

Sammenhæng mellem tilstanden i grundvand og overfladevand: Vandløb

Af Jens Skriver, DMU

Indledning

Litteratursøgning for vandløb

Statistik over søgeresultat

Der er anvendt følgende søgeprofil i Web of Science: "Streams and (macroinvertebrates or macrophytes or fish or algae) and (drought or abstraction)". Der kom i alt 55 hits ud af søgningen. Disse var fordelt efter perioder og biologiske indikatorer som vist i tabel 5.1.

Tabel 5.1 Resultat af litteratursøgning i Web of Science med søgeprofilen "Streams and (macroinvertebrates or macrophytes or fish or algae) and (drought or abstraction)".

	Søgningen delt i nedenstående perioder		
	1987-90	1991-95	1996-2001
Makroinvertebrater	-	8	14
Fisk	-	8	21
Makrofytter	-	2	5
Alger	-	2	4
Artikler pr. periode	-	19	36

Søgningen har været rettet specifikt ind på at finde artikler med konstateret sammenhæng mellem biologiske forhold i vandløb og vandløbenes hydrologiske forhold med udgangspunkt i minimumssituationen (drought or abstraction).

Abstracts for de 55 artikler fra søgningen er blevet læst, og der er blevet knyttet en værdi fra 0 til 3 for hver artikels "relevans" for nærværende opgave. Artikler med en værdi på 2 eller 3 er efterfølgende regnet væsentlige for litteraturgennemgangen af området. På baggrund heraf er 29 artikler fundet relevante. Der er efterfølgende foretaget en supplerende søgning, idet der i stedet for "fish" er anvendt "trout" eller "salmon" eller "salmonides" i søgeprofilen. Dette har givet yderligere enkelte relevante artikler. I forbindelse med gennemgangen af artiklerne er der fundet en række relevante referencer fra perioden før 1987, men også flere nyere relevante artikler er blevet fundet.

Der er som helhed mange artikler fra de senere år. Størstedelen af disse er fra England, men der er også en del relevante artikler fra USA samt enkelte fra Spanien, Australien, New Zealand m.fl.

Kvantitativ sammenhæng mellem grundvandskvantitet og økologiske forhold i vandløb

Påvirkning af tilgængeligt substrat samt substratets kvalitet

Reduktion i det vanddækkede areal vil være en uundgåelig konsekvens af en reduktion i vandføringen som følge af oppumpning af grundvand. Der er opstillet forskellige modeller til forudsigelse af det tilgængelige habitat areal ved forskellige vandføringsscenarier. Disse modeller og deres anvendelse gennemgås i kapitel 6.3. Konsekvenserne ved en reduktion i det vanddækkede areal på de biologiske forhold vil afhænge af længde såvel som frekvensen af tørlægning. Derudover vil tilgangen til mulige refugier være afgørende for smådyrfaunaen og i en vis udstrækning også for fiskefaunaen. Tørlægning eller overlejring af vandløbsbunden med sand eller silt vil dog have katastrofal betydning for eventuelle æg af ørred eller laks. Ændring af bundforholdene er rapporteret i mindre vandløb i forbindelse med lave afstrømninger, idet der kan ske en mere eller mindre fuldstændig overlejring med sand eller aflejring af silt som lukker og sammenkitter de små åbninger og sprækker i bundsedimentet. En sådan ændring af bundforholdene forringer de biologiske forhold både for smådyrene og for fisk (Wood & Armitage 1999; Wood et al. 1999). Såfremt en betydelig indvinding af grundvand medfører at store afstrømninger ikke længere foregår vil vandløbssedimentet ikke kunne omlejres i et omfang som fjerner de finkornede fraktioner fra sedimentet.

Smådyrarternes tilpasninger til udtørring

Vurdering af konsekvenserne på den økologiske tilstand i vandløb som følge af indvinding af grundvand eller oppumpning af overfladevand er i mange tilfælde blevet fulgt ved undersøgelse af makroinvertebratfaunaen (Armitage & Petts 1992; Bickerton et al. 1993; Castella et al. 1995). Generelt har undersøgelser af reduceret vandføring eller egentlig tørlægning ikke haft samme bevågenhed som undersøgelser af konsekvenserne af de store afstrømninger. En stor del af de undersøgelser der har været koncentreret om økologiske forhold i forbindelse med reduceret vandføring, er foretaget med henblik på at beskrive naturlige stress situationer som det f.eks. ses i mediterrane områder med stor vandføring i vinterperioden og stagnerende eller i værste fald tørlægning om sommeren (Gasith & Resh 1999). Uanset om en reduktion i vandføringen skyldes naturlige årsager eller menneskelige påvirkninger, er der en række fælles konsekvenser for vandløbene. De væsentligste omfatter:

