

Eawag

新闻

在外国追踪物质流

第 9 页 孟加拉国: 稻田中的砷——是一种危险吗?

第 12 页 厄立特里亚: 分散化制堆肥有经济意义吗?

第 21 页 越南: 关闭磷循环





Roland Schertenleib, Eawag
理事会成员, 发展中国家水与
卫生室前负责人

利用物质流分析制定解决办法

在发展中国家和新诞生的国家,12 亿多人没有安全饮用水,26 亿多人缺乏合适的卫生设施。大部分城市固体废物未被收集,更不用说以环境安全的方式加以处置了。因此,直接与这些环境条件相关的传染病和寄生虫病,仍是这些国家所面临的主要问题之一。再有就是日益涌现出的、在工业化国家几十年来已常见的严重的和长期的环境问题。

由于 Eawag 拥有广泛的专门知识,所以多年来它一直积极精心制定发展中国家和新诞生国家问题的解决办法。这常常包括用那些已成功应用于工业化国家的办法。与此同时,Eawag 总是与当地伙伴密切合作。因此,研究项目也促进南半球国家的知识传播和研究能力的建设。

20 世纪 80 年代初,Eawag 研制了用于环境关联物质和物品的物质流分析方法。自那时以来,它已被证明是环境管理中的一种有价值的手段,它也能被应用于发展中国家和新诞生国家紧迫的环境问题。这种方法的优点是,它能描述整个地区,即使是在现有资料有限的情况下,也能提供关于各种问题的系统关系和原因的良好的概观。

本期《Eawag 新闻》报道了一系列国际项目,在这些项目中,物质流分析被用来解决环境问题。例如,水体中过度的营养物含量是包括越南和泰国在内的很多国家的主要问题,也是基伍湖(民主刚果/卢旺达)的主要问题。通过准备磷、氮和硅平衡,Eawag 的研究人员正在帮助确认营养物的来源和可能的控制措施。在水稻田因灌溉水而受到有毒砷污染的孟加拉国,Eawag 正在与当地伙伴

一起致力于弄清砷是否累积于土壤中,从而对人类健康构成危险。由于人口的增长和生活水准的提高,发展中国家和新诞生国家的废物产生量也在不断增加。厄立特里亚和古巴的物质流分析说明,如何通过制堆肥和回收来处置或减少大量废物。借助于物质流和工艺成本分析的结合,计算出了相关的费用。另外,为了评估可能的措施是否能得到有效的实施,将古巴的废物流分析与社会学研究加以结合。这样一来,就能探查公众或政策制定者们的态度。

如今,物质流分析一般用于模拟不同方案以及对潜在措施的生态影响进行量化。不过,仅这种方法不足以评估健康风险以及旨在改善公共卫生的替代性措施——假定南半球国家传染病和寄生虫病盛行,那么改善公共卫生状况就是至关重要的问题。为此,需要分析病原体流,并将其与所谓的“微生物风险定量分析”(QMRA)结合起来。目前,Eawag 正在与位于巴塞尔的瑞士热带研究所合作对付这一新的挑战。

Roland Schertenleib

封面照片:孟加拉国 Srinagar 村的一个男孩在季风季节帮助从洪涝的水稻田中采集样品。这一装置用来获取不同沉积深度的水样。欲知详情,请参见第 9 页题为“水稻田中的砷——是一种危险吗?”

目 录

主要文章

4 物质流:从分析到管理

实质上,一种计算性的物质流分析是为环境关联物质和物品画出一张“平衡图”。Eawag 现在越来越多地采用这种方法来解决发展中国家和新生国家严重的环境问题。

研究报告

9 水稻田中的砷——是一种危险吗?

在孟加拉国的很多地方,稻田是用砷污染的地下水灌溉的。Eawag 正在开展广泛的野外测量活动。

12 分散化制堆肥有经济意义吗?



由于发展中国家大部分城市固体废物是可制堆肥的,所以堆肥装置可能具有很多好处。以厄立特里亚阿斯马拉市为例,Eawag 研究了将这些堆肥装置纳入城市废物管理系统是否划算的问题。

15 古巴圣地亚哥的废物流

废物对发展中国家构成重大问题。它们常常不是被适当地处置,而是简单地被倾倒入垃圾场。公众怎样做才能阻止这种废物增长潮呢?

18 塔钦河的营养物超负荷

日益集约化的农作已导致泰国塔钦河水质的明显退化。我们基于物质流分析的模型表明,集约化的水产养殖是导致大部分营养物输入的原因。

21 关闭磷循环

在越南河内,水体被高浓度的营养物所污染,这些营养物被简单地排放入废水。我们的物质流分析提出了一种用于营养物资源可持续管理的可能的办法。

24 基伍湖深处气体的危险累积

当溶解于基伍湖(民主刚果/卢旺达)深水中的气体到达湖面时,它们可能会危及当地居民的生命。另外,最近的测量表明气体浓度在不断上升。Eawag 正在调查其原因。

其他

27 出版物

30 论坛:节能大楼

Eawag 新的 Forum Chriesbach 大楼——可持续发展的里程碑——证明“2000-瓦特社会”不是一种空想。

32 简讯

eawag
水生研究 ○○○

出版:瑞士联邦水生科学与技术研究所
Eawag, P.O. Box 611, 8600 Dübendorf, Switzerland
电话: +41(0)44 823 5511
传真: +41(0)44 823 5375
网址: <http://www.eawag.ch>

编辑: Martina Bauchrowitz, Eawag
出版情况: 每年 2-3 期,以英、德、法 3 种文字出版

中文版翻译出版: UNEP-Infoterra 中国国家联络点
北京市 2871 信箱 邮编: 100085
电话: (010) 62920727 62849120
传真: (010) 62923563
电子邮件: nfpksz@rcees.ac.cn
网址: <http://www.rcees.ac.cn>
ISSN 1440-5289



Hans-Peter Bader, 理论物理学家, “人类圈物质流”小组负责人,
Hans-Joachim Mosler, 社会与环境心理学家, “社会系统模拟”
小组负责人
联合作者: Martina Bauchrowitz

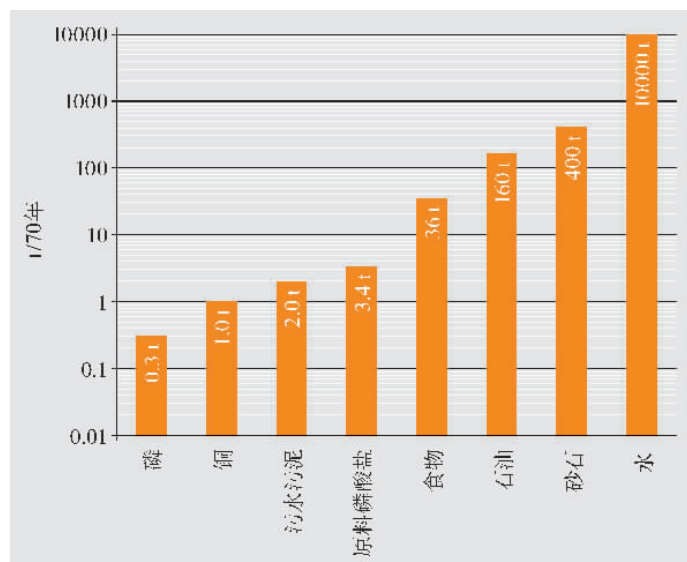
物质流: 从分析到管理

物质流分析实质上是一种环境统计: 而不是财政和其他资产统计, “平衡图”记录环境关联物质和物品。Eawag 现在也在越来越多地使用这种方法来解决发展中国家和新生国家严重的环境问题。

在人的一生中, 每个人都对大量物品、物质和能量流动负责(图 1)^[1]。在过去几个世纪里, 这些流动量已大大增加。这归咎于两个因素: 全球人口的快速增长以及人均消费量多达 100 倍的增加。这些发展对环境——水、土壤和大气——产生了重大影响, 进而也对人类健康产生了重大影响。

物质流分析促进有效的环境保护和健康保护 曝露

图 1 一个人在 70 岁生命中平均的物质循环量(注意: 对数尺度)



于污染物所产生的影响一般要很长时间才会被发现。这方面的一个实例是, 20 世纪 40 年代后期, 折磨日本 Jinzu 河下游水稻田中劳作的人们地方病。这种夺去很多人生命的疾病的症状包括骨头变形和剧痛。鉴于这一原因, 这种病在日语中被称之为“痛痛病”。直到大约 20 年后, 人们才发现受害者们受苦的原因是镉中毒的影响造成的。在上游, 人们开采锌矿和镉矿, 采矿废水被用来灌溉这些水稻田。镉在当时(如今某些情况下仍在)被用于染料和镍镉电池以及塑料稳定剂和抗腐剂。镉广泛分布于人造环境或“人类圈”中(图 2)^[2]。

这一实例说明, 尽早(如借助于物质流分析)查出有害的或不良的物质流是多么重要^[1]。这种方法可以追踪物质或物品从起点或生产点通过在人类圈的残留一直到最终贮存、处置或降解的归宿。不过, 这种方法在严重的环境问题方面也是吸引人的, 因为它使研究人员能够——利用文献资料, 不需要开展他们自己的大规模测量活动——获得一个系统初步的概观、可能的导致因素以及补救措施。

在这种方法开始被应用于环境研究之前, 从 20 世纪 80 年代中期以来^[3], 作为一种使化学品生产过程中物料和能源消费最佳化的工具, 它已在化学工程领域成功地应用了 20 多年^[4]。在经济学方面, 这种方法甚至可以被追溯到 20 世纪 30 年代^[5]。

Eawag 在全世界分析的物质流 由于物质流分析是在欧洲创建的, 所以这种方法的最初应用集中在这一地



数据收集：调查泰国养鱼场经营者们在喂养方面的做法

区。瑞士、瑞典、荷兰和其他欧洲国家,开展了多种系统的众多研究。最初,调研的主题是大批量物质如水、木材、建材和能源。研究的还有各种元素的归宿,如营养物氮和磷、重金属铜、铁、锌、镉、汞和铅;以及作为生物地球化学循环重要组分的碳、硫和氯。

目前,Eawag 与伙伴在瑞士开展的研究包括:阻燃剂、微污染物、生物杀伤剂和水泥中重金属的分析。不过,Eawag 还在越来越多地研究发展中国家和新生国家的物质流。在这些情形中,一般是帮助确定严重的环境问题的原因或确定用于改善现有废水或废物管理系统的方案。

物质流分析程序 根据特定的研究主题,物质流分

析的范围可以从简单系统中物质流的测量和表征到借助于计算机数学模型的复杂系统关系的描述。如今,得到计算机帮助的物质流分析通常包括一系列步骤:

► **选择将要研究的系统:** 不仅需要确定该系统的地理边界和时间边界,还需要确定将要分析的物质以及详细程度。

► **制定模型:** 在目前对该系统认识的基础上,首先确定与物质流相关的部分(如:水、土壤)或过程(如个人家庭、农业、废水管理)(图 2)。然后用数学公式的形式来表示该系统中的关系(联系)。

► **检验模型:** 在这一过程中,从各种来源——测量、文献资料、估计和专家知识收集用作模型参数的数据。这些模型参数是该模型的特征值,其变化相对于不同的系统

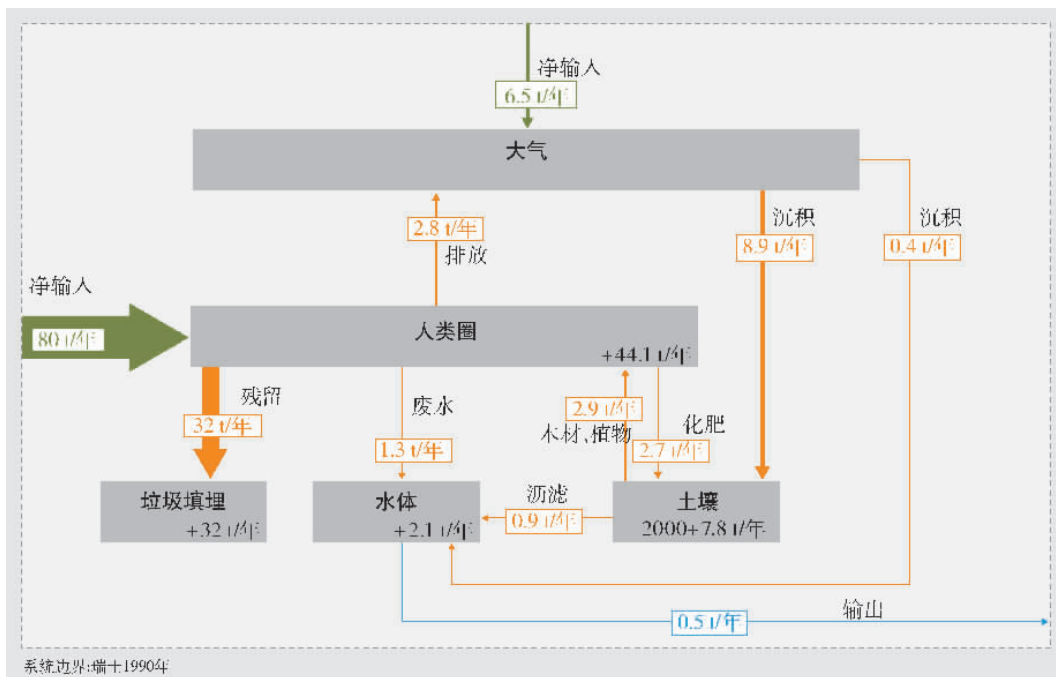


图2 1990年瑞士的镉流(t)(数据来自参考文献[2])框图中下侧的数字表明现存量增加。“土壤”框中左侧数字表示过去已积累的镉的量。其他部分没有相应的数字

状态。这些参数可以基于直接测量,如物质浓度和残留时间。不过,模型参数常常是间接值,如物质转换系数,最初必须在所收集数据基础上通过计算获得。随后模型参数

的估算旨在确定该模型描述所调研系统的精确程度。

- ▶ 关键参数和补救措施的确定:精心制作的模型用来表示目前的状态,而且还通过敏感性分析来确定关键参数(即那些其变化导致物质流反应最为敏感的参数),以及模拟实现理想的变化可能的选择。
- ▶ 解释结果:在利益攸关方参与的情况下,评估和讨论这些结果。

为了促进物质流分析,Eawag制定了模拟程序SIMBOX(参见专栏)。最初较简单的物质流分析是在没有模型帮助的情况下进行的^[3]。研究人员在数据源的基础上对物质流进行量化,以图形的方式使结果具体化,并采用这种图形模型来讨论潜在的控制方法。

现场直接测量采集的数据 物质流分析必要的基础是由输入数据提供的。当然,理想的是,应直接在现场测量物质。这在系统边界确定范围较窄的情况下是可以的,例如在 Linda Roberts 和 Slephan Hug 的文章(第9页)所描述的研究中。这与水稻田的砷浓度和流动有关。自从孟加拉国各地采用地下水泵以来,砷已被不断释放到水稻田中。Eawag 的研究人员希望评估砷在环境中的行为以及它是否对人类健康构成危险。

SIMBOX

SIMBOX 是 Eawag 研制用来模拟人造系统中的物质、材料、能源和货币流动的一项计算机程序^[6]。它现已被国际上的工程师、公司、当局和研究所所使用。该系统是在图形交互的环境中确定的。然后通过一组数学公式来确定这种模拟方法。在输入数据和公式的基础上,SIMBOX 计算现状(固定系统)的流动(和存量),或作为一种函数(动态系统)。SIMBOX 提供结果的各种表征方法:流程图、随时间而变的变量、动画片和特殊显形法。该程序还能通过不确定性分析来评估成果的可信度,并采用敏感性分析来确定何种模型参数对物质流产生决定性的影响。

当焦点集中在一个独特的系统如 Martin Schmid 的文章(第 24 页)所描述的中非地区的基伍湖时,现场测量也是合适的。该湖的深水含有大量二氧化碳和甲烷。如果这些气体到达水表面的话,当地居民可能会由于缺氧而窒息。最近的测量表明,过去 30 年内,甲烷浓度——以及相关的气体喷发风险——已进一步增加。Eawag 正在调查这种发展的原因。

采用估算值来填补数据空白 如果所要分析的系统范围太广和太复杂,无法进行直接的综合性测量,那么我们能做什么呢?在这种情况下,研究人员依靠现有的文献资料(包括来自可比系统的数据),并试图通过估算值来填补数据空白。一个可能的方法是对系统所涉团体或人员进行直接调查。例如,为了评估泰国塔钦河水产养殖场鱼接受多少饲料,Eawag 的研究人员 Monika Schaffner 和 Irene Wittmer 访问了经营者,并要求他们提供喂养作业的详情。该项目的目的是确定塔钦河营养物过度输入的源头,并且确定可能的控制措施(见第 18 页文章)。

数据空白还可以借助于专家判断来填补。就 Eawag 研究者 Agnes Montangero 在越南河内省的项目来说,她获得了专家们的意见(见第 21 页文章)。所以她能够估计

