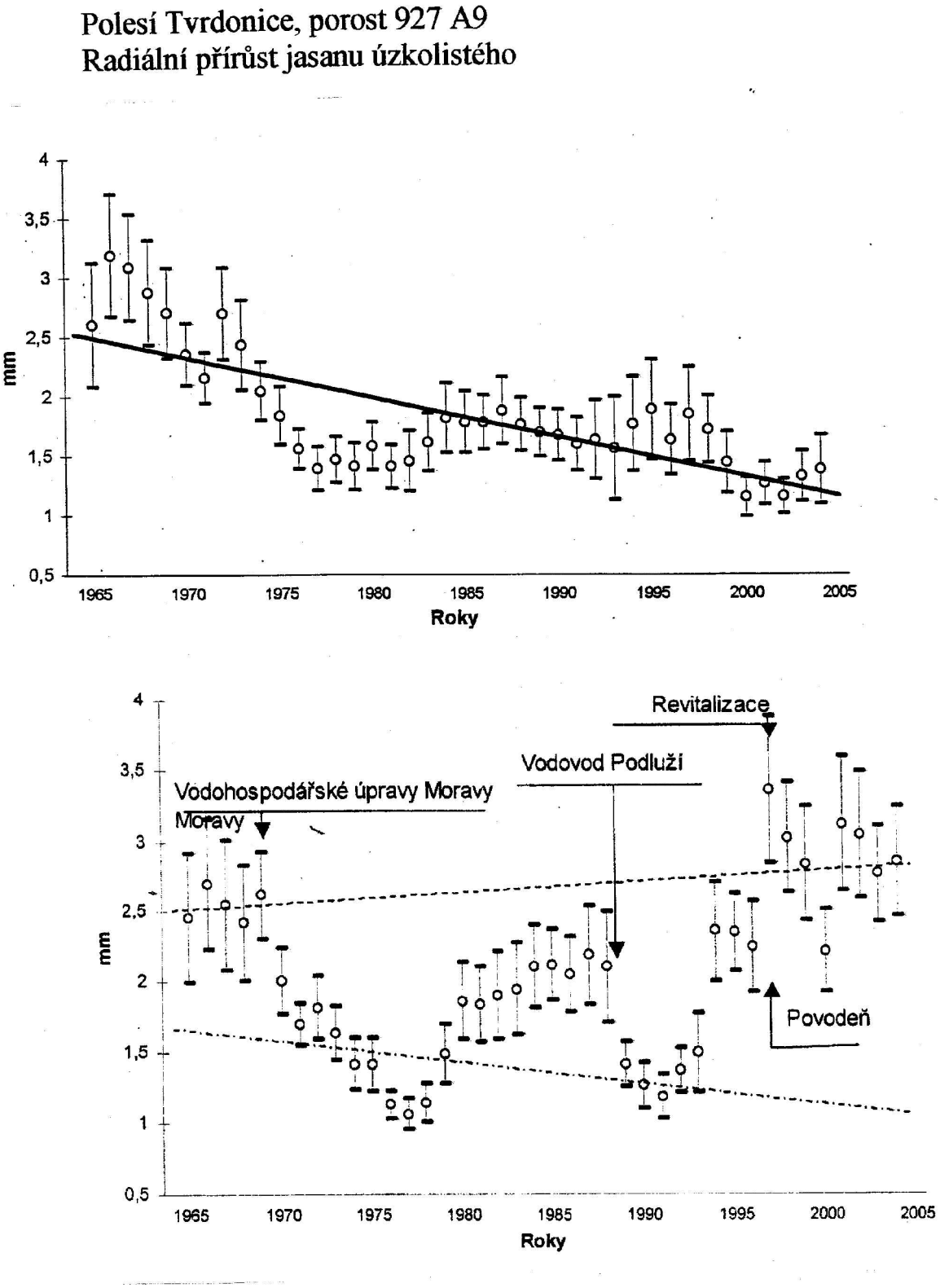
Vzhledem k tomu, že antropické ovlivnění hydrologického režimu bylo v předešlé části dostatečně dokumentováno, je nutné ještě podat důkaz o ovlivnění produkčního potenciálu lesních porostů. Proto jsme zvolili studium radiálního přírůstu u dřeviny jasanu úzkolistého a to v lokalitě (porost 911 B14), která je pod vlivem jímání podzemních vod pro vodovod Podluží. Druhou lokalitu jsme umístili do porostu 927 A9, který vykazoval na první pohled určitý stres zřejmě z nedostatku vody (schnoucí vrcholy korun stromů) (Obr.17).