- Tørlægning af mindre eller større dele af vandløbsbunden, dvs. tab af habitater.
- Ændring af bundsubstratet som følge af aflejring af sand og silt på vandløbsbunden.
- Generel reduktion i vandhastigheden
- Stigning i vandtemperaturen
- Fald i iltkoncentrationen
- Forøget koncentration af forurenende stoffer - bl.a. mindre fortynding af spildevand
- Ændring af den ripariske vegetation – bl.a. indvandring af terrestriske planter på de tørlagte dele af vandløbsbunden.

I vandløb som hvert år har reduceret vandføring eller som helt mangler vand i en kortere eller længere periode har faunaen på forskellig vis tilpasset sig de aktuelle livsbetingelser (Hynes 1970). F.eks. har mange arter udviklet en livscyclus som på forskellig måde betinger, at eksistens er mulig på trods af de vanskelige livsbetingelser. Tilpasninger til udtørring kan bl.a. være evnen til at søge ned i vandløbsbunden, og her overgå til et inaktivt stadie (diapause) som først kommer frem i

vandløbet igen når der på ny er vand til stede. Denne tilpasning ses f.eks. hos slørvingen *Capnia bifrons* som bl.a. lever i udtørrende skovbække (Khoo 1964). Også vandbænkebidderen *Asellus aquaticus* kan søge ned i bunden og her overleve mellem fugtige blade eller på undersiden af sten eller træstykker (Iversen et al. 1978). Andre måder at klare en udtørring kan være, at det voksne insekt tilbringer sit voksenliv på land i et inaktivt stadie samtidigt med at vandløbet er udtørret. Æg som tåler udtørring kan også være løsningen på manglende vand. Denne tilpasning ses hos bl.a. visse vårflyer af familien Limnephilidae. Andre dyr vælger at forlade den vandløbsstrækning som tørrer ud ved passiv drift med strømmen som det typisk ses hos vandløbets smådyr. Visse andre arter af smådyr kan ikke klare forholdene med lidt eller slet intet vand. Alligevel vil nogle af disse arter meget hurtigt genfindes i vandløbet når vandet vender tilbage. Årsagen er at disse dyr har en særlig evne til at sprede sig og derved genindvandre enten ved flyvning af voksne insekter eller ved vandring af de vandlevende stadier op mod strømmen. For arter der flyver som voksne insekter vil især arter der har flere generationer årligt være blandt de første arter til på ny at genindvandre.

Effekter på samfundsniveau

Generelt reduceres artsantallet og individtætheden i forbindelse med udtørring og stærkt reduceret vandføring (). Det mønster hvorefter arterne forsvinder og eventuelt på ny rekoloniserer vandløbet vil være som beskrevet i forrige afsnit. Undersøgelser af rekoloniseringen viser, at denne i nogle tilfælde vil foregå hurtigt, og allerede vil være tæt på det normale efter 1 år (). I andre tilfælde vil rekoloniseringen tage 2-flere år (), og enkelte arter kan være endnu længere tid om at indvandre på ny ().

Forskellige index har været anvendt til at identificere effekter på smådyrfaunaen. I England har BMWP og ASPT været anvendt i bedømmelsen af tilstanden (Armitage et al. 1983). Der er påvist mindre værdier af disse udtryk i vandløb påvirket af ringe vandføring (). I Danmark har systemet Dansk Vandløbsfaunaindeks, DVFI (Miljøstyrelsen 1998) forsøgsvis været afprøvet på stationer under det nationale overvågningsprogram som både har biologiske og hydrologiske data. De foreløbige resultater har ikke været helt entydige, men DVFI har dog vist en sammenhæng med udtryk for de hydrologiske forhold (DMU, upubliceret).