化粪池(标准型的固定系统)中持留有少量的磷。该项目也旨在证明如何才能降低水体中的营养物负荷。计算表明,采用尿分离抽水马桶装置可以大大改善水质。

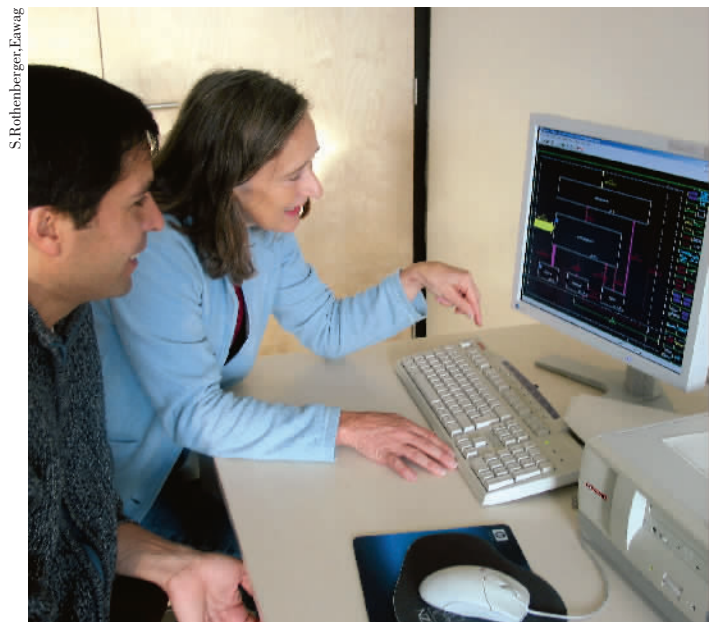
结果的评估 物质流分析过程中的另一个关键步骤是结果的评估。其目的是评估所研究的物质流对环境和人类健康所产生的实际影响。但这仅凭物质流分析是不可能的;需要来自其他领域——生态毒理学、生物学和湖沼学的其他知识。例如,需要用与生态毒理学“质量目标”有关的方式来观察来自物质流分析的数据。这些质量目标规定了不得被超过的物质浓度(极限值),从而防止对环境和人类健康产生不利影响。评估中还需要考虑该地区自然出现的物质流。

将物质流分析与参与过程相结合 物质流分析的结果最终是为了促进环境管理,为未来的措施提供决策支持。因此,目前的物质流分析日益与参与过程相结合,努力使利益攸关方和决策者们尽可能早地参与进来^[7]。为此,这样做是有帮助的,即以易理解的形式呈现这些数据(图 2),从而允许将系统现状与潜在的缓解方案进行直接比较。

数据收集:在孟加拉国,对用于灌溉稻田的地下水中的砷浓度进行检测



模拟:在所收集数据的基础上,可以建立物质流模型,并对变化方案进行模拟





决策支持：专题研讨会上讨论物质流分析结果和可能的补救措施

管理：征询意见与制定解决办法同步 一个可能的方法是,通过调查或组织专题讨论会,征询特定团体或公众代表的意见。为了发现最吸引人的方案和最有可能成功的方案,要求参与者评估各种选择,例如关于环境后果、费用和可行性。如果还要评估将缓解方案付诸于实践所存在的困难的话,可能会询问参与者们支持实施努力的程度。Hans-Joachim Mosler 采用了这种方法(见第 15 页文章),其研究考虑这一问题:古巴圣地亚哥的居民们怎样做才能减少家庭废物的量。这时,公众对废物管理的态度是通过一项调查获得的。项目之一专门与家庭参与废物分类、制堆肥或回收方案的意愿有关。

在涉及中小型团体的项目中,物质流分析还可以用来检验新制定的方案——关于问题解决的小组讨论常常能产生新的想法,这些可以立即在进一步的方案中加以检验。这可能会导致一个寻求一致意见的过程,在这一过程中,该小组成员的不同立场会逐渐得到协调。

用充分的理由使当局信服 物质流分析是一种实现系统内物质流无偏图景的特别合适的方法。虽然不同的有关各方会有他们自己的观点,例如关于污染物来源和主要类型,但他们发现自己面对是关于这些问题的理由充足的说明。不过,为了确保行动者们介入这一过程以及不对这些根据产生怀疑,应该使他们参与物质流分析的

发展过程。例如,Silke Rothenberger 项目中准备的分析(见第 12 页文章),旨在向厄立特尼亚阿斯马拉负责废物管理的当局证明有机废物分散制作堆肥的好处。在这项分析中,不仅记录废物流,而且还对处置费用进行量化。这使地方当局以一种完全不同的见解来看待这些问题,所以分析结果被很好地接受。不过,物质流分析的使用是否能促使主要由利益驱动和基于权力的决策向可持续解决法转变,仍是一个悬而未决的问题。

范围日益广泛的物质流分析 近年来,Eawag 和其他地方的物质流分析的范围已大大扩展。例如,物质流分析与新的模拟方法结合,并扩展到动态系统^[1]。代表性的货币流可以包括经济考虑^[8]。在结果评估中,用所谓的系统主观认知的机率函数来评估专家判断^[9]。解决办法的制定和实施得到参与过程的支持^[7]。物质流分析可以与环境部分中物质滞留模拟和健康风险评估结合起来^[10]。总之,物质流分析是一种灵活的和有用的环境管理手段。



- [1] Baccini P., Bader H.-P. (1996): Regionaler Stoffhaushalt, Erfassung, Bewertung und Steuerung, Spektrum Verlag, Heidelberg, 420 p.
- [2] Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL (1997): Cadmium – Stoffflussanalyse. BUWAL, Schriftenreihe Umwelt, Nr. 295, 74 S.
- [3] Baccini P., Brunner P. (1991): Metabolism of the anthroposphere. Springer Verlag, Berlin, 157 p.
- [4] Levenspiel O. (1962): Chemical Reaction Engineering: an introduction to the design of chemical reactors. Wiley, New York, 501 p.
- [5] Leontief W. (1936): Quantitative Input and Output Relations in the Economic Systems of the US. Review of Economic Statistics XVIII, 105–125.
- [6] www.eawag.ch/research/siam/software/d_simbox.html
- [7] Grimble R. & Wellard K. (1997): Stakeholder methodologies in natural resource management: a review of principles, contexts, experiences and opportunities. Agricultural systems 55, 173–193.
- [8] Bader H.-P., Scheidegger R., Real M. (2006): Global renewable energies: a dynamic study of implementation time, greenhouse gas emissions and financial needs. Clean Technologies and Environmental Policy 8, 159–173.
- [9] Holtmann X., Bader H.-P., Scheidegger R., Wieland R. (2005): SIMBOX-FUZZY: ein Tool zur Bewertung von Stoffflüssen basierend auf unscharfem Wissen. In: J. Wittmann, X. N. Thinh (Hrsg.) Konferenzband: Simulation in Umwelt- und Geowissenschaften, Workshop Dresden, Shaker Verlag Aachen, S. 261–271.
- [10] Kwonpongsagoon S. (2006): Integration of substance flow analysis, transport and fate of materials in the environment, and environmental risk assessment for provision of information for regional environmental management: Cadmium as a case study in Australia. Thesis at University of New South Wales, Australia.



Linda Roberts, 环境科学家, 她正在写这一主题的博士论文,
Stephan Hug, 化学家, 化学与水资源组负责人

水稻田中的砷—— 是一种危险吗?

在孟加拉国的很多地方,水稻田是用含砷的地下水灌溉的。由此而向农业土壤输入的砷每年达 1000 多 t。与苏黎世 ETH 以及孟加拉国的伙伴一起,Eawag 的研究人员正在研究砷的归宿: 砷累积在土壤中还是在雨季被重新迁移?

孟加拉国在很多方面都是一个极端条件的国家。它位于世界上最大的河流三角洲,该三角洲是由恒河、布拉马普特拉河以及梅格纳河汇合而形成的。国土面积为 144 000 km²——仅是瑞士国土面积的 3.5 倍,而其人口则为 1.47 亿以上。虽然在季风季节(7 月至 10 月)几乎整个国家都遭受洪涝,但一年中的其余季节却明显干旱。由于年人均收入为 440 美元^[1],所以孟加拉国面临重大的社会问题、经济问题和环境问题。就政治方面而言,该国较稳定和较民主,政府已成功地努力改善总体状况。为国民提供安全的饮用水和灌溉用水,是孟加拉国面临的最大的挑战之一。

饮用水中的砷 在国际帮助下,从 1970 年以来,饮用水供给源已从地表水转为地下水。如今,1000 多万只手压泵管井为几乎所有乡村居民供水——这一新现象已大大降低了水传染病的发病率,而且可以被认为是这方面的重大成功。不过,遗憾的是,当时没有检查地下水中成问题的化学物质。1992~1998 年期间,人们知道:大约 1/4 的井水每升含有 50 μg 以上的砷^[2]。砷是一种所谓的地球成因的地下水污染物:它自然存在于地下沉积物中,在缺氧条件下,逐渐溶进地下水。这种污染水的饮用可能会导致慢性砷中毒。孟加拉国有 3000 万~5000 万人暴露于砷,世界卫生组织(WHO)已将其描述为“人类历史上最大规模的中毒”^[3]。WHO、美国和欧盟规定的饮用水中砷的指标值为 10 μg/L。

对水稻田的砷输入 与饮用水问题密切相关的是农业方面的地下水利用。旱季依赖于灌溉的高产冬稻的种

植,使得水稻产量能够跟上人口增长。与传统的阿曼稻一起,冬稻现占水稻总产量的 50%,从而使得孟加拉国在粮食生产方面保持自足^[4]。就像饮用水井一样,多数灌溉泵从 30~60 m 深处抽水,这一深度的砷浓度最高。1 月至 5 月,稻田总共灌溉大约 1 m 地下水。因此,估计 1000 t 砷直接泵到水稻田上^[5]。这种砷的归宿对当地农业和居民

以柴油为动力的灌溉泵将砷污染的地下水抽吸到水稻田



都是一个至关重要的问题。如果砷多年累积的话,它将导致土壤越来越严重的污染,并会进入食物链。长期下去,产量可能会下降,土地可能变得不适合于农业生产。

对作物和人类健康是一种危险吗? 根据许多研究,表土砷浓度在灌溉期间大大增加,但在季风洪水之后再一次下降^[5,6]。不过,这些分析缺乏足够的准确性和空间分辨率,无法建立物质平衡或长期预测。如果土壤中的砷浓度在季风洪水之后下降是正确的话,那么问题是砷转移到了何处:它是被洪水冲往海洋还是迁移到更深的土壤层?

水稻植物的砷测量表明,根部砷浓度增加,杆和叶中的砷浓度适度增加,稻谷中的砷浓度实际上是正常的^[7]。在短期内,这些发现是使人放心的,并为这一希望提供了理由:在今后一些年中,通过食物暴露于砷,将不会大大增加现有通过饮用水对砷的暴露。但这能否长期保持是不清楚的。

涉及 Eawag 和 ETH 的 SNF 联合项目 为了努力回答这些重大问题,自 2005 年初以来,Eawag 一直与苏黎世 ETH 生物地球化学与污染物动力学学院 (IBP) 的土壤化学小组以及孟加拉国工程与技术大学 (BUET) 协作。研究战略集中于典型水稻种植区的少数水稻田,并详细分析所发生的过程。在这项研究的基础上,将研制也能应用于其他地区的物质流模型。来自美国、孟加拉国和 Eawag 的研究小组正在平行地调研水文和地球化学方面的问题。

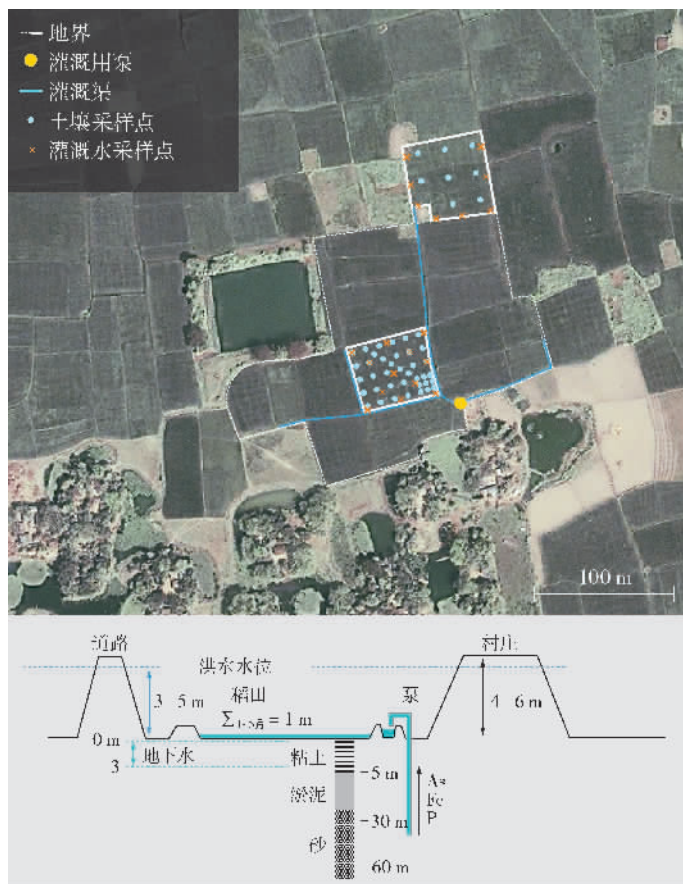
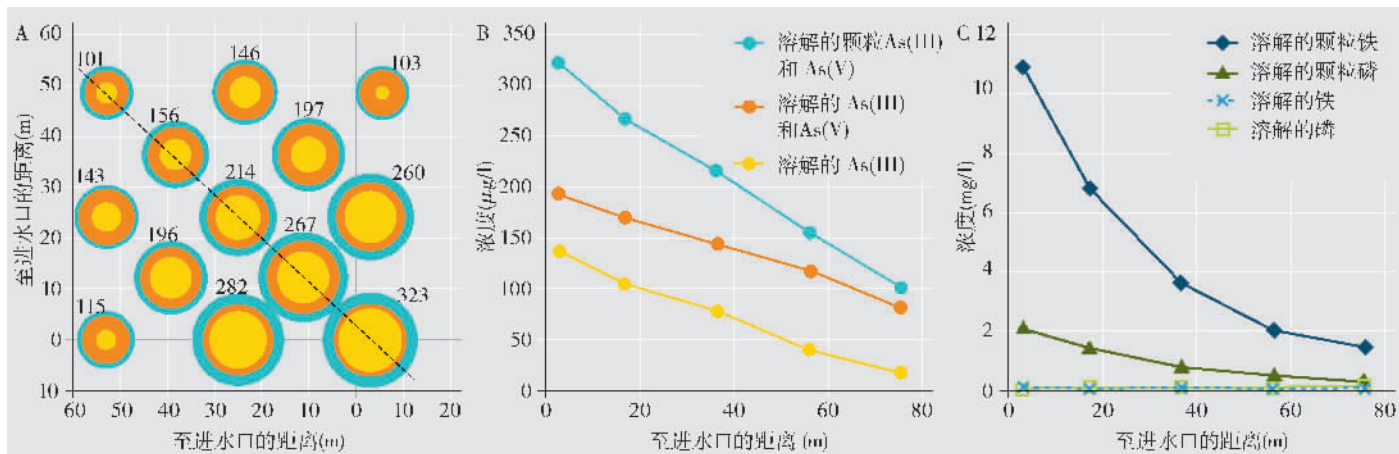


图 1 3 公顷研究现场的卫星照片 (上部) 和垂直剖面图 (下部) 为了预防季风季节的洪涝,道路和村庄修建在东部堤岸

研究现场位于达卡以南 30 km 的 Munshiganj 区的 Srinagar 村附近 (图 1)。在该地区,只生产冬稻。在该研究现场,单独一个地下水泵通过渠道为许多地块供水,根据

图 2A: 灌溉结束后 1~2 小时稻田水中的砷浓度 ($\mu\text{g/L}$)。2B 和 2C: 沿 2A 所示样条的砷、铁和磷浓度。砷浓度的下降是由于砷与氢氧化铁共沉降引起的



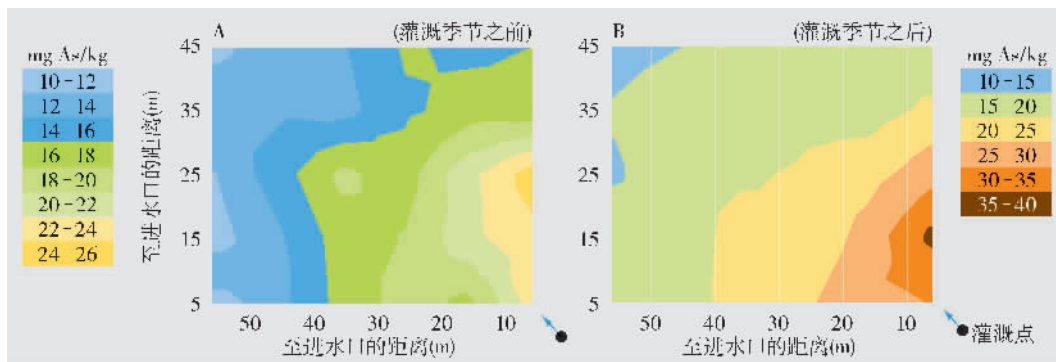


图3 2005年1~5月份灌溉季节之前(A)和之后(B)表土(0~10 cm)中的砷浓度(苏黎世ETH,IBP的Jessica Dittmar, Andreas Voegelin和Ruben Kretzschmar)

需要来开启这些渠道和用粘土关闭它们。在灌溉期间——每一灌溉期持续3~5小时,稻田浸没深度为3~10 cm——稻田保持几天不灌溉,经常到土壤再次干旱为止。

砷粘合于沉降土壤上的氢氧化铁细颗粒 进行了初步的采样活动,目的是为了发现灌溉期间和灌溉后砷发生什么情况。由于砷尤其会与铁和磷酸盐相互作用,所以确定这些物质的浓度也是重要的。另外,还必须考虑到砷以两种氧化态出现:三价砷是在还原条件下稳定的砷。它粘合于矿物表面的能力较弱,所以在水中是移动的。相反,五价砷在氧化条件下占主导地位,它强烈地吸附于矿物,尤其是氧化铁。