V prvním případě (911 B14) se jasně projevily výrazné zásahy do vlhkostního režimu při vodohospodářských úpravách koryta řeky Moravy ve formě poklesu radiálního přírůstu na určitou dobu cca 6 až 10 roků, než se porost vyrovnal se změnou přírodních podmínek

a zvýšil opět radiální přírůst. Příznivě se pak projevila revitalizace současně s příchodem letní extrémní povodně v roce 1997 a radiální roční přírůst dosáhl příznivých hodnot kolem 3 mm.

Odlišné půdní poměry vykazuje porost v odd. 927 A9, kde se jedná o zrnitostně těžké, málo propustné půdy s výrazným projevem tlakových vod. Čtyřicetiletá řada radiálního přírůstu vykázala jasně depresní průběh v období let 1973 až 1985 po vodohospodářských úpravách řeky Moravy. Po krátkodobém „oživení“ v době budování revitalizačních opatření nastal opět evidentní stres suchem v letech 1998 až 2002. Celkový trend radiálního přírůstu je klesající s hodnotou ročního přírůstu kolem 1,5 mm.

Je tedy zřejmé, že lesní hospodář má v případě řízení vlhkostního režimu v lesních porostech v rukou možnost příznivého ovlivnění produkce dřevní hmoty. Je to náročný, ale splnitelný úkol. Vyžaduje dokonalou znalost místních poměrů a sledování hydrologického a vlhkostního režimu půd v průběhu roku, zvláště pak v letním období v době dlouhodobých přísušků.



Obr. 17 *Vliv technických zásahů v zájmovém území na radiální přírůst jasanu*

3.7. Dynamika půdní vlhkosti

Pro sledování půdní vlhkosti byla vybrána dvě vlhkostně značně rozdílná stanoviště a to lokalita H1 v odd. 920 B14 na písčitém hrůdu s půdním typem černozemě arenické a lokalita D2 v odd. 922 A3 na typické zrnitostně těžké fluvizemi oglejené ovlivněné periodicky tlakovou podzemní vodou. Na obou lokalitách byla instalována trvalá měřiště pro sledování půdní vlhkosti kapacitní metodou (Prax, 1991). Měření probíhala od 12.6.2004 do konce listopadu 2005 vesměs v týdenních intervalech. Pro nutnou kalibraci naměřených dat byly odebrány v jarním a podzimním období roku neporušené půdní vzorky (Kopeckého válečky) z kopaných půdních sond. Získané hodnoty jsou zpracovány a uvedeny v následující tabulce.

Vybrané vlhkostní parametry (v % obj.)

Sonda	Hloubka (cm)	Pórovitost	Retenční vod.kap.	Bod vadnutí	Momentální půdní vlhkost	
					jarní	podzimní
H1	0 – 20	49 - 54	33 - 42	7,0	23 - 31	11 - 18
	20 – 40	42 - 44	25 - 33	6,0	15 - 17	9 - 10
	40 – 100	42 - 44	22 - 30	4,6	7 - 9	2 - 5
D2	0 – 30	49 - 59	44 - 48	18-22	47 - 49	34 - 38
	30 – 80	49 - 55	46 - 52	19-25	42 - 46	36 - 42
	80 – 130	46 - 49	47 - 50	19-25	47 - 49	38 - 39

Z výsledné tabulky je patrno, že na lokalitě H1 (vyvýšeném hrůdu), která prakticky není ovlivněna HPV je vlhkostní situace v průběhu roku značně kritická. Momentální půdní vlhkost půdního profilu se cca od 40 cm a hlouběji pohybuje značnou část roku na hranici půdního hydrolimitu bodu vadnutí. Příznivější vlhkostní poměry má pouze humózní horizont o mocnosti cca 40 cm, který je také silně prokořeněný a který hospodaří pouze se srážkovou a kondenzační vodou. Porost dospělých jírovců je zde řídký, takže kořenový systém má dostatečný prostor pro své rozšíření.