LIFE scoren

Der er i England udviklet et særligt system (LIFE) baseret på smådyrfaunaen til kvantificering af effekten som følge af ændring af de hydrauliske forhold (Extence et al. 1999). Systemet er baseret på at de enkelte smådyrarter er blevet inddelt i 6 grupper afhængigt af deres præferens for strømhastigheden. Denne inddeling er foretaget på baggrund af ekspertvurderinger. Herefter tildeles hver enkelt art en scoreværdi som er baseret dels på individantallet i en semi-kvantitativ ketcherprøve og dels på indplaceringen i ovennævnte strømpræferens grupper. Scoreværdien findes i en tabel med opbygning som tabellen til bestemmelse af Chandler's score (). Det endelige resultat, kaldet LIFE scoren, findes som summen af alle arternes scoreværdier divideret med antallet af arter. I stedet for artsbestemmelse kan kravet til identifikationsniveau reduceres til familieniveau. I undersøgelsen beskrevet af Extence blev der undersøgt XX vandløb med lange tidsserier (12-15 år) med både omfattende hydrauliske data og 1-flere årlige faunaprøver. Der blev foretaget en multivariat analyse af sammenhæng mellem LIFE værdien og et stort antal hydrologiske udtryk i vandløbene. Der blev i alle vandløbene fundet en entydig sammenhæng mellem LIFE værdien og forskellige hydrologiske udtryk. LIFE værdien der beskriver faunasammensætningens krav til strømforholdene var signifikant lavere i år med ringe vandføring.

Effekten af reduceret vandføring og udtørring på fiskefaunaen

Tørlægning eller reduktion i vandføringen kan medføre en række effekter på fisk i vandløb. Dels reduceres det vanddækkede areal, men reduktionen i vandføring kan også forårsage en forringelse i vandkvaliteten på grund af mindre fortynding af forurenende stoffer. Endvidere ses ofte en stigning i vandets temperatur samt en reduktion i iltindholdet (Elliott et al. 1997). Ved lave vandføringer vil migration af ørred og laks typisk ophøre, men ugunstige forhold som følge af lave vandføringer i sommerperioden kan dog medføre en nedstrøms vandring af ørred (Milner et al. 1978).

Der er foretaget enkelte undersøgelser af effekten på ørred og laks, hvor grundvandsindvinding har medført udtørring eller reduktion i vandføringen i vandløb (Johnson et al. 1995, Strevens 1999), men hovedparten af de undersøgelser der er beskrevet for fisk skyldes naturlig tørke som følge af væsentligt mindre nedbør end normalt (Cowx et al. 1984, Weatherly et al. 1991, Kelsch 1994, Elliot et al. 1997). Umiddelbart efter en egentlig udtørring er det generelle billede, at bestandene af fisk er blevet elimineret. De længerevarende konsekvenser har været meget forskellige. Der er således rapporteret om fuldstændig normale forhold med hensyn til artssammensætning og samlet biomasse i det efterfølgende år med normale nedbørs- og vandføringsmæssige forhold (Bailey & Osborne 1993). Dette var betinget af en hurtig rekolonisering fra nærtliggende vandløbsstrækninger som ikke havde været udtørret.

For ørred og laks er der dokumenteret elimination af en eller flere årgange af fisk. Dødelighed har været konstateret som følge af svampeangreb på æg hos kildeørred i tre undersøgte vandløb i forbindelse med stærkt reduceret vandføring (MacAvoy & Bulger 1995). Og dødelighed har været konstateret for hele den yngste årgang af yngel hos laks ved reduceret vandføring – muligvis som følge af forhøjede temperaturer (Cowx et al. 1984).

Sammenlignet med den normale tæthedsafhængige dødelighed hos ørred er der i flere tilfælde konstateret et øget tab af yngel og 1 års fisk. Dette har kunnet kædes sammen med en reduktion i de tilgængelige levesteder (egnet habitat) for ørred på grund af det mindre vanddækkede areal (Johnson et al. 1995; Strevens 1999). En sådan reduktion i en eller flere årgange på grund af tørke kan i visse tilfælde medføre, at antallet af smolt efterfølgende reduceres. Dette er påvist for en population af havørred, og medførte senere at antallet af gydemodne ørred der vandrede tilbage fra havet var tilsvarende reduceret (Elliot et al. 1997).

Reduktion i væksten er også blevet konstateret hos ørred der har været udsat for tørke (Weatherly et al. 1991; Elliot et al. 1997). Konsekvensen for unge havørred var, at størrelsen ved smoltificering (udvandring til havet) ligeledes var reduceret. Dette medførte forøget dødelighed ude i havet og færre kønsmodne ørred vendte siden hen tilbage for at gyde (Elliot et al. 1997).