一旦接触空气,溶解于缺氧地下水中的二价铁会在30~60分钟内氧化成三价铁。形成褐色的氢氧化铁(三价),它会部分或完全粘合五价砷、磷酸盐和其他以前溶解的物质。我们的研究表明,这些很细的颗粒已开始在水渠中形成,但无法沉淀在快速流动的水中,而是被冲到水稻田中。因此,砷的输入量并不取决于灌溉泵与稻田之间的距离。不过,一旦地下水通过进水口经渠道进入稻田,流速就会下降,水要2~3小时才能到达稻田的远端。这时,氢氧化铁会沉积在土壤表面,所以部分砷从水中被去除(图2)。这导致砷在土壤和水中的不均匀分布。在灌溉后2天,铁、砷和磷酸盐几乎完全从水中消失。灌溉季节末采集的土壤样品中砷的不均匀分布也很明显(图3)。

累积在土壤中的砷在季风季节被重新迁移 稻田被河水和雨水淹没4~5个月的季风季节期间,砷会发生什么情况呢?我们证明:在这一时期土壤中的砷浓度再次大大下降。这可能归因于氢氧化铁的还原性溶解,在这一过程中,吸附的砷也被溶解。洪涝稻田水柱的初步检测表明,部分移动的砷被释放入洪水。2004年和2005年雨季末测量的土壤砷浓度处于相同数量级。不管怎么说,土壤中不均匀的砷分布表明,用富含砷的地下水灌溉(在我们

的研究区,这一做法大约是15年前开始的),已导致一些砷累积。

多少比例的砷被沥滤进较深的土壤层或通过洪水从地表迁移进海洋,尚需详细研究。不管怎样,砷迁移进较深的土壤层可能都会被认为比被洪水水平迁移进海洋要成问题得多。在后一种情况下,砷会被充分稀释,因此不再构成危险。○○○

- [1] <http://www.bangladeshinfo.com/business>
- [2] Kinniburgh D.G., Smedley P.L. (2001): Arsenic contamination of groundwater in Bangladesh, Final Report Summary. British Geological Survey & Bangladesh Department for Public Health Engineering.
- [3] Smith A.H., Lingas E.O., Rahman M. (2000): Contamination of drinking-water by arsenic in Bangladesh: a public health emergency. *Bulletin of the World Health Organization* 78, 1093-1103.
- [4] Ministry of Agriculture Bangladesh (2005): Handbook of Agricultural Statistics. <http://www.moa.gov.bd/statistics/statistics.htm>
- [5] Saha G.C., Ali M.A. (2006): Dynamics of arsenic in agricultural soils irrigated with arsenic contaminated groundwater in Bangladesh. *Science of the Total Environment*, in press, available online 24 October 2006.
- [6] Roberts L.C., Dittmar J., Saha G.C., Hug S.J., Voegelin A., Kretzschmar R., Ali M.A., Badruzzaman A.B.M. (2006): Spatial heterogeneity of arsenic input to paddy soil through irrigation water in Bangladesh. *Conference Proceedings, International Symposium on Environmental Sustainability (ISES)*, February 7-9, Dhaka, Bangladesh.
- [7] Abedin M.J., Cotter-Howells J., Meharg A.A. (2002): Arsenic uptake and accumulation in rice (*Oryza sativa* L.) irrigated with contaminated water. *Plant Soil* 240, 311-319.

分散化制堆肥有经济意义吗？



Silke Rothenberger, 工业与环境工程师, 发展中国家水与卫生局 (Sandec) 固体废物管理项目官员

联合作者: Chris Zurbrügg 和 Christian Müller

在发展中国家,许多小规模试验项目已证明了分散化制堆肥的好处。但全市性的堆肥装置网络的建立会对城市废物管理系统产生什么样的影响呢?以厄立特里亚的阿斯马拉市为例,Eawag的研究人员采用新研制的模型来计算废物流和废物管理成本,并模拟各种可供选择的方案。

可生物降解的废物占发展中国家城市固体废物很大比例,根据特定的发展状况和营养方式,大约占 50%~70%。这些物料的最终归宿一般是垃圾填埋场,结果,宝贵的营养物损失掉了。在这些情况下,分散化制堆肥可以提供很多好处。这类方案涉及具有这种能力的小型设施,每天从附近来源收集多达 3 t 废物,并对之分类和制堆肥。它们不仅在营养物质回收方面具有吸引力,而且还因为它们可改善当地卫生条件,以及减少那些必须通过卡车收集和在垃圾填埋场处置的废物的总量。

一名道路清扫员在收集市场附近的可生物降解的废物



不过,分散化制堆肥设施很少被结合进城市废物处置作业。它们通常仅仅得到当局的允许。但分散化制堆肥可以作为全市废物管理系统中的一个战略要素做出重要贡献。如果要使地方当局相信这些方案的好处,就需要对废物流和相关的费用进行量化。在发展中国家的城市一级很少进行这类分析,这就是 Eawag 这项研究的出发点。

物质流分析和过程费用 所采用的方法结合了物质流分析与费用计算,以便确定制堆肥对城市废物管理所产生的影响。目的是模拟废物流和城市废物处置过程,以及证明废物对这些过程费用所产生的影响。我们模型的强项之一就是,在短时间内,能模拟涉及不同过程的各种情景,例如带有堆肥装置的处置系统或不带有这类装置的处置系统。最后一点是,该模型可以表明这些新的过程和废物流的相关变化会对废物管理的总费用产生什么样的影响。我们在发展中国家城市废物管理现有经验基础上研制的模型,首次在厄立特里亚首都阿斯马拉得到了检验。

降低废物量和运输成本 在厄立特里亚的这项研究是与阿斯马拉大学和城市当局合作进行的^[1-3]。虽然阿斯马拉目前没有任何堆肥装置,但已确认城市周围农业方面对堆肥有相当大的需求^[4]。图 1A 示出了 2004 年为阿斯马拉研制的废物管理模型。城市当局收集和填埋的废物总量为 44 364 t。这包括街道清扫员收集的 17 745 t 废物,主要是尘土、叶子和垃圾。家庭废物要么直接被垃圾

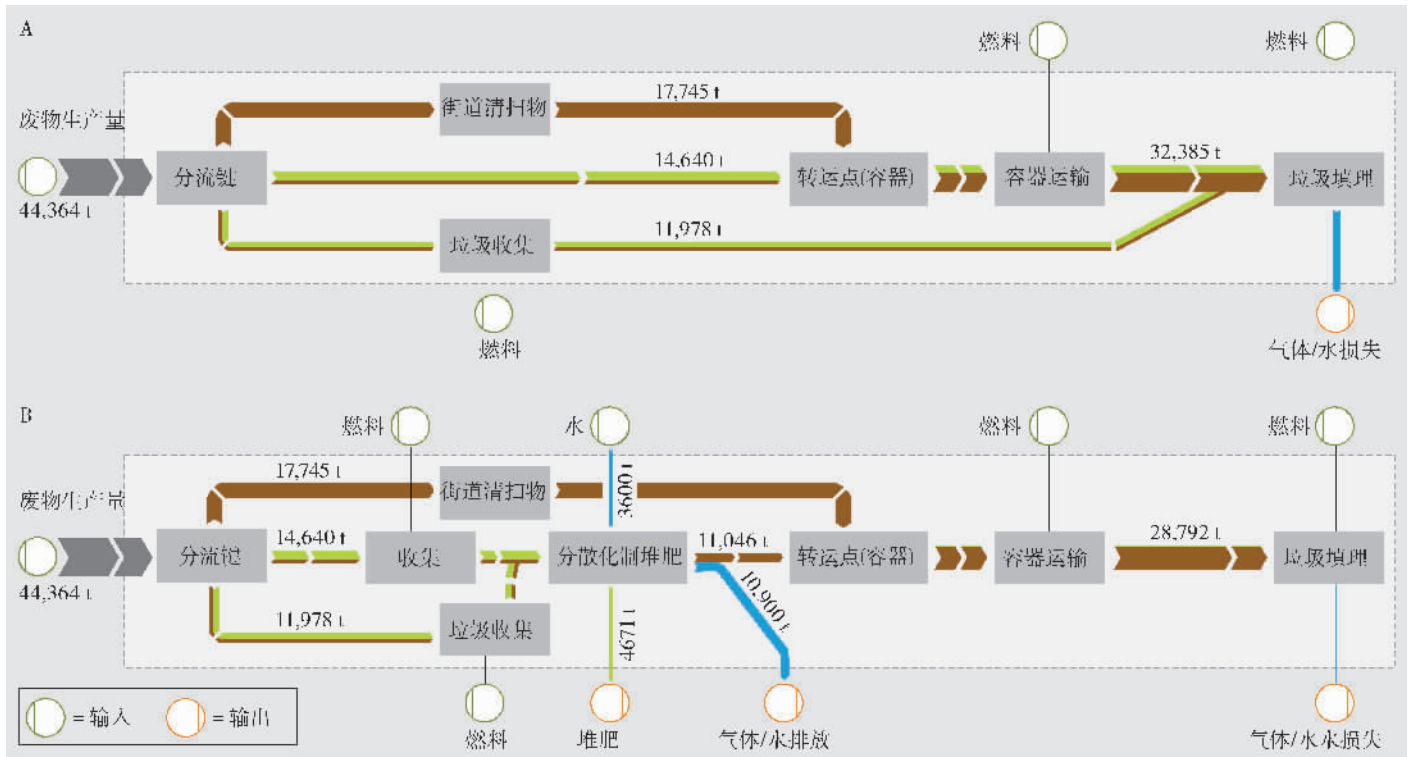


图 1 目前不带堆肥方案的阿斯马拉固体废物管理系统的过程与物质流(A)以及具有分散化制堆肥装置情景下的这类过程与物质流(B)。箭头粗细与废物流成比例。灰色:混合废物;绿色:可生物降解废物;褐色:残余废物

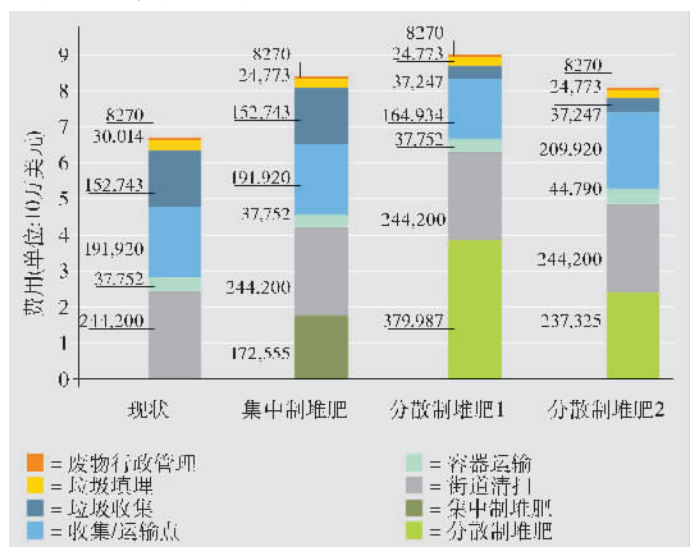
车收集走,要么在社区容器中得到处置,这些容器定期更换。像垃圾车那样,在离该市 6 km 处的垃圾填埋场将这些垃圾桶清空。阿斯马拉所有固体废物中大约 52%是可生物降解和适合制作堆肥的。在计算费用时,该模型还考虑了运输废物所需的燃料以及废物管理的行政费用。

图 1B 示出了这样一种情景:废物在该市许多分散的设施中得到初步分离,有机组分被制作堆肥。只有残余废物和街道清扫物被送往垃圾填埋场。分散化制堆肥使废物量下降 35%——CO₂ 和水蒸汽排放量明显下降——因此降低了运输费用。减少的废物量相当于大约 500 辆卡车的负荷量。另外,垃圾填埋场的运行寿命延长了 30%——对于 20 年的使用寿命来说,这相当于增加 6 年使用寿命。借助于过程费用计算,现在也能用货币的方式表示系统中的这些变化。

额外费用方面的改善结果 在阿斯马拉,废物管理每年大约耗资 67 万美元。与城市当局协商,这些开支按照费用项目(如工资和薪水、维护费、燃料、折旧等)和物质流分析中所确定的过程进行分解。城市官员们获得了一个全新的看法和预料之外的透明度,这被很好地接受了。目前,收集与运输占废物管理预算的 57%(图 2 左侧栏)。

除了现状外,还对阿斯马拉 3 种备选方案的费用进行了计算(图 2)。“集中制堆肥”方案(每天在垃圾场的一个大型堆肥装置中处理 180 t 废物)表明,年费用约增加

图 2 厄立特里亚阿斯马拉现有废物管理系统以及涉及制堆肥计划的 3 种方案的过程费用分析





阿斯马拉的垃圾收集:当听到垃圾车信号时,妇女和儿童将家庭废物送出来

16.7 万美元。“分散制堆肥 1”方案设想全市有 60 个小堆肥装置在运行。在这一情况下,预计额外费用为 21.3 万美元;这些主要归结于劳动力密集的作业。相比之下,在“分散制堆肥 2”方案(参看图 1B)之下,分散堆肥装置只处理来自家庭的废物。来自街道清扫的废物被分开收集,并直接在垃圾填埋场处置。因此,处理这些剩余废物只需要 36 个(而不是 60 个)装置。在这种情况下,总费用仅增加 14 万美元,低于“集中制堆肥”方案。就整个管理系统来说,当分散制堆肥限于选出的具有高比例可制堆肥物料的废物流时,它看起来可能是有利的。费用较低主要是由于收集和运输方面的节省:与目前的情况相比,它们差不多下降 30%。

费用计算提高了透明度 费用分析表明,废物管理系统的任何改善,无论它涉及集中制堆肥还是分散制堆肥,都会带来额外费用。不过,所涉费用的细分使得能够评价这两种系统的相对优缺点。虽然大量分散制堆肥装置的运行费可能会高于单一的集中设施,但分散制堆肥方案下的运输费用较低。在费用最低的“分散制堆肥 2”方案(图 2 右侧栏)中,可以节省多达 11.33 万美元。这些节省再加上堆肥销售的潜在收入(大约 6000 美元/年),可抵补分散制堆肥装置的一半费用。在集中堆肥方案之下,这种费用抵补是不可能的,因为在这种情况下运输费用保持不变。

与分散制堆肥相关的一个进一步的好处是这一现实:它缓解了对废物管理中最弱的环节——运输的压力。对于很多发展中国家来说,垃圾收集车辆的运行和维护在技术和财政方面都是一项重大挑战。就阿斯马拉来说,采用分散制堆肥可以解放现有的运输能力,从而让废物管理服务扩展到该市的其他地区。一旦垃圾填埋场的能力被耗尽以及必须在离市中心更远的地方建立新的垃圾填埋场,运输问题就会加剧。在分散制堆肥计划方面投资,可能会比在运输车队或填埋场方面花费更好。Müller 的研究中有该系统的详尽分析^[1]。

物质流分析与费用计算:是一种规划手段吗? 这里所描述的方法不仅能预测废物管理系统方面的变化的财政结果,而且还可为城市规划活动提供支持。不过,最初发展中国家的很多城市当局要求仔细解释它们不熟悉的概念——废物流的表示以及各个过程的费用分配。目前,正在与阿斯马拉和其他城市的有关当局讨论如何实施这项研究成果的问题。它们对将该模型扩展到地区废物管理系统的可行性尤为感兴趣。 ○○○

- [1] Müller C. (2006): Decentralised composting in developing countries – Financial and technical evaluation. Diplomarbeit, Sandec, Dübendorf, 85 p.
- [2] Kubrom T., Mehari S., Wegmann M. (2004): Economic valuation of decentralised composting – Case study report of Asmara, Eritrea. University of Asmara, College of Asmara, 80 p.
- [3] Drescher S., Müller C., Kubrom T., Mehari S., Zurbrügg C., Kyzia S. (2006): Decentralised composting – Assessment of viability through combined material flow analysis and cost accounting. Proceedings, Orbit 2006 Conference, Weimar, pp. 1215–1227.
- [4] Drescher S., Ogbazghi W., Mehreteab T.M., Kubrom T., Mehari S. (2005): Benefits and risk of the use of organic matter from the Asmara landfill in agriculture, Final Report, Sandec, Dübendorf, 79 p.



Hans-Joachim Mosler, 苏黎世大学社会与环境心理学教授, Eawag 社会系统模拟研究组负责人

古巴圣地亚哥的废物流

废物是发展中国家的一个疑难问题。由于生活水平的上升,废物量也在增加。废物常常被简单地倾倒入垃圾填埋场,而不是被适当处置。古巴圣地亚哥也是这种情况。公众怎样做才能阻止这种废物潮呢?