Lokalita D2 je charakterizována pro zdejší luh typickou zrnitostně těžší fluvizemí oglejenou, relativně homogenní, což dokumentují vcelku nepříliš rozdílné hodnoty fyzikálních parametrů jednotlivých půdních vrstev. Půdní profil byl v průběhu roku 2004 a 2005 ovlivňován dynamikou podzemní vody, která se zde pohybovala od 40 cm do 220 cm od půdního povrchu. Vlhkostní podmínky je možné zde hodnotit jako příznivé. Dochází k nutnému jarnímu nasycení půdního profilu i podzimnímu snížení HPV a tím i okysličení půdního profilu, které je provázeno tvorbou úzkých puklin prakticky do hloubky 80 cm. Přitom okamžitá půdní vlhkost leží celoročně podstatně výše než je hodnota bodu vadnutí.

3.8. Soubor manipulačních opatření pro doplnění revitalizačního systému

Ekosystém lužního lesa je silně spjat s hydrologickým režimem povrchových i podzemních vod. Na dynamice těchto režimů v průběhu roku je následně závislý vlhkostní režim půd lužního lesa. Chceme-li vytvořit optimální podmínky pro růst tohoto ekosystému je třeba akceptovat zásady, které je možné odvodit z historického vývoje a díky kterým máme ještě v některých regionech ČR zachovány zbytky lužních ekosystémů. Z řady publikovaných prací

(viz citace literatury) i na základě výsledků předložené studie pro polesí Tvrdonice je zřejmé, že pro značnou diverzitu přírodních podmínek nelze formulovat model jednoznačného a obecného řešení vlhkostního režimu v ekosystému luhu. Tato skutečnost však nemůže být příčinou toho, abychom nevytvořili na základě široce založené studie a pozorování akční monitorovací systém, který by lesnímu hospodáři umožnil sledovat HPV důležitou pro život lesa a ovládat tak jeho zdárný růst.

Revitalizační zavodňovací a svým způsobem i odvodňovací systém polesí Tvrdonice byl vybudován pro zlepšení vlhkostních podmínek lužního lesa po vodohospodářských úpravách, zejména po regulaci a ohrázování řeky Moravy. Vyloučení záplav (přírodních inundací), vyhloubení koryta řeky a nakonec čerpání vody pro vodovod Podluží způsobily pokles HPV a zánik řady typických lužních biotopů (Horák, 1964). Zavodňovací systém byl konstruován tak, aby pomocí maloplošných rozlivů umožňoval ovlivňování HPV a zachování tůní stálých i periodických a jejich vodního režimu (Prax, Kloupar, Hadaš, 2003).

Systém je zásobován vodou z hodonínské elektrárny se zaručeným množstvím 1,99 m3/sec. Pro manipulaci s výškou hladiny je vybaven 8. stavidlovými a 10. hradidlovými vzdouvacími objekty. Stálá tůň (rybníček) Žabník má své nápustné a výpustné stavítko. Technický popis objektů je uveden v manipulačním řádu (Manipulační řád Revitalizace Tvrdonice II. etapa z 10.3.2000).

Dle sdělení bývalého vedoucího polesí Ing. Polišenského polesí vycházelo z předpokladu, že bude průtok kanály a tedy i úroveň hladiny udržovat na stálé úrovni, pouze v případě potřeby se uskuteční rozlivy. Definice „ případu potřeby“ stanovena nebyla. Rozlivy nebyly prováděny z provozních důvodů, protože ztěžovaly přístupnost pracovišť a vytvářely líhniště komárů. Hladina vody v kanálech byla nastavena poměrně vysoko, takže např. v prostoru mezi cestou Novou a Dubečkovou dochází již při zvýšení hladiny o 25 cm v oddělení 927 C10 k vybřežení vody do porostu. Dle sdělení projektanta revitalizační soustavy pana Ing.Varadínka měly být další objekty na této soustavě dobudovány na základě provozních zkoušek až v další etapě, ke které zatím bohužel nedošlo. Udržování trvale vysoké hladiny v kanálech sebou nese nebezpečí kolmatace koryta kanálů.