I forbindelse med oppumpning af grundvand nær floden Piddle i Dorset, er det blevet beregnet, at oppumpningen på visse strækninger kan forårsage et tab i habitatarealet for yngel og 1 års ørred på op til 77%. Det blev endvidere dokumenteret, at antallet af ørred var lavere på strækninger som var påvirket af oppumpning af grundvand (Strevens 1999). Modeller der beregner det tilgængelige habitat areal for ørred er i flere tilfælde blevet anvendt i England i forbindelse med beslutning om fastsættelse af den mindste økologisk acceptable vandføring (Johnson et al. 1995; Strevens 1999).

Fastsættelse af økologisk acceptabel vandføring

En række metoder kan anvendes til fastsættelse af økologisk acceptabel vandføring. Dette er bl.a. aktuelt i forbindelse med konkrete vurderinger af effekten af oppumpning af grundvand. Disse metoder er behandlet i afsnit 6.3.

Effekten af reduceret vandføring og udtørring på vandplanter og bentiske alger
Bl.a. Hearne & Armitage 1993; Hearne et al. 1994; Holmes 1999

Kvalitativ sammenhæng mellem grundvandskvantitet og økologiske forhold i vandløb

Næringsstoffer, okker, forsurening, miljøfremmede stoffer
Bl.a. Rebsdorf et al. ; Lindegaard & Rasmussen; Skriver 1984; Geetz-Hansen 1984

Litteraturliste

Armitage, P.D. et al. 1983.

Armitage P.D. & Gunn, R.J.M. 1996. Differential response of benthos to natural and antropogenic disturbances in 3 lowland streams. – *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 81(2): 161-181.

Armitage, P.D. & Pardo, I. 1995. Impact assessment of regulation at the reach level using macroinvertebrate information from mesohabitats. – *regulated Rivers: Research & Management* 10: 147-158.

Armitage, P.D. & Petts, G.E. 1992. Biotic score and prediction to assess the effects of water abstractions on river macroinvertebrates for conservation purposes. – *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 2: 1-17.

Armitage, P.D., Pardo, I. & Brown, A. 1995. Temporal constancy of faunal assemblages in "mesohabitats" – applications to management? *Arch. Hydrobiol.* 133 (3): 367-387.

Armitage, P.D., Gunn, R.J.M., Furse, M.T., Wright, J.F. & Moss, D. 1987. The use of prediction to assess macroinvertebrate response to river regulation. – *Hydrobiologia* 144: 25-32.

Bayley, P.B. & Osborne, L.L. 1993. Natural rehabilitation of stream fish populations in an Illinois catchment. – *Freshwater Biology* 29: 295-300.

Bickerton, M.A. 1995. Long-term changes of macroinvertebrate communities in relation to flow variations: the river Glen, Lincolnshire, England. – *Regulated Rivers: Research & Management* 10 (2-4): 81-92.

Bickerton, M., Petts, G., Armitage P. & Castella, E. 1993. Assessing the ecological effects of groundwater abstraction on chalk streams: three examples from eastern England. – *Regulated Rivers: Research & Management* 8: 121-134.

Boulton, A.J., & Lake, P.S. 1992a. Benthic organic matter and detritivorous macroinvertebrates in two intermittent streams in south-eastern Australia. – *Hydrobiologia* 241: 107-118.

Boulton, A.J., & Lake, P.S. 1992b. The ecology of two intermittent streams in Victoria, Australia. III. Temporal changes in faunal composition. – *Freshwater Biology* 27: 123-138.

Cannan, C.E. & Armitage, P.D. 1999. The influence of catchment geology on the longitudinal distribution of macroinvertebrate assemblages in a groundwater dominated river. – *Hydrol. Process.* 13: 355-369.

Castella, E., Bickerton, M., Armitage, P.D. & Petts G.E. 1995. The effect of water abstractions on invertebrate communities.- *Hydrobiologica* 308: 167-182.

Clausen, B. & Biggs, B.J.F. 1997. Relationships between benthic biota and hydrological indices in New Zealand streams. – *Freshwater Biology* 38 (2): 327-342.

Cowx, I.G., Young, W.O. & Hellawell, J.M. 1984. The influence of drought on the fish and invertebrate populations of an upland stream in Wales. – *Freshwater Biology* 14: 165-177.

Crisp, D.T. 1989. Some impacts of human activities on trout, *Salmo trutta*, populations. – *Freshwater Biology* 21: 21-33.