圣地亚哥是古巴的第二大城市,拥有大约 50 万人口。虽然它拥有较有效的城市废物收集系统,但缺乏合适的处置设施,例如焚烧、沼气或堆肥装置。惟一的选择就是填埋——对环境和人类健康带来明显的影响:除了土壤污染、水污染和大气污染外,这些填埋场也是啮齿动物和鸟类传播疾病的源头。

在可预见的未来圣地亚哥没有任何建设废物处置设施计划的情况下,出现了这样一个问题:家庭可以采取什么样的措施来尽量减少需填埋的废物的数量。为了回答这一问题,在与我们的古巴项目伙伴——圣地亚哥 Oriente 大学社会学研究所合作下,进行了物质流分析和家庭级调查^[1-4]。

废物管理利益攸关方 由于古巴遭受资源严重短缺之苦,所以国家在促进回收利用的活动方面投入大量资

金。玻璃、塑料、各种金属、纸和硬纸板都被看作是宝贵的资源,已经努力在尽可能多地加以回收利用。为了获得物质流的综合情况,我们初步确定了当地废物管理利益攸关方:

- ▶ 废物是由各个家庭产生的。
- ▶ Servicios Comunes 每周 2~3 次用敞棚卡车收集家庭废物。被垃圾收集者认为有价值的范围有限的物料被分离出来,并被卖给称之为 Casas de Compra 的回收中心。
- ▶ 可回收的废物也可由公众卖给 Casas de Compra: 例如,20 个空的 1.5 升对苯二甲酸乙二醇聚酯(PET)瓶可以换取一瓶满的。
- ▶ 拥有广泛职能的 Comité de Defensa de la Revolución(一种社区级政治组织),不时号召居民们捐献用于回收利用的物品。
- ▶ Casas de Compra 和 Comité de Defensa de la Revolución 都将可回收的物品送往被称为 Materias Primas 的废物分离中心机构,它们对这些物品进行分类,然后将其送往工厂处理。

学生们在参与这项调查的住户家称废物



废物的实际数量及处理 为物质流分析提供基础的数据是从 1180 户家庭收集来的——与圣地亚哥有关的代表性样品。这项研究首先包括废物量的直接测量。为此,每户家庭收到 7 只塑料袋,这些塑料袋被用来收集一周内的塑料、铝、其他金属、纸和硬纸板、有机材料、玻璃以及其余废物。周末,学生们到各户去用弹簧秤称这些塑料袋。

另外,还借助于标准化的调查表对这些家庭进行调查。这种调查表包括的细目如废物产生量和处置方法、对现有废物管理系统的满意度以及改进意见。随后以图表的形式对这些数据进行归纳,这些图表显示废物所采取的各种途径(图 1+2)。

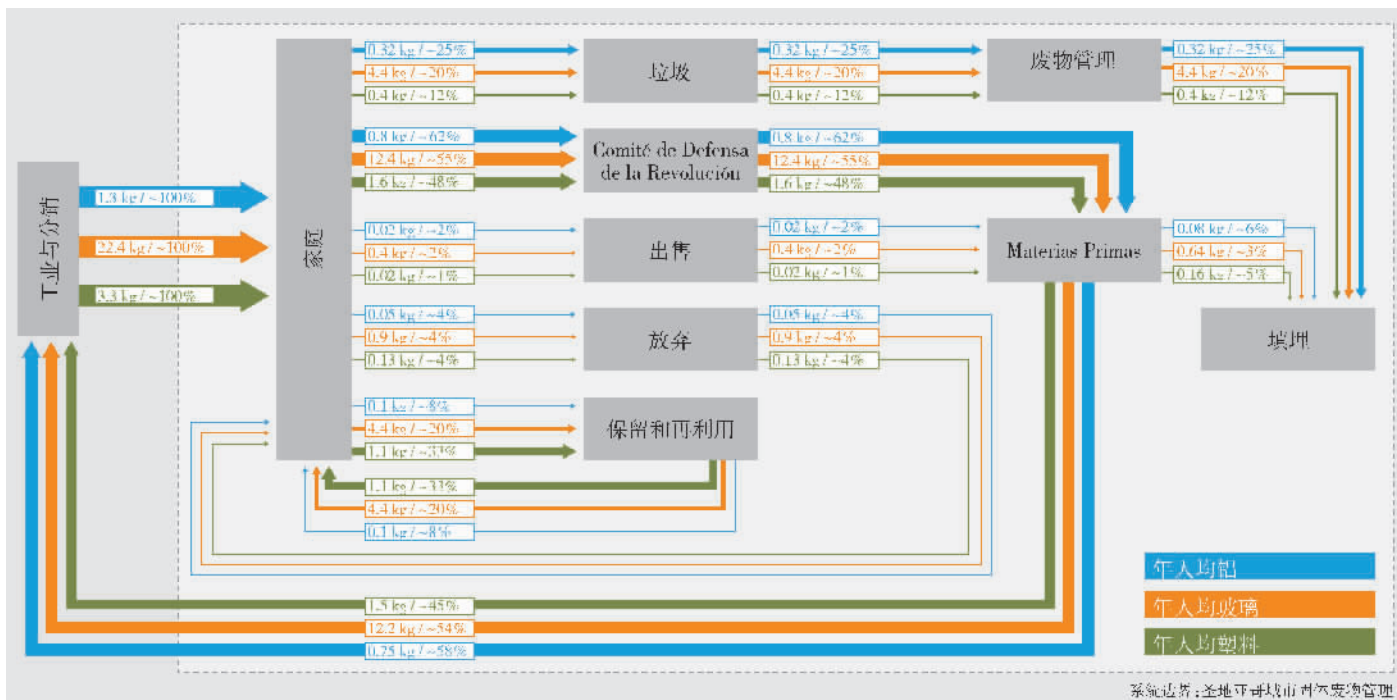


图 1 来自圣地亚哥 1180 户家庭的玻璃、塑料和铝的处置途径。箭头粗细与百分率成比例

高的回收利用率 大比例的可回收废物被捐献给 Comité de Defensa de la Revolución——55%的玻璃、48%的塑料以及 62%的铝(图 1)。尽管古巴的收入较低,但卖给 Casas de Compra 的废物量极少。另有 24%的玻璃、37%的塑料和 12%的铝在家中重新使用或送给其他家庭。例如,PET 瓶和玻璃瓶常常被用贮存液体。剩余 20%的玻璃、12%的塑料和 25%的铝被扔掉(图 1)。

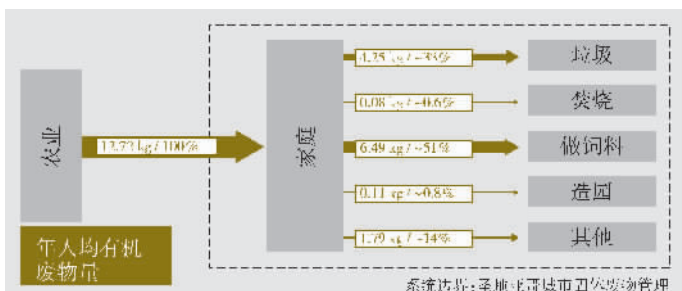
因此,圣地亚哥达到的回收率可与欧洲领先国家——瑞典和德国相比:玻璃 79%(瑞典为 95%,德国为 83%),塑料 88%(瑞典为 71%,德国为 64%),铝 74%(瑞典为 75%,德国为 78%)。这些回收利用率无疑归因于各

种因素的结合——资源稀缺的历史、国家促进环境意识以及社会压力。例如,人们的环境意识被这一事实所反映:80%以上的响应者认为环境无害化废物处置非常重要。社会压力的程度可以通过大比例可回收物品提供给 Comité de Defensa de la Revolución 来判断,尽管很多这些废物实际上是可以卖钱的。

有机废物大部分喂养牲畜 50%以上的有机废物被用来喂养动物(图 2)。在圣地亚哥,人们广泛养鸡和养猪,即使在市中心也是如此,差不多 40%的家庭饲养自己的动物或他人的动物。这些动物关养在后院、阳台上、厕所里或简单地分享它们主人的宿舍。

另一大部分有机废物作为垃圾被收集。少量被焚烧或在庭院或其他地方被处置。在圣地亚哥,制堆肥实际上是不为人们所知的,在古巴全国可能也是如此。

图 2 圣地亚哥 1180 户家庭的有机废物(水果和蔬菜不可食部分以及食品废料)的处理



未来措施中应考虑的心理问题 虽然物质流分析为未来的废物管理提供了必要的基础,但如果要制定合适的措施,那么了解公众对可能的新的回收利用的方法的态度,将是很重要的。否则就会存在这种危险:“改善”将不会被人们所接受。为此,调查表中包括了一系列其他项目:



即使在市中心也养猪——需要的话,关养在厕所里

- ▶ 意愿:乐意还是不乐意回收/制堆肥/重新利用你的废物?
- ▶ 费用价值比:回收/制堆肥/重复/利用你的废物更多的是一种努力还是一种利益?
- ▶ 困难:你认为回收/制堆肥/重复利用你的废物困难吗?
- ▶ 名誉:如果你回收/制堆肥/重复利用你的废物,你的朋友会怎么看你?

表 1 家庭废物管理方法调查中所调查的各种因素的平均值(标准差)N=所调查家庭的数目(关于回收利用、制堆肥或重复利用的调查表按平均比例发给 1180 户家庭,但 3 个组都没有 100%的回报率)

	回收利用	制堆肥	重复利用
因素	N=299	N=347	N=289
意愿			
-3 非常不乐意			
0 中性	1.57	2.28	0.63
+3 非常乐意	(1.38)	(1.02)	(1.18)
费用价值比			
-3 更多的是努力而不是利益			
0 努力和利益相等	2.42	2.46	1.64
+3 更多的是利益而不是努力	(1.09)	(0.99)	(1.48)
感觉到的声誉			
-3 非常负面的声誉			
0 中性声誉	0.91	1.56	0.72
+3 非常正面的声誉	(1.10)	(1.08)	(0.87)
感觉到的困难			
0 无困难	1.11	0.95	0.55
+3 非常困难	(1.19)	(1.23)	(0.89)
意向			
0 无意向	2.75	2.65	2.23
+3 很高的意向	(0.56)	(0.65)	(0.84)

▶ 意向:你会回收/制堆肥/重复利用你的废物吗?

答复表明,人们认为增加家庭中的重复利用比较容易实施(表 1)。不过,与其他回收利用方法相比,重复利用往往被看作不太乐意,愿意这么做的程度更为有限。这可能是由于这一现实所致:重复利用被认为不太值和不太利于提高名声。就分类和制堆肥来说,公众显示了高度的意愿,但他们认为难以实施。根据这项调查,这尤其是因家庭中缺乏用于分开贮存物料的容器和空间所致。

需要更多回收利用和制堆肥 我们的发现得出的总的结论是,通过增加分类努力和推广堆肥制作,可以降低圣地亚哥家庭废物的产生量。不过,促进家庭内的重复利用可能是不可行的。

在目前正进行的该项目第二阶段中,正在检验促进废物分类和制作堆肥战略:

- ▶ 个人承诺:家庭可以对废物分类做出自觉承诺,并用一种标志来发出这一信号——“本户家庭的废物是分类的”。
- ▶ 提示:在废物需分类的地方可以贴上对分类提供指导的通告。
- ▶ 信息:可以使人们熟悉制作堆肥的原理。
- ▶ 提供基础设施:例如,可以安装容易接触的堆肥仓。

最后,在该项目的第三阶段,将成功的战略应用于圣地亚哥全市。如果它证明能够通过促进家庭级简单的行为变化来减少废物的产生量,这将是一项重大成果。尽管圣地亚哥的居民们在回收利用方面已经相当熟练,但额外每一吨不运往填埋场处置的废物都能说明是一种成功。



- [1] Binder C., Mosler H.-J. (in press): Waste – resource flows of short-lived goods in Santiago de Cuba. Resources, Conservation and Recycling.
- [2] Mosler H.-J., Drescher S., Zurbrügg Ch., Caballero Rodríguez T., Guzmán Miranda O. (2006): Formulating waste management strategies based on waste management practices of households in Santiago de Cuba. Habitat International 30, 849–862.
- [3] Mosler H.-J., Tamas A., Tobias R., Caballero Rodríguez T., Guzmán Miranda O. (2005): Produced household waste and the recycling and disposal strategies of the population of Santiago de Cuba. Available as CD: Conference Proceedings: Waste the Social Context. Edmonton, Alberta, Canada.
- [4] Mosler H.-J., Tamas A., Tobias R., Caballero Rodríguez T., Guzmán Miranda O. (in press): Deriving interventions on the basis of factors influencing behavioral intentions for waste recycling, composting and reuse in Cuba. Environment & Behavior.

塔钦河的营养物超负荷



Monika Schaffner, 地理学工作者和博士生, Irene Wittmer, 环境科学家, 发展中国家水与卫生室 (Sandec) 的前硕士生
联合作者: Ruth Scheidegger

日益集约化的农业作业已导致泰国塔钦河水质明显退化。一个主要问题是高浓度的营养物。根据我们的模型——基于物质流分析——集约水产养殖占营养物输入量的很大比重。

带有众多天然支流和人工支流的塔钦河, 缓慢地和严重分流地流过水稻和甘蔗集约种植区、水果和蔬菜种植场、养猪场和养鱼场, 最终流过位于曼谷西部边缘的城市近郊区。该河沿途一直曝露于高浓度的营养物输入。2002年, 大规模死鱼发出了警报, 政府和文明社会一同制定了改善该河水质的行动计划。虽然设想了雄心勃勃的措施, 但不清楚首先应抓住什么以及如何才能更有效地使用有限的财政资源和人力资源。作为 NCCR 北南研

究规划的一部分^[1], Eawag 目前正在为这些有关的营养物研制一个物质流模型。该模型可以确定营养物污染的主要来源以及确定可能的缓解措施。

塔钦河物质流模型 我们的研究基于塔钦河流域物质流分析(图 1)^[2], 氮和磷被选作营养物超负荷的指标。第一步, 确定导致塔钦河营养物累积的过程。主要影响活动是:

- ▶ 农业——水稻、糖蔗、蔬菜和水果生产;
- ▶ 饲养业——猪、禽类和鱼养殖;
- ▶ 工业;
- ▶ 家庭。

然后, 在对这一系统认识的基础上制定该模型, 这些认识是通过实地观察、文献查阅以及与公众和专家讨论获得的。用作模型参数的数据是通过国内和国际统计和文献以及地区研究项目获得的。在没有数据的情况下, 先用估计值填补空白, 后来再用更准确的信息来替换。数据收集是一个互动过程: 不断加工和更新数据, 直到模型计算产生足够的准确度。为整个流域研制的基本模型(图 1)随后可根据需要应用于低级空间单位。这是一种优点, 因为塔钦河流域的土地利用分布不均, 所以能够更准确地代表特定地区的情况。

初步模拟结果表明, 水产养殖是大量氮和磷释放入塔钦河的原因。养猪和集约农业也对营养物平衡产生重大影响。

塔钦河上的水产养殖 为了更深入地了解养鱼场中

集约化养鱼是塔钦河营养物超负荷的主要原因之一



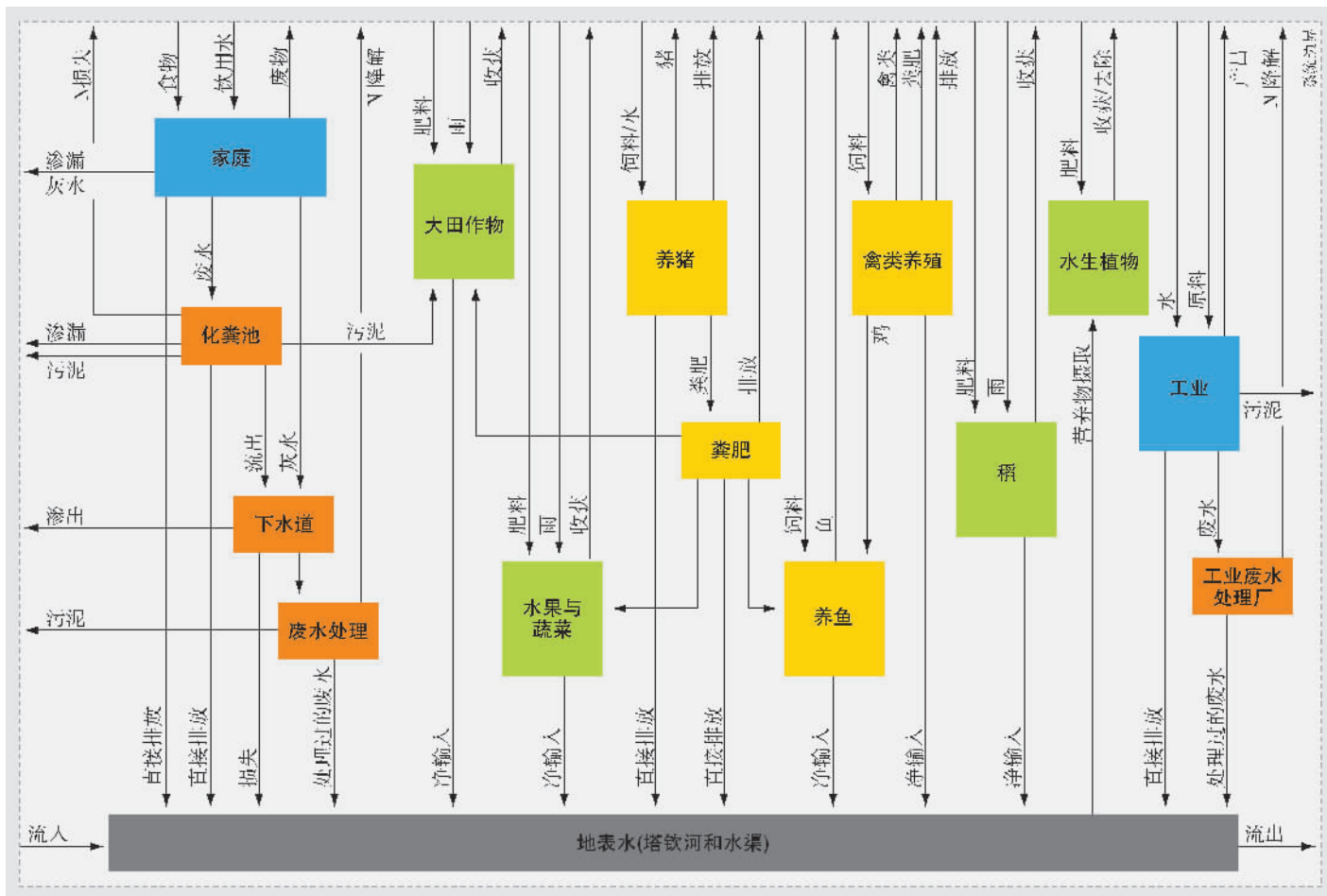


图 1 塔钦河流域图形系统分析 方框=影响塔钦河营养物负荷的过程;箭头=营养物流

的物质流,我们制定了一个详细的亚模型^[3]。在塔钦河流域,养鱼塘引人注目。几个养鱼塘(每个面积为 1~4 公顷)常常集中在一起,仅仅只用窄窄的地条分开。这里养的鱼包括罗非鱼属(尼罗罗非鱼,也称为圣彼得鱼, *Oreochromis niloticus*) 丽鱼科鱼、黑鱼(*Channa striatus*)以及鲶鱼(*Clarias batrachus*)和虎虾(*Penaeus monodon*)。虽然塔钦地区只有少数鱼塘用于养殖鲶鱼,但所产鲶鱼的重量是罗非鱼的 2 倍。集约式鲶鱼养殖很容易通过所用饲料的气味来识别,其饲料为劣质老海鱼。养虾也大规模进行,泰国 30% 以上的虎虾生产基于塔钦地区。相比之下,黑鱼的养殖规模较小。