Podle námi provedených měření nebylo zaznamenáno výraznější ovlivnění HPV provozem zavodňovací soustavy. Pokusy se zvýšením nebo snížením hladiny v kanále byly polesím předčasně ukončeny, takže předložené výsledky jsou tím částečně ovlivněny. Přesto lze na základě pozorování a zkušeností s obdobným zavodňovacím systémem v Kančí oboře na polesí Valtice formulovat následující opatření:

A. <u>Bez nároku na technické úpravy:</u>

Bude potřebné snížit prakticky celoročně úroveň provozní hladiny asi na 2/3 maximální, provozně akceptovatelné úrovně hladiny vody v kanálech.Cílem je narušení kolmatační vrstvy ve svazích koryt. (Po technické stránce zřejmě bude nezbytná regulace průtoku na dělícím stavítku a na stavítku u Kyjovky). Provozní pracovníci namítají, že při kombinaci stavítek dlužových a tabulových je velmi zdlouhavé nastavování úrovně hladiny. Tělesa tabulových stavítek mají volnou dvojici vedení pro dluže nebo mříže, takže je možné využívat dluží pro základní nastavení snížené provozní hladiny u všech stavítek. Vznikne tak možnost manipulace s výškou hladiny v rozsahu cca 40 cm bez procesu vybřežení. Pro narušení kolmatace tak vznikne v ideálním případě, kdy kanál nebyl vyhlouben v jílovité vrstvě, oboustranný průsakový pruh o ploše 80 m2 na 100 m kanálu.

Velmi důležitý je tento způsob např. u kanálu podél Kopčanské cesty (vrt ČHMÚ čís. E2 a E3) a v celém prostoru jímacích studní vodovodu Podluží.

B. Manipulace s nutností technických úprav:

Při potřebě rychlé a účinné dotace podzemní vody se polesí neobejde bez maloplošných rozlivů. V tomto případě nemá smysl zaplavovat pouze terénní deprese, které tvoří dna zaniklých tůní, vhodnější je určit nezbytné zasakovací plochy a vodu k nim přivést mělkými rýhami. Toto opatření by bylo podle našeho názoru vhodné v oblasti čerpání vody pro vodovod Podluží (jímací území vodovodu v okolí studní). Na případných úpravách by mohl participovat i provozovatel vodovodu. Při pokročilé kolmataci kanálů a déle trvajícím nízkém stavu vody v řece by se mohla výrazně snížit vydatnost jímacích studní.

K lokalitám, které budou v případě dlouhodobých přísušků vyžadovat nezbytně závlahu je nutné počítat také ty lokality, které mají specifické půdní poměry s vrstvami extrémně těžkých, jílnatých, málo propustných půdních horizontů. Plošný rozsah takovýchto lokalit může být upřesněn na základě makroskopického posouzení (porosty s usychajícími vršky korun) a specielního podrobného fytocenologického a pedologického průzkumu.

Samostatnou problematikou je možnost využití zavodňovacího systému k odvodnění. Odvodněním v tomto případě je myšlen odvod především jarní vody dlouho zaplavující terén např. v odd. 939 a 940 u dálnice. Odvodu vody je nutno napomoci mělkými rýhami spádovanými do kanálů, např. sběrného kanálu rovnoběžného s tělesem dálnice a odtud do zavodňovacího systému.

C. Pozorování HPV měřením v referenčních vrtech.

Využívání a manipulační provoz revitalizační soustavy je a bude silně závislý na klimatické a hydrologické situaci toho kterého roku. Je nutné si uvědomit, že pro zachování optimálních vlhkostních poměrů lužního ekosystému je důležitá dynamika hydrologického režimu tedy optimální nasycení půd při jarním maximu a jejich provzdušení při podzimním minimu HPV. Zvlněný mikroreliéf terénu přispívá k zachování biodiverzity skupin lesních typů, což je typické pro lužní ekosystém.

Pro nezbytnou orientaci o vlhkostním režimu půd v průběhu roku v provozních podmínkách byly vytipovány tři odlišné lokality na ploše lužních lesů polesí Tvrdonice, což je nutno považovat za nezbytné minimum. Na těchto lokalitách je možné ve vystrojených vrtech provádět kontrolní měření o stavu HPV a porovnat naměřené hodnoty se standardem tj. typickým průběhem HPV odvozeným z dlouhodobých průměrů minulého období. Jedná se o následující lokality:

Vypažený referenční vrt RV1 – odd. 912 A4 (výška pažnice 90 cm)
Vypažený referenční vrt RV2 – odd. 925 C7 (výška pažnice 88 cm)
Vypažený referenční vrt RV3 – odd. 940 C14 (výška pažnice 45 cm)

Pažnice všech tří vrtů jsou označeny žlutě. Následující tabulka (údaje v cm) předkládá standardy úrovně HPV pro jednotlivé měsíce roku v hodnotách měřených od horního okraje kovových pažnic (po odstranění krytu – hlavice pažnice). Bylo by vhodné alespoň jedenkrát ze měsíc zaznamenat tato kontrolní měření pomocí měřící soupravy OAL, kterou po ukončení výzkumného projektu předáme provozovateli tj. vedoucímu polesí Tvrdonice.