- Dieterich, M. & Anderson, N.H. 2000.* The invertebrate fauna of summer-dry streams in western Oregon. – Arch. Hydrobiol. 147 (3): 273-295
- Dodds, W.K., Hutson, R.E., Eichen, A.C., Evands, M.A., Gudder, D.A., Fritz, K.M. & Gray, L. 1996.* The relationship of floods, drying, flow and light to primary production and producer biomass in a prairie stream. – Hydrobiologia 333: 151-159.
- Extence, C.A. 1981.* The effect of drought on benthic invertebrate communities in a lowland river. – Hydrobiologia 83: 217-224.
- Extence, C.A., Balbi, D.M. & Chadd, R.P. 1999.* River flow indexing using British benthic macroinvertebrates: a framework for setting hydroecological objectives. Regulated rivers: Research and Management 15: 543-574.
- Gasith, A. & Resh, V.H. 1999.* Streams in Mediterranean climate regions: Abiotic influences and biotic responses to predictable seasonal events. – Annu. Rev. Ecol. Syst. 30: 51-81.
- Griffith, M.B. & Perry, S.A. 1993.* The distribution of macroinvertebrates in the hyporheic zone of two Appalachian headwater streams. – Arch. Hydrobiol. 126 (3): 373-384.
- Gunn, J., Hardwick, P. & Wood, P.J. 2000.* The invertebrate community of the Peak-Speedwell cave system, Derbyshire, England – pressures and considerations for conservation management. – Aquatic Conserv: Mar. Fresh. Ecosyst. 10: 353-369.
- Elliott, J.M., Hurley, M.A. & Elliott, J.A. 1997.* Variable effects of droughts on the density of a sea-trout *Salmo trutta* population over 30 years. – Journal of Applied Ecology 34 (5): 1229-1238.
- Harris, N.M., Gurnell, A.M., Hannah, D.M. & Petts, G.E. 2000.* Classification of river regimes: a context for hydroecology. – Hydrol. Process. 14: 2831-2848.
- Hearne, J.W. & Armitage, P.D. 1993.* Implications of the annual macrophyte growth cycle on habitat in rivers. – Regulated Rivers: Research & Management 8: 313-322.
- Hearne, J., Johnson, I. & Armitage P.D. 1994.* Determination of ecologically acceptable flows in rivers with seasonal changes in the density of macrophyte. – Regulated Rivers: Research & Management 9: 177-184.
- Holmes, N.T.H. 1999.* Recovery of headwater stream flora following the 1989-1992 groundwater drought. – Hydrol. Process. 13: 341-354.
- Hynes, H.B.N. 1970.* The ecology of running waters. Liverpool University Press.
- Iversen, T.M., Wiberg-Larsen, P., Hansen, S.B. & Hansen, F.S. 1978.* The effect of partial and total drought on the macroinvertebrate communities of three Danish streams. – Hydrobiologica 60 (3): 235-242.
- Johnson, I.W., Elliott, C.R.N. & Gustard A. 1995.* Modelling the effect of groundwater abstraction on salmonid habitat availability in the river Allen, Dorset, England. – Regulated Rivers 10 (2-4): 229-238.
- Kelsch, S.W. 1994.* Lotic fish-community structure following transition from severe drought to high discharge. – Journal of Freshwater Ecology 9 (4): 331-341.
- Khoo S.G. 1964.* Studies on the biology of *Capnia bifrons* (Newmann) and notes on the diapause in the nymphs in this species. – Gewäss. Abwäss. 34 (5): 23-30.