水产养殖过程是循环式的。一旦鱼可以出售,它们将被捕捞,鱼塘的水被泵入最近的沟渠。通过这一途径,营养物最终进入塔钦河。

制定了物质流模型,以便应用于任何一种鱼养殖。目的是对通过饲料进入该系统的氮和磷的量、鱼和浮游植物所摄取的氮和磷的量以及最终排入塔钦河的氮和磷比例进行大致量化。一些所需的输入数据是通过采访方

式收集的;我们进行了现场访谈,询问渔场主们使用多少饲料以及他们是如何管理鱼塘的。例如,我们了解到每天要更新养虾塘和鲶鱼塘中的一部分水。但在罗非鱼塘中,只补充因蒸发和渗漏而损失的水。其余数据来自当地统计资料或科学文献。

水产养殖:对塔钦河营养物负荷的重大贡献者 由于塔钦河流域养鱼场中营养物流差异很大,所以对每种主要养殖——鲶鱼、罗非鱼、黑鱼和虾进行单独计算。为了说明这些结果,图 2 示出了与鲶鱼养殖有关的氮、磷流。只有少部分氮饲料输入被鲶鱼所摄食,而大部分(每年 14 t 中的 11 t)被直接冲入与塔钦河相连的水道中。为了计算因鲶鱼养殖而排入塔钦河的营养物的总负荷,根据该流域总的养殖面积外推出相关数字。结果表明,每年大约 10 000 t 氮和 3000 t 磷中的大部分通过水产养殖被排入塔钦河。塔钦河流域来自水产养殖的年营养物总负荷——15 000 t 氮和 3600 t 磷——中,鲶鱼养殖场占最大的比重。

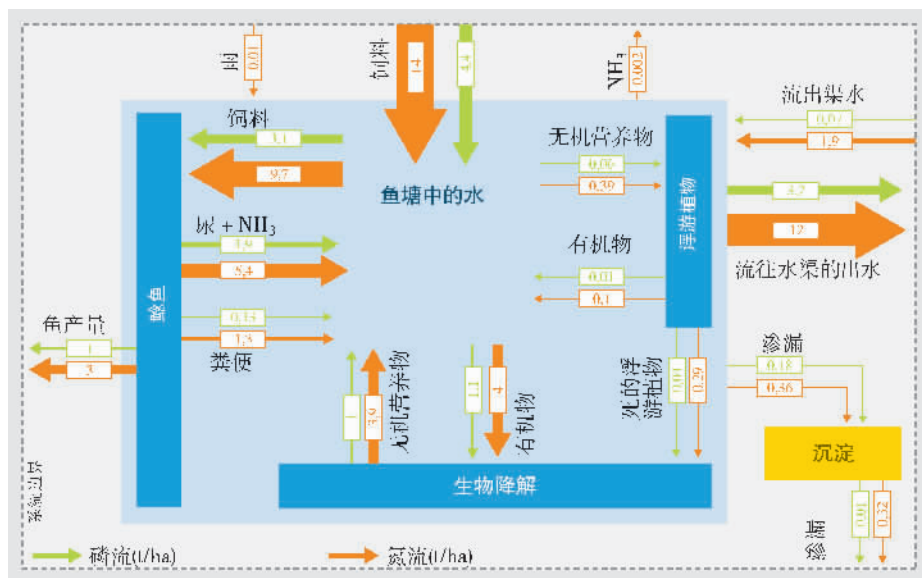


图2 鲶鱼养殖子系统氮流、磷流

影响营养物负荷的主要因素 借助于敏感度分析(参见第4页主要文章),在这一分析中,输入值是不同的,我们确定了影响来自水产养殖子系统的营养物负荷的主要因素。

► **饲料数量:**在水产养殖中,为了最大限度增加产量,过度喂饲料是一种常见的做法。不过,由于鱼只能摄取相当于其体重一定比率的饲料,所以剩余的饲料浪费掉了。为了确保合适的喂养水平,渔场主需要定期确定他们鱼的重量,并且了解大致的尾数。

► **饲料的营养含量:**如果养殖依赖于新鲜产品,那么就无法改变营养物组分。相比之下,如果使用人工饲料,就能大大降低磷含量。因此,根据我们的计算,来自饲料依靠粪肥而不是人工干饲料的罗非鱼养殖的磷负荷,可以从30 kg/t 鱼降低到3 kg/t 鱼。另一方面,氮浓度是无法改变的,因为它们是由所需蛋白质含量来确定的。

► **为了收获,鱼塘排水:**在收获时节,通常将鱼塘水排干,以便渔场工人进入捉鱼。结果,富含营养物的沉积物被搅拌起。最后,它与剩余的水一起被有意泵入最近的水沟。这样做是为了防止鱼塘中的沉积物累积。因此,塔钦河不仅曝露于连续不断的营养物输入,而且还定期曝露于氮和磷的峰排放。如果将这些沉积物撒在农田上而不是排入水道,那么就能大大降低营养物负荷。但不清楚是否能改变这种做法。

利益攸关方参与规划 为了最佳利用研究区物质流

分析结果,社会和企业需要参与改善水质措施的设计。因此,将邀请所有相关团体的代表参与专题座谈会的圆桌讨论。在估计的物料和确定的主要因素的基础上,可以确定和评估特定的措施。已知水污染控制的冲突性压力、可行性和社会经济考虑,利益攸关方就能共同确定最合适和最有效的措施。

MFA 扩展到其他污染物 虽然我们的研究对塔钦河流域的营养物流进行量化,但它不涉及其他物质——如重金属、农药或激素——它们当然也对该河的污染起重要作用。不过,在讨论改善水质的合适措施时,需要考虑所有成问题的物质。所以将这种分析扩展到包括那些尚未被研究的污染物是合理的。○○○

[1] <http://www.nccr-north-south.unibe.ch>
The National Centres of Competence in Research (NCCR) are research instruments of the Swiss National Science Foundation. The NCCR North-South is co-funded by the Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC).

[2] Schaffner M. (2005): Assessment of water quality problems and mitigation potentials by using material flow analysis – A case-study in the Tha Chin River basin, Thailand. In: Proceedings of the «International Symposium on role of water sciences in trans-boundary river basin management». Ubon Ratchathani, Thailand.

[3] Wittmer I. (2005): Modeling the water and nutrient flows of freshwater aquaculture in Thailand: Diplomarbeit, Eawag, ETH Zürich, 66 p.

关闭磷循环



Agnes Montangero, 环境工程师与博士研究生, 发展中国家水与卫生室(Sandec)
联合作者: Roland Schertenleib, Hasan Belevi

在越南河内,水体被废水中排放的高浓度营养物所污染。与此同时,该地区农业使用化肥。我们新的规划工具指出了可持续管理营养物资源和减少水污染应设立的重点。

据越南首都河内市郊 Dong My 地方当局一位官员称,“这条河已受到严重污染,以致于不再能从这里抽取养鱼塘所需供水。”事实上,地表水富营养化是该地区主要问题之一。但如何才能降低河流和湖泊中的营养物负荷呢?我们与越南伙伴组织协作,已研制出一个数学模型,用于预测可能的措施对水和营养物流产生的影响。这个基本上适用于发展中国家城市地区的模型,包括了来自供水、液体废物和固体废物管理以及农业部门的数据。它在河内省一项特别集中于磷流的实例研究中得到了检验。

因人口爆炸所致的水污染 最近几十年,河内人口和经济已随着快速工业化明显增长了。这些过程与资源耗费和环境污染的增加密切相关。排入水体的废水已增加,与此同时,扩增的人口依赖于来自城市外围农业的粮食供应。结果,化肥使用量增加了,从而导致了磷消费量的增加。不过,如果目前的开采速率继续下去的话,那么,全球已知的磷储量可能会在 50~100 年内被耗尽^[1]。

所以使用我们模型的目的是,详细分析这一系统中的磷流(图 1),接着证明选出的极端方案对地表水磷输入以及对农业使用的磷回收所产生的影响。为此,我们研究了各种参数的影响,例如居民人数、卫生系统的类型、耕作面积以及牲畜数量。该模型旨在为当地行动制定合适的措施提供支持。

通过引出专家判断来填补数据空白

在发展中国家,可靠的数据总是不容易获得的。另外,现有资源常常不足以允许进行系统性检测。为了避免误解,允许不确定性是必要的。填补数据空白的一个有希望的方法涉及专家主观判断的引出。这一过程中获得的机率分布描述了关于一个给定值的认识现状。贝斯定理统计技术证明如何才能在新发现(如随后数据收集努力的结果)的基础上减少所描述的不确定性^[2]。无法通过现有数据量化的参数可以通过引出专家判断来估算。在这一项目中,“化粪池”过程的磷转换系统值是通过专家启发大致计算出的。

一个扩展的城市:河内周边地区融合了乡村特色和城市特色



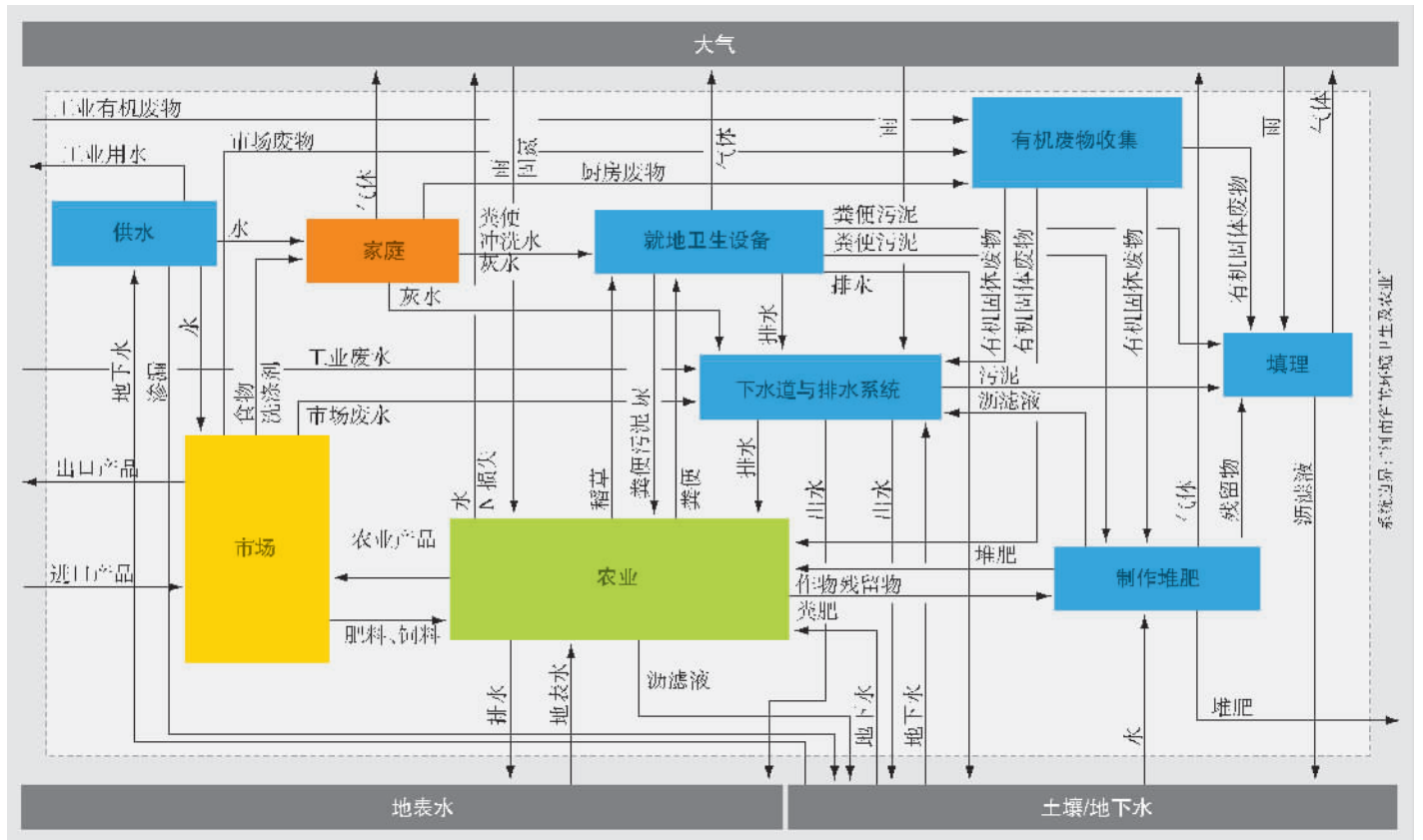


图1 河南省供水、卫生、固体废物管理和城市周边农业过程(方框)和物质流(箭头)以及它们的环境影响

家庭废物：磷输入的主要来源 该模型试图描述那些影响地表水磷负荷输入的过程和物质流^[3](图1)。在我们的计算中,家庭废水被确定为主要来源:来自化粪池的废水和灰水(洗衣、厨房和洗澡废水)通过路边的排水沟进入地表水:它们共占磷总负荷的94%(图2)。卫生系统的类型对这一负荷产生决定性影响。这一磷负荷中只有一小部分被回收用于粮食生产。这特别是由于农民只在干旱季节将来自排水沟的废水用于灌溉和用作肥料。在雨季(5~10月份),农田不需要灌溉,所以所有排放水都未经使用地流入河道。

化粪池中磷的无效滞留 在河内,多数建筑物都与化粪池相连,化粪池收集来自厕所的废水。这些简单的家庭污水处理系统由一个室或多个室组成,废水流过这些室。在这一过程中,固体沉淀和累积在池底,废水中含有的一些有机物质被微生物所分解。接着,预处理的废水排入路边的露天排水沟,然后进入最近的接受水体。需定期

将累积的固体物从化粪池中清除出来加以处理。在河内市,这种污泥一般在填埋场处置,而在城市周边地区,这常常被用作有机肥。

不过,多数磷包含在化粪池废水中。这可以通过这一现实来解释:人类排泄的磷中50%~80%在尿中^[4],尿中的磷是水溶性,因此,只有11%~27%的磷以固体形式滞留在化粪池中。其余磷则随液体流出物离开化粪池。

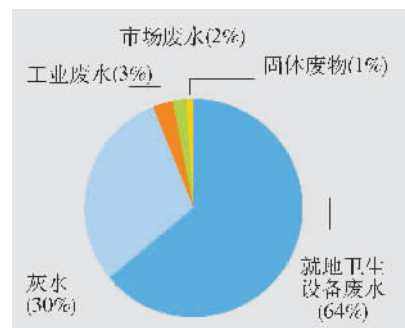


图2 各种来源对河内地表水中磷总负荷的相对贡献率



带有尿分离的双坑厕所(越南):厕所地上带有至两个粪便室的孔穴、一个尿分离沟和一个尿罐

通过尿分离抽水马桶关闭磷循环 不同的卫生系统能更有效地滞留磷吗?我们发现,北越以前广泛分布的所谓双坑尿分离厕所大大优于化粪池。这些系统由两个用于粪便的室组成(用于周转),一个专门设计用于尿分离的厕所板和一个用于集尿的容器。定期将灰加入排泄物,以促进干燥过程和中和气味。当一个室满时,使用另一个,粪便/灰混合物在第一个室内存放大约一年。在这一期间,寄生微生物死光,从而大大减少了与该混合物重新用作农业肥料相关的健康风险。同时,可能对尿进行稀释,并可能将其用于灌溉。这种厕所系统能够保留所有营养物,人类排泄物中所含的磷(尿贮存期间挥发的少量氮除外)。这些营养物可以取代农业中所用的部分化肥。这不仅可以减少进入地表水的营养物流,而且还可以减少对化肥的需求。

我们的模型还可以对实际能减少的对地表水磷输入的程度进行量化。例如,假定河内的化粪池都被双坑尿分离厕所取代,每年进入地表水的磷负荷可能从 1570 t 减少到 905 t,即下降 42%。再者,由于有机肥的额外回收,每年所需的人造磷肥的量可能从 2800 t 降至 1200 t,下降 57%。

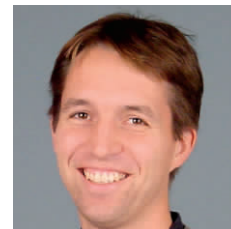
需要综合规划方法 如果要进一步为河内或为发展中国家的其他城市制定诸如涉及尿分离的方案,那么需要对许多额外的问题加以研究,例如,使用者对新的卫生设施的接受程度如何?它们的费用如何以及在何种程度上可接受额外的费用?长期存在尿和卫生化的粪便物市场吗?因此,我们的目的是,将物质流模型结合进一种综合规划方法,然后这可以在进一步的实例研究中用其他参数来检验。不过,只有当居民、当局和其他利益攸关方参与这一规划过程,才能实施合理的卫生设施的提供与资源合理管理相结合的合适的方案。这一地区的当局一定会准备在这种试验性方案方面进行协作,因为已知水污染问题的紧迫性以及这一现实:养鱼是该地区很多城市周边区的主要收入之一。

本项目是在与下列越南河内伙伴合作的情况下进行的:亚洲理工学院越南中心(AITCV);河内市政工程大学城市与工业区环境工程中心(CEETIA);国家土壤与肥料研究所(NISF)。



- [1] Cordell D. (2005): Phosphorus – the forgotten ingredient in Food Security. Prepared for the Masters of Water Resources & Livelihood Security, Department of Water & Environmental Studies, Linköping University.
- [2] Morgan M.G., Henrion M. (1990): Uncertainty. A guide to dealing with uncertainty in quantitative risk and policy analysis. Cambridge University Press. Cambridge, UK, 332 p.
- [3] Baccini P., Bader H.P. (1996): Regionaler Stoffhaushalt – Erfassung, Bewertung, Steuerung. Spektrum Akademischer Verlag GmbH, Heidelberg, 420 S.
- [4] Jönsson H., Richert Stintzing A., Vinnerås B., Salomon E. (2004): Guidelines on the use of urine and faeces in crop production. Report 2004–2. EcoSanRes Publications Series. Stockholm Environment Institute, 35 p.