Měsíce	RV 1	RV 2	RV 3
Leden	300	190	125
Únor	280	170	105
Březen	250	150	55
Duben	200	90	45
Květen	230	120	55
Červen	260	150	75
Červenec	280	170	105
Srpen	320	210	135
Září	335	215	145
Říjen	350	220	155
Listopad	340	200	145
Prosinec	320	190	135

Jedná se o průměrné hodnoty HPV, které ovšem nemusí být vždy přesně dodrženy. Mírné odchylky (ojediněle i většího rozsahu- viz povodně v létě 1997) od standardu jsou v přírodních podmínkách běžné. Po zhruba pěti letech bude nutné tyto standardy upravit podle sledovaného trendu pozorování.

Poznámka k provozu revitalizačního zavodňovacího systému.

Výsledky předkládané práce zejména měření přírůstů v závislosti na přírodních podmínkách ukazují, jakých hodnot v tvorbě dřevní hmoty lze dosáhnout pozitivním ovlivňováním vodního režimu v půdě. Proto je nutno chápat náklady vložené do provozu revitalizační soustavy jako návratné a řadit je na úroveň např. ochrany a ošetření kultur. Doporučujeme zajištění potřebného objemu finančních prostředků pro provoz revitalizačního zavodňovacího systému, bez něhož se cilevědomé hospodaření v lužním lese ovlivněném antropickými zásahy neobejde.

3.9. Periodické tůně na polesí Tvrdonice

Jako periodické jsou označovány tůně, které jsou v předjarním a jarním období zvodňovány, v létě vysychají a v zimě vymrzají. Jsou charakteristickým biotopem v lužním lese. Ke zvodňování dochází jednak při rozlivech z říčního koryta nebo kanálů, nebo průsakem při zvýšené hladině podzemní vody. Tůně zvodňované průsakem jsou nejcennější, protože si udržují poměrně stabilní obsádku a jsou domovem mnoha ohrožených druhů.Tyto biotopy jsou dnes již poměrně vzácné a je to velká škoda.Proto je třeba zbývající periodické tůně chránit. Na polesí Tvrdonice bylo ještě v 50. letech minulého století mnoho periodických tůní obou typů – zaplavovaných i průsakových. Když se začaly provádět celoplošné přípravy půdy pro zalesnění klučením pařezů, hlubokým prooráním a vyvláčením, byla snaha srovnat plochy a terénní deprese zahrnout. Po ohrázování řeky Moravy a vyloučení záplav se počet periodických tůní zmenšil na žalostné minimum. V popisu uvádíme 12 periodických tůní. Jistě existují ještě i další, ale není jich mnoho. Některé periodické tůně byly přeměněny na stálé napojením na revitalizační zavodňovací systém. Tím se ale rázem změnilo i zastoupení druhů. Zastoupení druhů vodních bezobratlých a vodních řas ve vybraných periodických i stálých tůních na polesí Tvrdonice je uvedeno v samostatné zprávě hydrobiologického průzkumu.Periodické tůně PT 1, PT 2 a PT 3 se nacházejí pod mosty na lesní cestě

Výhonové, vedoucí z Týnce do lesa.Kanály, které pod nimi procházejí sloužily k odvádění povodňové vody. V zúženém profilu získávala voda větší rychlost a vyhloubila koryto. V hlubším úseku kanálu se voda drží déle a umožňuje tak vývoj vzácných živočichů vázaných na periodické tůně.

4. Závěr

Předložený výzkumný projekt řeší problematiku optimalizace hydrologického a vlhkostního režimu půd na území polesí Tvrdonice. Zájmové území leží v oblasti pravobřežní nivy dolního toku řeky Moravy. Lesní komplex tvořený u nás relativně vzácnými lužními ekosystémy byl v uplynulých čtyřech desetiletích postižen několika antropickými zásahy, které měly výrazný vliv na změny v hydrologickém režimu tohoto území.