- Lake, P.S. 2000.* Disturbance, patchiness and diversity in streams. – J. N. Am. Benthol. Soc. 19 (4): 573-592.
- Langton, P.H. & Casas, J. 1999.* Changes in chironomid assemblage composition in two Mediterranean mountain streams over a period of extreme hydrological conditions. – Hydrobiologia 390: 37-49.
- Lughart, J.G. & Wallace, B.J. 1992.* Effects of disturbance on benthic functional structure and production in mountain streams. - J. N. Am. Benthol. Soc. 11(2): 138-164.
- MacAvoy, S.E. & Bulger, A.J. 1995.* Survival of brook trout (*Salvelinus fontinalis*) embryos and fry in streams of different acid sensitivity in Shenandoah National Park, USA. – Water, Air and Soil Pollution 85: 445-450.
- Mayenco, A.G. 1993.* Macroinvertebrate associations in two basins of SW Spain. – Arch. Hydrobiol. 127 (4): 473-483.
- Miljøstyrelsen 1998.* Biologisk bedømmelse af vandløbskvalitet. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 5/1998.
- Miller, M.A. & Golladay, S.W. 1996.* Effects of spates and drying on macroinvertebrate assemblages of an intermittent and a perennial prairie stream. - J. N. Am. Benthol. Soc. 15(4): 670-689.
- Mulholland, P.J., Best, G.R., Coutant, C.C., Hornberger, G.M. Meyer, J.L., Robinson, P.J., Stenberg, J.R., Turner, R.E., Vera-Herrera, F., Wetzel, R.G. 1997.* Effects of climate change on freshwater ecosystems of the South-eastern United States and the Gulf coast of Mexico. – Hydrological Processes 11: 949-970.
- Newson, M.D., Harper, D.M., Padmore, C.L., Kemp, J.L. & Vogel, B. 1998.* A cost-effective approach for linking habitats, flow types and species requirements. – Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst. 8 (4): 431-446.
- Petts, G.E., Bickerton M.A., Crawford, C. Lerner, D.N. & Evans D. 1999.* Flow management to sustain groundwater-dominated stream ecosystems. – Hydrological Processes 13: 497-513.
- Petts, G.E., Armitage, P.D. & Castella, E. 1993.* Physical habitat changes and macroinvertebrate response to river regulation: the river Rede, UK. – Regulated Rivers: research & Management 8: 167-178.
- Pires, A.M., Cowx, G. & Coelho, M.M. 2000.* Benthic macroinvertebrate communities of intermittent streams in the middle reaches of the Guadiana Basin (Portugal). – Hydrobiologia 435: 167-175.
- Richter, B.D., Baumgartner, J.V., Wigington, R. & Braun, D.P. 1997.* How much water does a river need? – Freshwater Biology 37 (1): 231-249.
- Skriver, J., Iversen, H.L., Fjorback, C., Ovesen N.B. & Quist P. 2001.* Reduceret vandføring ved dambrug: Betydning for vandløbenes smådyrfauna. Arbejdsrapport fra DMU nr. 157. 57pp.
- Stevens, A.P. 1999.* Impacts of groundwater abstraction on the trout fishery of the River Piddle, Dorset; and an approach to their alleviation. – Hydrologically Processes. – 13: 487- 496.
- Symes, K.L., Armitage, P.D. & C,annan, C.E. 1997.* Application of the relational database approach to a nested study of biological and physical data from a lowland river. – Regulated Rivers: Research & Management 13: 185-198.
- Tickner, D., Armitage, P.D., Bickerton, M.A. & Hall, K.A. 2000.* Assessing stream quality using information on mesohabitat distribution and character. – Aquatic Conserv: Mar. Fresh. Ecosyst. 10: 179-196.

- Weatherly, N.S., Campbell-Lendrum, E.W. & Ormerod, S.J. 1991.* The growth of brown trout (*Salmo trutta*) in mild winters and summer droughts in upland Wales: model validation and preliminary predictions. – *Freshwater Biology* 26: 121-131.
- Wood, P.J. & Armitage, P.D. 1999.* Sediment deposition in a small lowland stream – management implications. – *Regul. Rivers: Research & Management*. 15: 199-210.
- Wood, P.J., & Petts, G.E. 1999.* The influence of drought on chalk stream macroinvertebrates. – *Hydrological Processes* 13: 387-399.
- Wood, P.J. & Petts, G.E. 1994.* Low flows and recovery of macroinvertebrates in a small regulated chalk stream – *Regul. Rivers: Research & Management* 9: 303-316.
- Wood, P.J., Agnew, M.D. & Petts, G.E. 2000.* Flow variations and macroinvertebrate community responses in a small groundwater-dominated stream in south-east England. – *Hydrological Processes* 14: 3133-3147.
- Wood, P.J., Armitage, P.D., Cannan, C.E. & Petts, G.E. 1999.* Instream mesohabitats biodiversity in three groundwater streams under base-flow conditions. – *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.* 9: 265-278.
- Wright, J.F. 1992.* Spatial and temporal occurrence of invertebrates in a chalk stream, Berkshire, England. – *Hydrobiologia* 248: 11-30.
- Wright, J.F., Furse M.T., Armitage, P.D. & Moss D. 1993.* New procedures for identifying running-water sites subject to environmental stress and evaluating sites for conservation, based on the macroinvertebrate fauna. – *Arch. Hydrobiol.* 127 (3): 319-326.
- Wright, J.F., Blackburn, J.H., Gunn, R.J.M., Furse, M.T., Armitage, P.D., Winder, J.M. & Symes, K.L. 1996.* Macroinvertebrate frequency data for the RIVPACS III sites in Great Britain and their use in conservation evaluation. – *Aquatic conservation* 6: 141-167.