基伍湖深处气体的危险累积



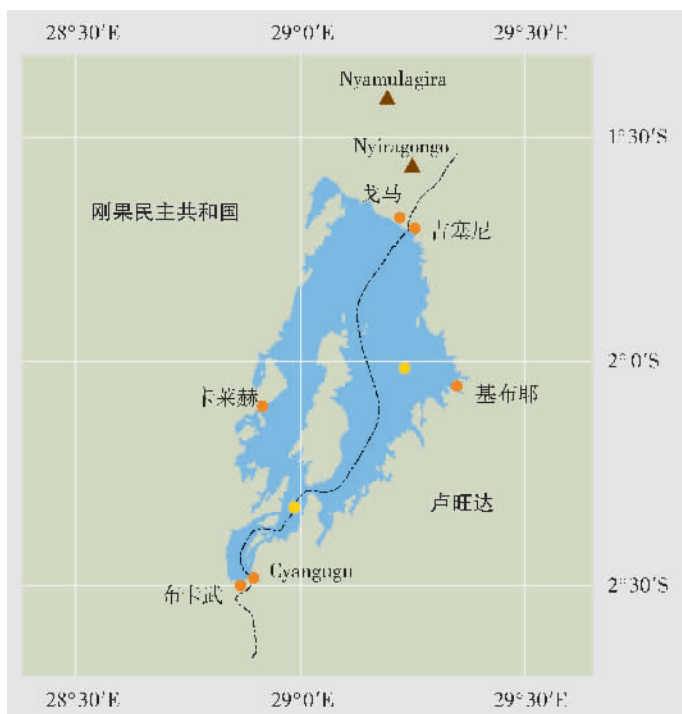
Martin Schmid ,
环境科学家,地表水室成员

基伍湖（民主刚果/卢旺达）深水中含有大量二氧化碳和甲烷。如果这些气体到达湖水表面，它们将会危及湖岸居民的生命。Eawag 进行的测量现已证明甲烷浓度的意外增长，这表示气体喷发的风险增加。

在卢旺达的基伍湖，没有什么表明这是一个世界上最不寻常的湖泊之一。尽管山坡上生长着香蕉和木薯植物，而不是生长着山毛榉和松树，但景观多少会使人想起瑞士阿尔卑斯山脉丘陵地带的湖泊。在远处，有时能看到

Nyiragongo 山，它高于该湖北端刚果的戈马市。2002 年 1 月，戈马市大部分被 Nyiragongo 山火山喷发所摧毁：从火山侧面喷出的熔岩高速流过该市中心，一些熔岩流还进入了基伍湖。除了熔岩流所致的破坏之外，当时，人们还担心会触发气体喷发。这些是基于这一现实：基伍湖深水中包含有大量溶解的二氧化碳气体和甲烷气体。2002 年火山喷发后不久，组织了一次紧急测量（有 Eawag 参与），目的是为了调查熔岩流对该湖分层的影响。这接着导致了 Eawag 一个旨在研究该湖气体浓度的项目，在什么情况下会发生气体喷发以及营养物循环与该湖中的气体形成有何种关系。

图 1 基伍湖地图，示出了主要城市、2 座火山以及该湖上安装的系船设备的位置（黄圈）



气体喷发：对当地居民构成的主要危险 当 400 m 深处的水被带到基伍湖表面时，它就像一瓶开盖之前已被振荡的碳酸水那样泡沸。因为深度差不多 500 m 的该湖的分层极端稳定，所以湖面水与湖底水的交换非常有限，因此只会产生如此高浓度的气体。气体能够累积在深水中达数百年之久。

基伍湖总共含有大约 60 km³ 的甲烷和 250 km³ 的二氧化碳。如果将这种气体分布于该湖表面，它将会产生一个 100 多 m 厚的气体层。即使这一总量中只有一部分从该湖中喷发出，它也会对生活在该湖沿岸的 200 万人产生高度危险。由于二氧化碳比空气重，它会在该湖上形成一个毯状物，人类呼吸空气中即便不到 10% 的浓度也是致命的。1986 年 8 月，喀麦隆小得多的尼奥斯湖这种气

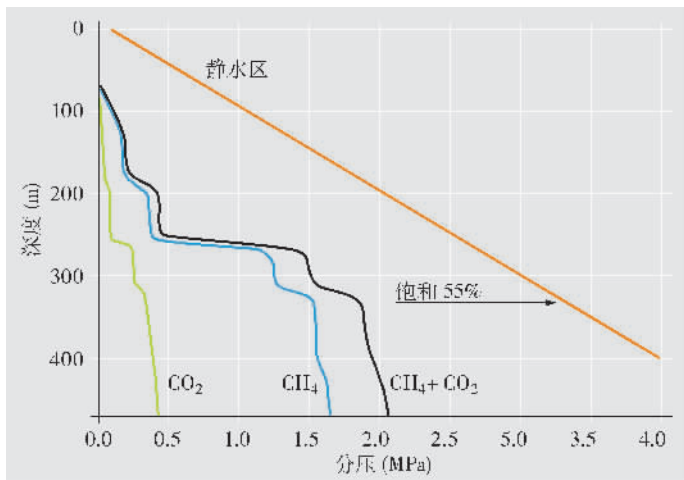
体喷发之后,1700多人窒息死亡^[1]。为了防止这种灾难重演,多年来,尼奥斯湖一直在人工除气^[2]。对基伍湖沉积物样品的观测表明,数千年前,这里也发生过大规模的气体喷发^[3]。

湖泊分层扰动所引起的气体喷发 2002年火山喷发后,我们进行的初步测量表明,该湖分层没有出现重大变化。所以我们的结论是,来自熔岩的热输入不足以导致水层的混合进而引发气体喷发^[4]。

但这个问题依然存在:在什么情况下,气体会从基伍湖喷出?图2示出了与静水压(即给定深度水柱产生的压力)相比较的湖中气体的压力。因为甲烷的易溶性比二氧化碳低很多,所以尽管它浓度较低,却是气体总压力的主要贡献者。如果溶解气体分压的总和大于静水压,就会形成气泡,同时气泡会上升。在正常情况下,这不会自动导致大规模气体喷发。但如果湖泊深处大面积水差不多完全被气体饱和,一种强有力的内浪——例如被滑坡、岩崩或火山喷发所触发——可能会将大量水带到气体过饱和的深度。结果,气泡形成会产生额外的浮力,从而进一步抽吸富含气体的水。在短期内,这种反应链会导致湖泊释放出大量气体。

目前,基伍湖气体的最大饱和度约为50%(图2)。320 m深的水可能必须上升大约150 m以便气泡自然形成。在目前情况下,气体喷发似乎是不可能的。可能需要大量岩浆直接侵入该湖深水,以便让深水上升到气体可被释放的水平^[5]。

图2 与静水压相比较的基伍湖中溶解气体的压力。目前,最高饱和度(50%以上)位于大约300 m深处



基布耶(卢旺达)附近的基伍湖西眺。在背景中可以看到 Idjwi 岛(刚果民主共和国)

甲烷浓度明显上升 与20世纪70年纪的测量^[6]的比较表明,仅仅30年内,甲烷浓度就已上升差不多20%。这一观察是令人吃惊的,因为以前人们一直认为该湖泊中的甲烷气体浓度处于长期稳定状——即向上迁移和被表层细菌消耗的甲烷量,大致相当于深水产生的甲烷量。但目前甲烷产生似乎是占优势的,所以到21世纪末,可能会达到这样一种状态:任何时候都可能会发生破坏性的气体喷发^[7]。

可能的原因:人口增长以及非当地鱼种的引入 甲烷增加的原因是不清楚的。人们知道,甲烷主要是通过该湖缺氧深水中有机物(死藻)的细菌分解形成的。因此,甲烷产生量的增加表明,更多的有机物质正在从表面输往深水。两种不同的假说可以解释这一点:

▶ 最近几十年里,基伍湖流域的人口大大增加。因此,现在来自农业和城市排水的以及由于土壤侵蚀所致更多的营养物进入该湖。

▶ 20世纪50年代,一种来自坦噶尼喀湖的沙丁鱼被引入基伍湖;以前,该湖中没有鱼能将开阔水中的浮游动物用作食物来源。沙丁鱼很兴旺,这种鱼现在占渔民收入的大半。但它也已对该湖的营养物循环产生重大影响,因为它消灭了以前控制藻类生长的水蚤。因此,基伍湖浮游动物浓度只有东非其他大湖的一半,而藻类浓度则较高^[8,9]。

因此,人口增长和沙丁鱼的引入共同导致了藻类产



使用沉积物夹子采集下沉的藻类

布卡武的 Institut Supérieur Pédagogique (刚果民主共和国)、位于布塔雷的卢旺达国立大学以及位于那慕尔的 Notre-Dame de la Paix 大学(比利时)合作开展这一项目。2006 年 5 月,作为这一项目组成部分,在该湖的两个地方安装了沉积物收集设备(图 1)。通过采集下沉的藻类,可以测量来自表层的营养物输出。另外,采集的沉积芯允许重现营养物通量的历史发展。目前正在分析这些沉积。最后,在常规基础上将分析来自支流和降水的水样,这样就能估算来自外部源的营养物输入。除了纯科学目标之外,该项目还旨在促进当地大学的研究活动——从长远观点来看,目标是,当地机构应能负责该湖环境监测,从而确保居民的安全。

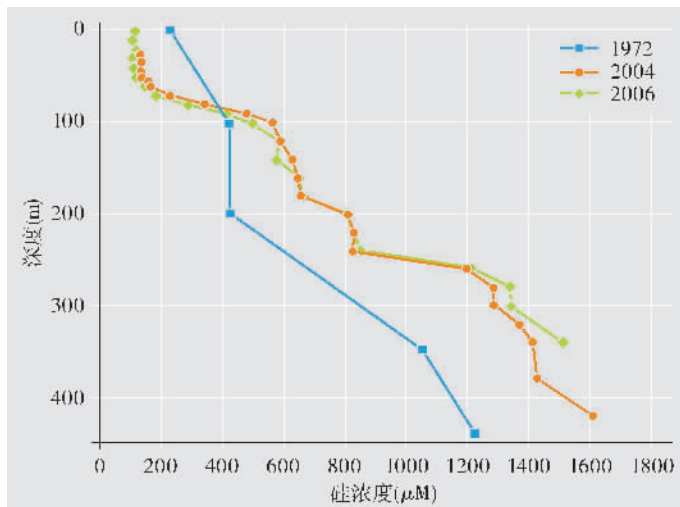


量的增加,从而致使气体浓度增加。

营养物增加的证据 输入深水的有机物量的增加还反映在营养物水平的明显上升上。例如,图 3 示出了基伍湖硅浓度的发展。硅藻建壳尤其需要硅。地表水中硅浓度下降以及深水中硅浓度的相对增加表明,数量增加的死硅藻正在沉入深水,它们在那里被分解。其他营养物如磷和钙也已发现类似趋势。

为了研究甲烷浓度上升的原因,Eawag 已启动了一个得到瑞士国家科学基金资助的新的项目。正在与位于

图 3 1972 年^[10]、2004 年^[7]和 2006 年(Eawag 的 N Pasche)在基伍湖测得的硅浓度



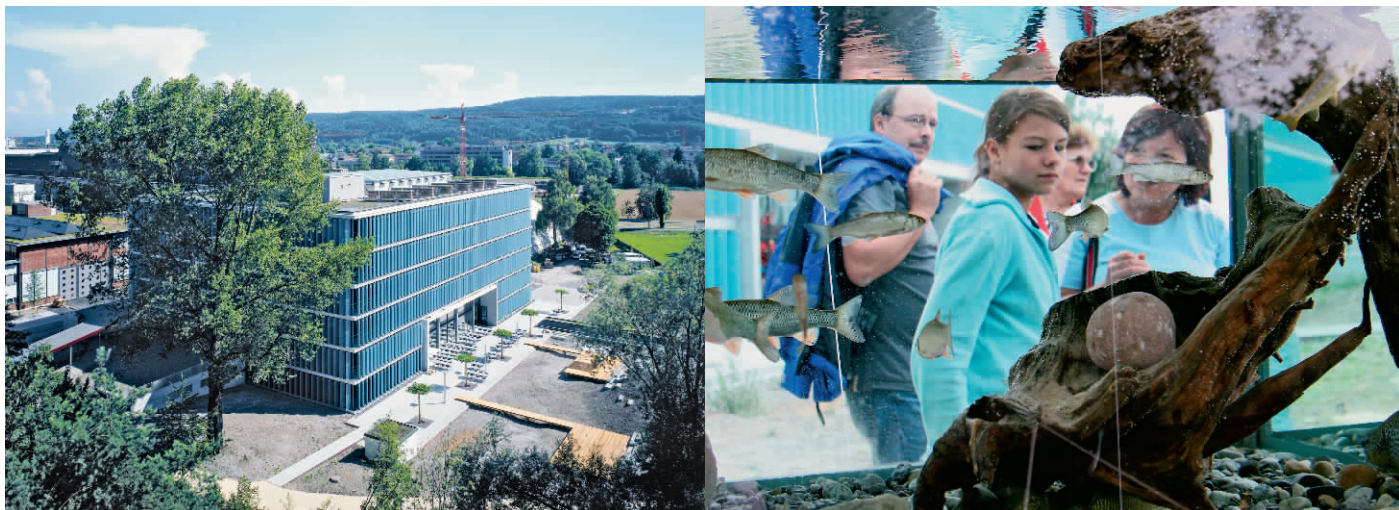
- [1] Sigvaldason G.E. (1989): International Conference on Lake Nyos Disaster, Yaounde, Cameroon 16–20 March, 1987 – conclusions and recommendations. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 39, 97–107.
- [2] Halbwachs M., Sabroux J.C., Grangeon J., Kayser G., Tochon-Danguy J.C., Felix A., Béard J.C., Villeveille A., Vitter G., Richon P., Wüest A., Hell J. (2004): Degassing the «killer lakes» Nyos and Monoun, Cameroon. *EOS* 85, 281–288.
- [3] Haberyan K.A., Hecky R.E. (1987): The late pleistocene and holocene stratigraphy and paleolimnology of Lake Kivu and Tanganyika. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 61, 169–197.
- [4] Lorke A., Tietze K., Halbwachs M., Wüest A. (2004): Response of Lake Kivu stratification to lava inflow and climate warming. *Limnology and Oceanography* 49, 778–783.
- [5] Schmid M., Tietze K., Halbwachs M., Lorke A., McGinnis D., Wüest A. (2004): How hazardous is the gas accumulation in Lake Kivu? Arguments for a risk assessment in light of the Nyiragongo Volcano eruption of 2002. *Acta vulcanologica* 14/15, 115–121.
- [6] Tietze K. (1978): Geophysikalische Untersuchung des Kivusees und seiner ungewöhnlichen Methangaslagerstätte – Schichtung, Dynamik und Gasgehalt des Seewassers. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität Kiel.
- [7] Schmid M., Halbwachs M., Wehrli B., Wüest A. (2005): Weak mixing in Lake Kivu: new insights indicate increasing risk of uncontrolled gas eruption. *Geochemistry, Geophysics, and Geosystems* 6, Q07009, doi:10.1029/2004GC000892.
- [8] Isumbisha M., Sarmiento H., Kaningini B., Micha J.-C., Descy J.-P. (2006): Zooplankton of Lake Kivu, half a century after the Tanganyika sardine introduction. *Journal of Plankton Research* 28, 971–989.
- [9] Sarmiento H., Isumbisha M., Descy J.-P. (2006): Phytoplankton ecology of Lake Kivu (eastern Africa). *Journal of Plankton Research* 28, 815–829.
- [10] Degens E.T., Von Herzen R.P., Wong H.-K., Deuser W.G., Jannasch H.W. (1973): Lake Kivu: structure, chemistry and biology of an East African Rift Lake. *Geologische Rundschau* 62, 245–277.