Nejvýraznějším zásahem byly vodohospodářské úpravy řeky Moravy na začátku sedmdesátých let minulého století. Úpravou a prohloubením koryta řeky i jejím ohrázováním byly eliminovány dříve pravidelné převážně jarní přirozené záplavy (inundace). Dalším zásahem bylo zřízení jímacího území skupinového vodovodu Podluží na části polesí mezi Mikulčicemi a Moravskou Novou Vsí. Třetí opatření směřující k úpravě vlhkostního režimu byly revitalizační zásahy realizované koncem devadesátých let minulého století.

Tento výzkumný projekt byl řešen na základě smlouvy uzavřené s Grantovou službou LČR a to na léta 2004 a 2005. Zpracovatelé pro získání potřebných dat vybudovali na celém zájmovém území síť pozorovacích vrtů. Využili jednak už dříve provedených a částečně také stále sledovaných pozorovacích vrtů od ČHMÚ pobočky Brno a doplnili tento systém vlastními vrty pro sledování dynamiky HPV.

Metodou GPS v souřadnicovém systému S-JTSK byla zaměřena základní síť pevných bodů v nadmořské výšce Bpv pro možnost nivelačního zaměření celé sítě měrných míst.

V Tvrdonicích byla instalována vlastními silami automatická srážkoměrná stanice pro sledování atmosférických srážek ve vegetačním období sledovaných roků.

Na dvou výrazně vlhkostně i stanovištně odlišných lokalitách byla vybudována měřiště pro sledování půdní vlhkosti kapacitní metodou.

Vliv hydrologického režimu na přírůstové poměry jasanu úzkolistého byl dokumentován na dvou stanovištích odběrem a zpracováním vzorků letokruhů (odběr proveden Presslerovým nebozezem).

Na třech zvolených lokalitách byl sledován dosah vlivu revitalizačních kanálů na úroveň HPV v jejich bezprostředním okolí.

Byl proveden orientační průzkum pro pasportizaci periodických tůní. Samostatně byl zadán u fy LIMNI s.r.o. hydrobiologický průzkum zájmového území.

Vyhodnocením všech získaných podkladů a naměřených dat je možné učinit následující závěry korespondující s plánovaným realizačním výstupem výzkumného záměru:

Byla potvrzena a dokumentována změna hydrologického režimu a úrovně HPV na zájmovém území po provedených antropických zásazích.

Vyhodnocením historických dat z období 1934 až 1970 byl získán přehled o dynamice HPV za relativně původních přírodních podmínek, které je možno považovat za optimální stav, ke kterému je nutné směřovat.

Z letokruhových analýz radiálního přírůstu jasanu úzkolistého můžeme odvodit, že každá náhlá a déle trvající změna v režimu HPV vyvolá snížení radiálního přírůstu. Období, které potřebuje jasanový porost pro to, aby se vyrovnal se změněnými přírodními podmínkami trvá zhruba sedm až deset roků.

Znatelné prosýchání korun stromů v dospělých porostech bylo zjištěno na lokalitách půd s vrstvami málo propustných jílů, uložených mělce pod povrchem terénu, kde se také výrazně uplatňují tlakové podzemní vody. Velmi nízká propustnost půd způsobuje nedostatečné zásobení kořenového systémy vodou ve vegetačním období při déletrvajících přísušcích. Důsledkem je vlhkostní stres, který má odezvu také v celkové minimalizaci radiálního přírůstu.

Při krátkodobých sledováních vlivu revitalizačních kanálů na podzemní vody v jejich okolí (při krátkodobé srážce vody v kanále) byl stanoven jejich dosah, který vychází v rozmezí zhruba 10 až 20 m od kanálu. Hlavním zdrojem úrovně HPV v porostech je průsak vody z řeky Moravy.

Byl zaznamenán také odvodňovací účinek sítě revitalizačních kanálů při vysokém jarním stavu HPV v jejich širším okolí. Tento odvodňovací účinek má také dosah zhruba do 20 m.

Ve většině případů byla potvrzena dosud trvající dynamika HPV tj. jarní maximální a podzimní minimální stav se vzájemným rozdílem zhruba 1 – 2 m, což je základní předpoklad pro zachování příznivých růstových podmínek lužního ekosystému.