A complete list and pdf files of all Eawag publications are available: <http://library.eawag.ch/ris/risweb.isa>
Search for author, title or keyword. In case of problems: bibliothek@eawag.ch

- [04493] **Uehlinger U., Brock J.T.** (2005): Periphyton metabolism along a nutrient gradient in a desert river (Truckee River, Nevada, USA). *Aquatic Sciences* 67, (4), 507–516.
- [04494] **Berg M., Giger W., Tran H.C., Pham H.V., Pham T.K.T., Schertenleib R.** (2006): Extent and severity of arsenic pollution in Vietnam and Cambodia (Chapter 29). In: Naidu R., Smith E., Owens G., Bhattacharya P., Nadebaum P. (Eds.), *Managing arsenic in the environment: From soil to human health*, CSIRO Publishing, Australia, 495–509.
- [04495] **Schärer M., Vollmer T., Frossard E., Stamm C., Flüher H., Sinaj S.** (2006): Effect of water composition on phosphorus concentration in runoff and water-soluble phosphate in two grassland soils. *European Journal of Soil Science* 57, (2), 228–234.
- [04496] **Malard F., Uehlinger U., Zah R., Tockner K.** (2006): Flood-pulse and riverscape dynamics in a braided glacial river. *Ecology* 87, (3), 704–716.
- [04497] **Zurbügg C., Drescher S., Patel A.H., Sharatchandra H.C.** (2004): Decentralised composting of urban waste – an overview of community and private initiatives in Indian cities. *Waste Management* 24, (7), 655–662.
- [04498] **Sigg L., Black F., Buffle J., Cao J., Cleven R.F.M.J., Davison W., Galceran J., Gunkel P., Kalis E., Kistler D., Martin M., Noel S., Nur Y., Odzak N., Puy J., van Riemsdijk W.H., Temminghoff E., Tercier-Waeber M.L., Töpferwien S., Town R.M., Unsworth E.R., Warnken K.W., Weng L.P., Xue H.B., Zhang H.** (2006): Comparison of analytical techniques for dynamic trace metal speciation in natural freshwaters. *Environmental Science & Technology* 40, (6), 1934–1941.
- [04499] **Unsworth E.R., Warnken K.W., Zhang H., Davison W., Black F., Buffle J., Cao J., Cleven R.F.M.J., Galceran J., Gunkel P., Kalis E., Kistler D., Van Leeuwen H.P., Martin M., Noel S., Nur Y., Odzak N., Puy J., van Riemsdijk W.H., Sigg L., Temminghoff E., Tercier-Waeber M.L., Töpferwien S., Town R.M., Weng L.P., Xue H.B.** (2006): Model predictions of metal speciation in freshwaters compared to measurements by *in situ* techniques. *Environmental Science & Technology* 40, (6), 1912–1919.
- [04500] **Kaiser S.M., Escher B.I.** (2006): The evaluation of liposome-water partitioning of 8-hydroxyquinolines and their copper complexes. *Environmental Science & Technology* 40, (6), 1784–1791.
- [04501] **Dodd M.C., Buffle M.O., von Gunten U.** (2006): Oxidation of antibacterial molecules by aqueous ozone: Moiety-specific reaction kinetics and application to ozone-based wastewater treatment. *Environmental Science & Technology* 40, (6), 1969–1977.
- [04502] **Buschmann J., Canonica S., Lindauer U., Hug S.J., Sigg L.** (2005): Photoirradiation of dissolved humic acid induces arsenic(III) oxidation. *Environmental Science & Technology* 39, (24), 9541–9546.
- [04503] **Urmann K., Gonzalez-Gil G., Schroth M.H., Hofer M., Zeyer J.** (2005): New field method: Gas push-pull test for the *in situ* quantification of microbial activities in the vadose zone. *Environmental Science & Technology* 39, (1), 304–310.
- [04504] **Collins A.G., Schuchert P., Marques A.C., Jankowski T., Medina M., Schierwater B.** (2006): Medusozoan phylogeny and character evolution clarified by new large and small subunit rDNA data and an assessment of the utility of phylogenetic mixture models. *Systematic Biology* 55, (1), 97–115.
- [04505] **Luo J., Wu W.M., Fienen M.N., Jardine P.M., Mehlhorn T.L., Watson D.B., Cirpka O.A., Criddle C.S., Kitanidis P.K.** (2006): A nested-cell approach for *in situ* remediation. *Ground Water* 44, (2), 266–274.
- [04506] **Cirpka O.A., Olsson A., Ju Q.S., Rahman M.A., Grathwohl P.** (2006): Determination of transverse dispersion coefficients from reactive plume lengths. *Ground Water* 44, (2), 212–221.
- [04507] **Steiner M., Pronk W., Boller M.** (2006): Modeling of copper sorption onto GFH and design of full-scale GFH adsorbers. *Environmental Science & Technology* 40, (5), 1629–1635.
- [04508] **Lienert J., Monstadt J., Truffer B.** (2006): Future scenarios for a sustainable water sector: A case study from Switzerland. *Environmental Science & Technology* 40, (2), 436–442.
- [04509] **Egli T.** (2001): Biodegradation of metal-complexing aminopolycarboxylic acids. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 92, (2), 89–97.
- [04510] **Mieleitner J., Reichert P.** (2006): Analysis of the transferability of a biogeochemical lake model to lakes of different trophic state. Selected Papers from the Fourth European Conference on Ecological Modelling, September 27–October 1, 2004, Bled, Slovenia 194, (1–3), 49–61.
- [04511] **Matzinger A.D., Spirkovski Z., Patceva S., Wüest A.** (2006): Sensitivity of ancient Lake Ohrid to local anthropogenic impacts and global warming. *Journal of Great Lakes Research* 32, (1), 158–179.
- [04512] **Jankowski T., Livingstone D.M., Bührer H., Forster R., Niederhauser P.** (2006): Consequences of the 2003 European heat wave for lake temperature profiles, thermal stability, and hypolimnetic oxygen depletion: Implications for a warmer world. *Limnology and Oceanography* 51, (2), 815–819.
- [04513] **Janssen G.M.C.M., Cirpka O.A., van der Zee S.E.A.T.M.** (2006): Stochastic analysis of nonlinear biodegradation in regimes controlled by both chromatographic and dispersive mixing. *Water Resources Research* 42, (1), W01417, doi: 10.1029/2005WR004042.
- [04514] **Uehlinger U.** (2006): Annual cycle and inter-annual variability of gross primary production and ecosystem respiration in a floodprone river during a 15-year period. *Freshwater Biology* 51, (5), 938–950.
- [04515] **Buffle M.O., Schumacher J., Salhi E., Jekel M., von Gunten U.** (2006): Measurement of the initial phase of ozone decomposition in water and wastewater by means of a continuous quench-flow system: Application to disinfection and pharmaceutical oxidation. *Water Research* 40, (9), 1884–1894.
- [04516] **Meunier L., Canonica S., von Gunten U.** (2006): Implications of sequential use of UV and ozone for drinking water quality. *Water Research* 40, (9), 1864–1876.
- [04517] **Joss A., Zabczynski S., Göbel A., Hoffmann B., Löffler D., McArdell C.S., Ternes T.A., Thomsen A., Siegrist H.** (2006): Biological degradation of pharmaceuticals in municipal wastewater treatment: Proposing a classification scheme. *Water Research* 40, (8), 1686–1696.
- [04518] **Wegelin M., Canonica S., Alder A.C., Marazuola M.D., Suter M.J.F., Bucheli T.D., Haefliger O.P., Zenobi R., McGuigan K.G., Kelly M.T., Ibrahim P., Larroque M.** (2001): Does sunlight change the material and content of polyethylene terephthalate (PET) bottles? *Journal of Water Supply Research and Technology-Aqua* 50, (3), 125–133.
- [04519] **Borsuk M.E., Reichert P., Peter A., Schager E., Burkhardt-Holm P.** (2006): Assessing the decline of brown trout (*Salmo trutta*) in Swiss rivers using a Bayesian probability network. *Ecological Modelling* 192, (1–2), 224–244.
- [04520] **Huber C., Beyerle U., Leuenberger M., Schwander J., Kipfer R., Spahni R., Severinghaus J.P., Weiler K.** (2006): Evidence for molecular size dependent gas fractionation in firn air derived from noble gases, oxygen, and nitrogen measurements. *Earth and Planetary Science Letters* 243, (1–2), 61–73.
- [04521] **Ho L., Onstad G., von Gunten U., Rinck-Pfeiffer S., Craig K., Newcombe G.** (2006): Differences in the chlorine reactivity of four micro-

- cystin analogues. *Water Research* 40, (6), 1200–1209.
- [04522] **Greinert J., Artemov Y., Egorov V., De Batist M., McGinnis D.F.** (2006): 1300-m-high rising bubbles from mud volcanoes at 2080 m in the Black Sea: Hydroacoustic characteristics and temporal variability. *Earth and Planetary Science Letters* 244, (1–2), 1–15.
- [04523] **Pronk W., Palmquist H., Biebow M., Boller M.** (2006): Nanofiltration for the separation of pharmaceuticals from nutrients in source-separated urine. *Water Research* 40, (7), 1405–1412.
- [04524] **Niggemann J., Schubert C.J.** (2006): Sources and fate of amino sugars in coastal Peruvian sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 70, (9), 2229–2237.
- [04525] **Niggemann J., Schubert C.J.** (2006): Fatty acid biogeochemistry of sediments from the Chilean coastal upwelling region: Sources and diagenetic changes. *Organic Geochemistry* 37, (5), 626–647.
- [04526] **Pronk W., Biebow M., Boller M.** (2006): Electrodialysis for recovering salts from a urine solution containing micropollutants. *Environmental Science & Technology* 40, (7), 2114–2120.
- [04527] **Tandy S., Ammann A.A., Schulin R., Nowack B.** (2006): Biodegradation and speciation of residual SS-ethylenediaminedisuccinic acid (EDDS) in soil solution left after soil washing. *Environmental Pollution* 142, (2), 191–199.
- [04528] **Tockner K., Peter A.** (2003): Totholz und Schwemmgut – entsorgungspflichtig oder ökologisch wertvoll? *Wasser Energie Luft* 95, (11/12), 351–374.
- [04529] **Langhans S.D., Tockner K.** (2006): The role of timing, duration, and frequency of inundation in controlling leaf litter decomposition in a river-floodplain ecosystem (Tagliamento, north-eastern Italy). *Oecologia* 147, (3), 501–509.
- [04530] **Nakamura K., Tockner K., Amano K.** (2006): River and wetland restoration: Lessons from Japan. *Bioscience* 56, (5), 419–429.
- [04531] **Bernasconi D., Burckhardt S., Peter P., Gujer W.** (2000): Anwendung der Datenstruktur Siedlungsentswässerung (VSA-DSS). *GWA Gas, Wasser, Abwasser* 86, (4), 245–253.
- [04532] **Zurbrügg C., Strauss M., Schertenleib R., Morel A.** (2006): Wiederverwenden statt verschwenden. *Helvetas Partnerschaft* 183, 16–18.
- [04533] **Zurbrügg C., Strauss M., Schertenleib R., Morel A.** (2006): Recycler au lieu de jeter. *Helvetas Partnerschaft* 183, 16–18.
- [04534] **Chèvre N.** (2006): Pestizide in Schweizer Oberflächengewässern. *GWA Gas, Wasser, Abwasser* 4, 297–307.
- [04535] **Burgherr P., Meyer E.I.** (1997): Regression analysis of linear body dimensions vs. dry mass in stream macroinvertebrates. *Archiv für Hydrobiologie* 139, (1), 101–112.
- [04536] **Dodd M.C., Vu N.D., Ammann A.A., Le V.C., Kissner R., Pham H.V., Cao T.H., Berg M., von Gunten U.** (2006): Kinetics and mechanistic aspects of As(III) oxidation by aqueous chlorine, chloramines, and ozone: Relevance to drinking water treatment. *Environmental Science & Technology* 40, (10), 3285–3292.
- [04537] **Dodd M.C., Huang C.H.** (2004): Transformation of the antibacterial agent sulfamethoxazole in reactions with chlorine: Kinetics mechanisms, and pathways. *Environmental Science & Technology* 38, (21), 5607–5615.
- [04538] **Hostmann M.** (2005): Decision support for river rehabilitation. Dissertation 16136, ETH-Zürich, Switzerland, 170 pp.
- [04539] **Reinhardt M., Müller B., Gächter R., Wehrli B.** (2006): Nitrogen removal in a small-constructed wetland: An isotope mass balance approach. *Environmental Science & Technology* 40, (10), 3313–3319.
- [04540] **Seehausen O.** (2006): African cichlid fish: a model system in adaptive radiation research. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* 1–12.
- [04541] **Schubert C.J., Durisch-Kaiser E., Holzner C.P., Klausner L., Wehrli B., Schmale O., Greinert J., McGinnis D.F., De Batist M., Kipfer R.** (2006): Methanotrophic microbial communities associated with bubble plumes above gas seeps in the Black Sea. *Geochimica Geophysica Geosystems* 7, Q04002, doi: 10.1029/2005GC001049.
- [04542] **Lomstein B.A., Jorgensen B.B., Schubert C.J., Niggemann J.** (2006): Amino acid biogeo- and stereochemistry in coastal Chilean sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 70, (12), 2970–2989.
- [04543] **Burkhardt M.** (2006): Einsatz von Bioziden in Fassaden. *Applica* 113, (12), 2–6.
- [04544] **Hammes F.A., Salhi E., Köster O., Kaiser H.P., Egli T., von Gunten U.** (2006): Mechanistic and kinetic evaluation of organic disinfection by-product and assimilable organic carbon (AOC) formation during the ozonation of drinking water. *Water Research* 40, (12), 2275–2286.
- [04545] **Wu W.M., Carley J., Gentry T., Ginder-Vogel M.A., Fienen M.N., Mehlhorn T., Yan H., Caroli S., Pace M.N., Nyman J., Luo J., Gentile M.E., Fields M.W., Hickey R.F., Gu B.H., Watson D.B., Cirkpa O.A., Zhou J.Z., Fendorf S., Kitanidis P.K., Jardine P.M., Criddle C.S.** (2006): Pilot-scale *in situ* bioremediation of uranium in a highly contaminated aquifer. 2. Reduction of U(VI) and geochemical control of U(VI) bioavailability. *Environmental Science & Technology* 40, (12), 3986–3995.
- [04546] **Wu W.M., Carley J., Fienen M.N., Mehlhorn T., Lowe K., Nyman J., Luo J., Gentile M.E., Rajan R., Wagner D., Hickey R.F., Gu B.H., Watson D.B., Cirkpa O.A., Kitanidis P.K., Jardine P.M., Criddle C.S.** (2006): Pilot-scale *in situ* bioremediation of uranium in a highly contaminated aquifer. 1. Conditioning of a treatment zone. *Environmental Science & Technology* 40, (12), 3978–3985.
- [04547] **Kohler A., Abbaspour K.C., Fritsch M., Schulin R.** (2005): Solute recycling by crops and leaching in a drained arable soil. *European Journal of Soil Science* 56, (2), 145–153.
- [04548] **Yang H., Wang L., Abbaspour K.C., Zehnder A.J.B.** (2006): Virtual water trade: an assessment of water use efficiency in the international food trade. *Hydrology and Earth System Sciences* 10, 143–154.
- [04549] **Uehlinger U.** (1994): Sauerstoff in der Glatt: Photosynthese, Respiration und Sauerstoffhaushalt in einem anthropogen stark beeinflussten Mittellandfluss (Glatt, Kt. ZH). *GWA* 2/94, 123–128.
- [04550] **Gerecke A.C., Giger W., Hartmann P.C., Heeb N.V., Kohler H.-E., Schmid P., Zennegg M., Kohler M.** (2006): Anaerobic degradation of brominated flame retardants in sewage sludge. *Chemosphere* 64, (2), 311–317.
- [04551] **Müller T.A., Fleischmann T., van der Meer J.R., Kohler H.P.E.** (2006): Purification and characterization of two enantioselective α -Ketoglutarate-dependent dicyogenases, RdpA and SdpA, from *Sphingomonas herbicidovorans* MH. *Applied and Environmental Microbiology* 72, (7), 1853–1861.
- [04552] **Moosmann L., Gächter R., Müller B., Wüest A.** (2006): Is phosphorus retention in autochthonous lake sediments controlled by oxygen or phosphorus? *Limnology and Oceanography* 51, (1, part 2), 763–771.
- [04553] **Schmitt H., Stoob K., Hamscher G., Smit E., Seinen W.** (2006): Tetracyclines and tetracycline resistance in agricultural soils: microcosm and field studies. *Microbial Ecology*, doi: 10.1007/s00248-006-9035-y.
- [04554] **McGinnis D.F., Bocaniov S., Teodoru C., Friedl G., Lorke A., Wüest A.** (2006): Silica retention in the Iron Gate I reservoir on the Danube River: The role of side bays as nutrient. *River Research and Applications* 22, (4), 441–456.
- [04555] **Peter A.** (2006): Hydropeaking hinders biodiversity in Swiss rivers. *World Water and Environmental Engineering* 29, (2), 27–28.
- [04556] **Uoskin I.G., Solanki S.K., Kovaltsov G.A., Beer J., Kromer B.** (2006): Solar proton

- events in cosmogenic isotope data. *Geophysical Research Letters* 33, (8).
- [04557] **Schmitt H., Martinali B., Stoob K., Ham-scher G., van Beelen P., Smit E., van Leeuwen K., Seinen W.** (2006): Antibiotika als Umwelt-kontaminanten – Effekte auf Bodenbakterien. *UWSF – Z Umweltchem Ökotox* 18, (2), 110–118.
- [04558] **Buffle M.O., von Gunten U.** (2006): Phenols and amine induced HO center dot generation during the initial phase of natural water ozonation. *Environmental Science & Technology* 40, (9), 3057–3063.
- [04559] **Leuz A.K., Hug S.J., Wehrli B., Johnson C.A.** (2006): Iron-mediated oxidation of antimo-ny(III) by oxygen and hydrogen peroxide com-pared to arsenic(III) oxidation. *Environmental Science & Technology* 40, (8), 2565–2571.
- [04560] **Berney M., Weilenmann H.U., Egli T.** (2006): Flow-cytometric study of vital cellular functions in *Escherichia coli* during solar disinfection (SODIS). *Microbiology* 152, 1719–1729.
- [04561] **Maurer M., Rothenberger D., Larsen T. A.** (2006): Decentralised wastewater treatment technologies from a national perspective: at what cost are they competitive? *Water Science and Technology* 5, (6), 145–154.
- [04562] **Wenger K., Bigler L., Suter M.J.F., Schönenberger R., Gupta S.K., Schulin R.** (2006): Effect of corn root exudates on the degra-dation of atrazine and its chlorinated metabolites in soils. *Journal of Environmental Quality* 34, (6), 2187–2196.
- [04563] **Nesatyy V., Ammann A.A., Rutishauser B.V., Suter M.J.F.** (2006): Effect of cadmium on the interaction of 17 beta-estradiol with the rainbow trout estrogen receptor. *Environmental Science & Technology* 40, (4), 1358–1363.
- [04564] **Tockner K., Klaus I., Baumgartner C., Ward J.V.** (2006): Amphibian diversity and nest-edness in a dynamic floodplain river (Tagliamento, NE-Italy). *Hydrobiologia* 565, 121–133.
- [04565] **Paetzold A., Bernet J.F., Tockner K.** (2006): Consumer-specific responses to riverine subsidy pulses in a riparian arthropod assemblage. *Freshwater Biology* 51, (6), 1103–1115.
- [04566] **Li W., Cirpka O.A.** (2006): Efficient geostatistical inverse methods for structured and unstructured grids. *Water Resources Research* 42, (6), W06402, doi: 10.1029/2005WR004668.
- [04567] **Matzinger A.D.** (2006): Is anthropogenic nutrient input jeopardizing unique Lake Ohrid? – Mass flux analysis and management consequen-ces. Dissertation 16390, ETH-Zürich, Switzerland, 130 pp.
- [04568] **Vonmoos M.V.** (2005): Rekonstruktion der solaren Aktivität im Holozän mittels Beryllium-10 im GRIP Eisbohrkern. Dissertation 16224, ETH-Zürich, Schweiz, 145 S.
- [04569] **Philipp B., Erdbrink H., Suter M.J.F., Schink B.** (2006): Degradation of and sensitivity to cholate in *Pseudomonas* sp strain Chol1. *Archives of Microbiology* 185, (3), 192–201.
- [04570] **Franchini A.G., Egli T.** (2006): Global gene expression in *Escherichia coli* K-12 during short-term and long-term adaptation to glucose-limited continuous culture conditions. *Micro-biology* 152, (7), 2111–2127.
- [04571] **Gasser D., Hauser L., Quirici R., Preu-schoff P., Schläpfer M., Wegmann R., Kleinn J., Verbunt M., Gurtz J., Schär C., Wehrli B.** (2003): Einfluss von Klima- und Landnutzungsänderungen auf den Abfluss der Thur. *Wasser, Energie, Luft* 11/12, 337–344.
- [04572] **Wittmer D.** (2006): Kupfer im regionalen Ressourcenhaushalt. Dissertation 16325, ETH-Zürich, Schweiz, 201 S.
- [04573] **Hostmann M., Bernauer T., Mosler H.J., Reichert P., Truffer B.** (2005): Multi-attribute value theory as a framework for conflict resolution in river rehabilitation. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis* 13, (2–3), 91–102.
- [04574] **Hoehn E., Cirpka O.A.** (2006): Assessing residence times of hyporheic ground water in two alluvial flood plains of the Southern Alps using water temperature and tracers. *Hydrology and Earth System Sciences* 10, 553–563.
- [04575] **Dominguez D., Gujer W.** (2006): Evolu-tion of a wastewater treatment plant challenges traditional design concepts. *Water Research* 40, (7), 1389–1396.
- [04576] **Luo J., Cirpka O.A., Kitanidis P.K.** (2006): Temporal-moment matching for trun-cated breakthrough curves for step or step-pulse injection. *Advances in Water Resources* 29, (9), 1306–1313.
- [04577] **Sanchez-Polo M., Rivera-Utrilla J., Salhi E., von Gunten U.** (2006): Removal of bromide and iodide anions from drinking water by silver-activated carbon aerogels. *Journal of Colloid and Interface Science* 300, (1), 437–441.
- [04578] **Leuz A.K.** (2006): Redox reactions of antimony in the aquatic and terrestrial environ-ment. Dissertation 16582, ETH-Zürich, Switzer-land, 121 pp.
- [04579] **Töpperwien S.** (2006): Cadmium accu-mulation in *Scenedesmus vacuolatus* under fresh-water conditions. Dissertation 16607, ETH-Zürich, Switzerland, 124 pp.
- [04580] **Franchini A.G.** (2006): Physiology and fitness of *Escherichia coli* during growth in car-bon-excess and carbon-limited environments. Dissertation 16585, ETH-Zürich, Switzerland, 219 pp.
- [04581] **Schubert C.J., Durisch-Kaiser E., Wehrli B., Thamdrup B., Lam P., Kuypers M.M.M.** (2006): Anaerobic ammonium oxidation in a tropi-cal freshwater system (Lake Tanganyika). *Environ-mental Microbiology*, doi: 10.1111/j.1462-2920.2006.001074.x.
- [04582] **Schubert C.J., Coolen M.J.L., Neretin L. N., Schippers A., Abbas B., Durisch-Kaiser E., Wehrli B., Hopmans E.C., Sinninghe Damsté J. S.S., Wakeham S.G., Kuypers M.M.M.** (2006): Aerobic and anaerobic methanotrophs in the Black Sea water column. *Environmental Microbiology*, doi: 10.1111/j.1462-2920.2006.01079.x.
- [04583] **Benekos I.D., Cirpka O.A., Kitanidis P.K.** (2006): Experimental determination of trans-verse dispersivity in a helix and a cochlea. *Water Resources Research* 42, (7), W07406, doi: 10.1029/2005WR004712.
- [04584] **Hermann E., Schwengeler R., Rotzetter A., Steiner M., Boller M.** (2005): Behandlung von hochbelastetem Strassenabwasser. *GWA Gas, Wasser, Abwasser* 12, 953–959.
- [04585] **Maerki M., Müller B., Wehrli B.** (2006): Microscale mineralization pathways in surface sediments: A chemical sensor study in Lake Baikal. *Limnology and Oceanography* 51, (3), 1342–1354.
- [04586] **Kaenel B.R., Uehlinger U.** (1998): Effects of plant cutting and dredging on habitat conditions in streams. *Archiv für Hydrobiologie* 143, (3), 257–273.
- [04587] **Shen C., Beer J., Ivy-Ochs S.D., Sun Y., Yi W., Kubik P.W., Suter M.J.F., Li Z., Peng S., Yang Y.** (2004): Be-10, C-14 distribution, and soil production rate in a soil profile of a grassland slope at Heshan Hilly Land, Guangdong. *Radio-carbon* 46, (1), 445–454.
- [04588] **Filippini M., Buesing N., Bettarel Y., Sime-Ngando T., Gessner M.O.** (2006): Infection paradox: High abundance but low impact of fresh-water benthic viruses. *Applied and Environmental Microbiology* 72, (7), 4893–4898.
- [04589] **Müller B., Wang Y., Wehrli B.** (2006): Cycling of calcite in hard water lakes of different trophic states. *Limnology and Oceanography* 51, (4), 1678–1688.
- [04590] **Dudgeon D., Arthington A.H., Gessner M.O., Kawabata Z.I., Knowler D.J., Leveque C., Naiman R.J., Prieur-Richard A.H., Soto D., Stiassny M.L.J., Sullivan C.A.** (2006): Freshwater biodiversity: importance, threats, status and con-servation challenges. *Biological Reviews* 81, (2), 163–182.
- [04592] **Finger D., Jaun L., Wüest A.** (2006): Auswirkungen der Stauseen auf den Schwefelstoff-haushalt und auf die Primärproduktion des Brien-zersees. Veränderungen im Ökosystem Brien-zersee, Schlussbericht des Teilprojektes C, 45 S.



节能大楼

“未来式建筑”，“跨向 2000 瓦社会的一步”，“零能源建筑的展览品”——Forum Chriesbach 已吸引媒体的广泛报导。构成所有这些报导基础的主题是，进行水资源可持续利用研究的 Eawag 现已证明自己对可持续发展的承诺。

Eawag 总部于 2006 年 9 月 1 日正式开张。接下来的一天，大约 2500 名公众借机近距离观看了该大楼，它拥有由定向蓝玻璃板组成的显著的外观。在有向导陪同的参观访问中，参观者不仅大量了解了大楼的运行，而且还了解了 Eawag 的研究项目是如何帮助解决目前与水相关的问题的。

没有安装采暖装置 使 Forum Chriesbach 特别的是始终如一地采用现有关于可持续建设实践的知识。设计基本上包括确定技术的结合，而不是个别要素的基本使用或试验性使用。除了一楼（员工小卖部、接待室和图书馆）外，该大楼不需要常规采暖。通过 45 cm 厚的外墙（包括 30 cm 的石棉层）和高质量的窗户，它的保温非常好，热损失极少。所有热源都被加以利用，从计算机和照明发出的热一直到雇员们的人体热。在冬季，进来的空气在 80 根 20 m 长的地下管道中预热，并在一个热交换器中进一步加热，利用来自排气和服务员室的热。热水贮存系

统可以提供额外的热。通过楼顶上的太阳能采集器（50 m² 真空管系统）和厨房冷冻装置的废热对水进行加热。为了满足特别冷的时期的高峰需求，可以通过 Empa-Eawag 地区网络获得热。已计算出，这一来源的热供应量将不超过每年 2500 L 油的当量，即很少像常规建造的独立建筑物需要的那么多。

夏季清凉宜人 为百页窗提供美学创新选择的是 1232 块丝网印刷的定向玻璃板。这些定向板根据太阳的位置沿每一正面进行调节：在冬季，最大限度地增加进入大楼的阳光，在夏季，最大限度地减少对阳光的曝露，以防止窗户和内部变热。在热天，通过打开办公室窗户和屋顶天窗，使整个大楼通宵冷却。热通过天井就像通过烟囱那样逸出，夜间凉空气进入办公室。混凝土平顶促进热吸收，而粘土隔板有助于调节内部湿度。即使在 7 月热浪期，户外温度达到 35℃，Forum Chriesbach 内部的温度仍保持在 26℃ 以下——没有任何耗能的空调。



9月1日和2日,Eawag庆祝其新总部 Forum Chriesbach 开张。被认为是瑞士最可持续的办公大楼,它属“建筑”范畴 2006 瑞士太阳奖获奖单位之列(摄影:Eawag;Roger Frei,苏黎世;Sandra Neuhaus,Meilen)

考虑灰色能源 可持续的建筑意味着,需要考虑建筑物的整个生命周期,尤其是收罗的能源或“灰色”能源。由于运行能源效率在增加,这一部分能源变得更为重要。因此,采用资源节约型材料,例如回收利用的混凝土、木-土隔板和菱镁矿地面。尽可能避免使用非再循环复合材料,要求更多的集中耗能部件具有长的使用寿命。25年后,这一系统将产生大约相当于其制造时所需能源 7.5 倍的能源。在人均动力消耗约为 190 瓦电力和热以及 240 瓦灰色能源的情况下,Forum Chriesbach 证明,在这一建筑方面,“2000 瓦社会”不再是一种梦想,而是如今已经能够实现了。

“内部”研究 水和废水的管理特别重要。将屋顶水贮存在一个容量为 80 m³ 的水池中,用来冲厕所。让来自其他硬表面的雨水渗透进大面积的植被区。来自所有厕所的尿被分开排,集中收集用于研究目的。因此,可以通过非混合(尿源分离)技术获得实际经验,可以在该大楼本身的范围内解决新的研究问题(欲知进一步信息,参见该项目网页:www.novaquatis.ch)。另外,有计划要恢复流经 Eawag 所在地的 Chriesbach 河。整个地段(包括 Eawag-Empa 新的日间托儿所)正在日益被改造成一个

“可持续的校园。”

不是一个奢侈的项目 Forum Chriesbach 是由建筑公司 Bob Gysin + Partner 设计的,Implenia 充当总承包商。这座六层大楼拥有 150 个办公场所,一个容纳 140 人的礼堂,2 个 40 个座位的报告厅,会议室和交流区。它还包括 Empa-Eawag 联合图书馆以及员工小卖部“aQa”,它已被授予“Gott Mieux”标志。该大楼自 2005 年 6 月以来已被使用。迄今为止的经验都是好的,孤立的不足或刚开始的暂时困难,例如有缺陷的温度传感器或不正确的控制信号,正在被逐步消除。只有国家才能负担这样建设项目的先入之见尚未得到证实。通过有意放弃奢侈的内部设计和完全的能源自足(这在经济方面可能还不是合理的),能够将该项目费用保持在大大低于联邦批准的 3270 万瑞士法郎信贷的水平上。每 m³ 的价格(572 瑞士法郎)可以与常规建设项目相匹敌。 ○○○

Andri Bryner, Eawag

进一步信息和公众参观详情可登录下面的网站:
www.forumchriesbach.eawag.ch

瑞士总统参观 Eawag

2006年12月1日,瑞士总统 Moritz Leuenberger 及其随行人员参观了 Eawag。注意力集中在 Forum Chriesbach, 该大楼目前被认为是瑞士最可持续的办公大楼(参见第30页)。Ueli Bundi 在其开场白中提到这一点:由于 Eawag 正在研制针对全球日益严重的水问题的可持续的解决办法,所以它必须通过自己的大楼来引路。参观者们被这座新大楼和他们在 Eawag 感受到的热情承诺所感动。正如在此次活动结束的集会上所

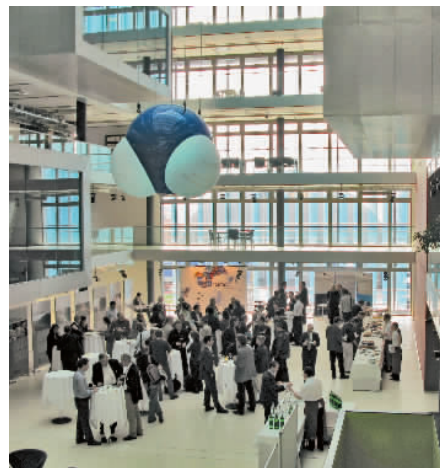
指出那样,这是一个水不仅被说教而且也被饮用的地方(虽然肯定也有酒招待)。



JRC 信息日:加速与欧洲的协作

很多瑞士研究人员不熟悉欧洲委员会联合研究中心(JRC)的使命和活动。为了提高对 JRC 的认识,3月16日在 Forum Chriesbach 举办了一个信息日。由 Eawag、国家教育与研究秘书处、ETH 董事会和 Euresearch 组织的这一活动,提供了对 JRC 多方面活动的深入了解。由5个国家(荷兰、比利时、德国、意大利和西班牙)7个研究所组成的 JRC,雇用了差不多3000名员工。教育与研究国务秘书 Charles Kleiber,将这一活动描述为“加强瑞士与欧盟之间研究协作的首次会议”,从质量和数量方面强调了瑞士与 JRC 合作的重要

性。JRC 主任 Roland Schenkel 也强调指出,他看到“瑞士科学家有很多在 JRC 中发挥作用的机会”。



谁拥有水?

题为《谁拥有水》的新书(在科学和财政方面得到了 Eawag 的支持)已经在与 Al Gore 关于气候变化的书和电影相似。为了外行读者能理解,包括了一些令人不安的图片,该书深入阐述全球水问题,并且发问:“水是一种商品或自由获得水是一种不可剥夺的人权吗?”

定价:69.90 瑞士法郎/49.90 欧元,英文版或德文版,巴登 Lars Müller 出版,2006年9月

活动

星期五讲座“将科学与水管理联系起来”
星期五 11 点, Eawag Dübendorf

4月27日
用于饮用水和废水处理的膜法:研究活动综述

Wouter Pronk, Eawag

5月4日
Urbane Wasserinfrastruktursysteme: Nachhaltigkeitsdefizite und Handlungsoptionen

Harald Hiessl, Fraunhofer Institut für system- und Innovationsforschung, Deutschland

5月11日
水框架指令:奥地利地表水的表征
Martin Wimmer, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Österreich

5月25日
海洋酸化的生态和生物地球化学影响
Jean-Pierre Gattuso, CNRS-UPMC, Frankreich

6月1日
地中海一个峡谷形水库中的对流过程: 饮用水供给管理的生态基础
Joan Armengol, 西班牙巴塞罗那大学

6月8日
基于流动血细胞计数的饮用水微生物快速分析:新方法及其应用
Thomas Egli, Eawag Dübendorf

6月15日
城市水工程的不确定性分析
Marc Neumann, Eawag Dübendorf

6月22日
WHO 废水、排泄物和灰水安全使用新准则——从严格标准到风险综合评价/管理框架
Robert Bos, 世界卫生组织(WHO), Genf

6月29日
气候变化与水资源
Glen George, 英国伦敦大学学院

详情: www.eawag.ch/veranstaltungen