Výše uvedenému předpokladu se vymyká část území polesí zasažená jímacím územím vodovodu Podluží, které si z tohoto pohledu zaslouží zvláštní pozornost.

Provedeným hydrobiologickým průzkumem bylo prokázáno, že i když je na polesí Tvrdonice trvalých i periodických tůní méně než např. v komplexu lužních lesů mezi Lednicí na Moravě a Břeclaví, nebyl zde zjištěn antropický vliv takového rázu, že by byla existenčně ohrožena biodiverzita vodních společenstev. Je tedy nutné jako minimální požadavek stanovit zachování dosavadního stavu hydrologického i vlhkostního režimu tohoto území. S tím souvisí i nutnost uplatnění pouze takových technologií, které by při obnově lesa zachovaly dosavadní pestrý, výškově diferencovaný reliéf terénu.

Byla zjištěna poměrně nízká funkčnost sítě revitalizačních kanálů. Jejichž prakticky stálý průtok může vést výhledově ke kolmataci dna i břehů kanálů. Nejsou dořešeny zásady manipulace s vodou v kanálech po vybudování revitalizační sítě.

Pro optimalizaci hydrologického režimu na zájmovém území byly zvoleny tři kontrolní referenční vrty pro sledování roční dynamiky HPV. Pro tato tři rozdílná a pro zájmové území charakteristická stanoviště byly zpracovány hodnoty průměrných úrovní HPV v jednotlivých měsících roku. Bude povinností pracovníků polesí sledovat úroveň HPV a v průběhu roku podle zjištěného stavu reagovat patřičně na tuto situaci a využít manipulace s vodou v revitalizační síti. Přiložen je návrh formuláře manipulačního deníku pro dokumentaci stavů HPV a prováděné manipulace.

Bude nutné v krátké době dobudovat stávající revitalizační síť kanálů a prověřit prakticky jejich funkčnost, což dosud nebylo provedeno. Je to v souladu se zásadami stanovenými před vlastní realizací revitalizačních opatření na polesí Tvrdonice.
V jímacím území vodovodu Podluží je nutné upravit revitalizační síť kanálů tak, aby bylo možné provádět plošné povodňování lesních porostů v obdobích vlhkostních stresů.

5. Literatura

Demek,J.,1997: Geografické poměry údolí řeky Moravy. Výzkumná zpráva. GAČR č. 206-97-0162 „Obnova ekologického kontinua řeky Moravy“.

Horák,J., 1964: Lesní fytocenóza jako indikátor změn vodního režimu lužních lesů. In.: Vegetační problémy budování vodních děl. ČSAV Praha, str. 39 – 53.

Kloupar,M., 2003: Revitalizace hydrologického systému lužního lesa „Kančí obora“. In.: Sborník „Hydroekologie mokřadu Kančí obora“.LČR s.p. str. 31-37.

Kouřil,Z., 1970: Ground waters of the Morava river valley. Studia geographica 10, vol.1. Institut of geography, Brno. 221 p.

Opravil, E., 1983: Údolní niva v době hradištní. ČSSR – povodí Moravy a Poodří. Studie AÚ ČSAV v Brně XI/2. Praha.

Poláček,L., 2001: K poznání přírodního prostředí velkomoravských nížinných hradišť. Velká Morava mezi východem a západem. Spisy Arch. ústavu AV ČR Brno 17., s. 315-325.

Prax,A., 1991: Soil moisture content in connection with topography. In.: Penka,M., Vyskot,M., Klimo,E., and Vašíček,F.: Flodplain forest ecosystem II. Academia, Prague, pp. 335-354.

Prax,A., Kloupar,M.,Hadaš,P., 2003: Vliv vodohospodářských úprav a následných revitalizací na hydrologické poměry území Kančí obory. In.: Sborník „Hydroekologie mokřadu Kančí obora“ LČR s.p. str. 31-37.

Šmelko,Š., Wenk,G., Antanaitis, V., 1992: Rast, struktura a produkci lesa. Príroda. Bratislava, 343 s.

Vyskot,M., 1984: Vliv vodohospodářských úprav na vývoj tloušťkového přírůstu dřevin lužního lesa. Lesnictví, 30, 9, str. 737-765.