



# STATE of KNOWLEDGE

## 萨尔温江的河流健康

汇编 : Robyn Johnston<sup>1</sup>, Matthew McCartney<sup>1</sup>, Shaoyu Liu<sup>1</sup>, Tarek Ketelsen<sup>2</sup>, Luke Taylor<sup>2</sup>, Mai Ky Vinh<sup>2</sup>, Mehm Ko Ko Gyi<sup>3</sup>, Theiant Aung<sup>3</sup> and Khin Ma Ma Gyi<sup>4</sup>

怒江—萨尔温江（也即萨尔温江），是东南亚仅存的为数不多的未开发河流之一，也是该区域内第二长河流，流经中国、泰国和缅甸，长达2,400公里。尽管河流大部分地区尚处于未开发阶段，但其水利价值不可低估，不同地域持不同观点，但流经的三个国家都在积极地策划对其开发。本SOK文章将介绍关于萨尔温江河流健康的已有知识，包括目前状态、河流使用情况、流经区域，以及在近期内可能诱发变化的因素。

### 萨尔温江简介

萨尔温江总流域面积为283,500平方公里，其中在中国境内的面积占总面积的48%，在泰国占7%，在缅甸占44%。在中国它也被称为怒江（萨尔温江上游），在泰国和缅甸（下游）被称为萨尔温江。怒江发源于青藏高原，在云南北部流经著名的UNESCO世界遗产“三江并流”的狭湾，经过云南南部沿河以农业为主的河谷和山地，最终在流经4,000米的海拔落差后流出中国。

在缅甸，萨尔温江有七条支流注入，包括 Nam Pang河、Nam Pilu/Nam Pawn河（发源于莱茵湖），还有发源于泰国北部的莫伊河。在掸邦，萨尔温江主干河流流经人迹罕至的陡峭峡谷，因此远距离或者中等大小的运输工具都无法通过。下游地区处于缅甸和泰国，其中60%的流域为陡峭峡谷，但某些区域，特别是掸邦南部的一些地区适宜农业发展。这些地区分布于克伦邦的萨尔温江主干河流和泰国境内莫伊河的河漫滩地区，以及克耶邦和孟邦的沿海平原地区。萨尔温江最后经过一系列河口岛屿注入海洋。该河流及其支流（Gyaing和Ataran河）的潮汐变化可影响到河口以内75公里的内陆地区。

### 萨尔温江流域的居民

一千多万人居住在萨尔温江流域，380万在中国，610万在缅甸，还有60万在泰国（www.worldpop.org; Gaughan et al, 2013）。在孟邦人口密度最高（超过每平方公里300人），还有云南西部（高达每平方公里100人），在西藏最低（每平方公里5人）（图1）。

约61万人居住在萨尔温江流域，占缅甸总人口的11%，分布于掸邦（48%）、克耶邦（4%）、克伦邦（22%）和孟邦（26%）。平均人口密度是每平方公里49人，密度最高的地区位于孟邦的沿海平原。主要的城市区域位于掸邦的Taunggyi（约380,000人），克耶邦的Loikaw（约140,000人），克伦邦的巴安县（约120,000人），孟邦的毛淡棉县（约440,000人），以及河口地区。

萨尔温江下游流域，自1948年宣布独立以来，经历了多次重大的国家内部纷争、战争和人口迁徙。掸邦北部和东部的大多地区依然处于少数民族武装组织和Tatmadaw（缅甸武装部队）的争斗之中，其中也包括一系列的民兵组织（Buchanan, 2016）。大量人口因此迁徙，有的到了缅甸的其它地区，有的渡过边境到了相邻国家。在泰国和云南分别有超过120,000人和超过30,000人的难民集中营。尽管有一些少数民族武装组织已经在和政府进行和平谈判，掸邦北部和东部的大部分地区仍处于纷争之中，掸邦北部因为最近战火又起导致流离失所的人口数量又有增加。汉族人口也有不少处于这种迁徙过程和经济状态之中，尤其是在掸邦东部和中国接壤的部分。流域偏远地区的贫困线极高。联合国发展署的相关数据显示，掸邦北部和东部的人口，37%到46%处于贫困线以下。孟邦、克伦邦和克耶邦的贫困线分别处于16%，11%和17%，均低于国家平均水准25%（IHCLA, 2011）。USAID/Winrock于2015年在掸邦的研究中发现，以女性为一家之主的家庭在获得土地时遭遇更多的阻力，更可能陷于贫困之中。

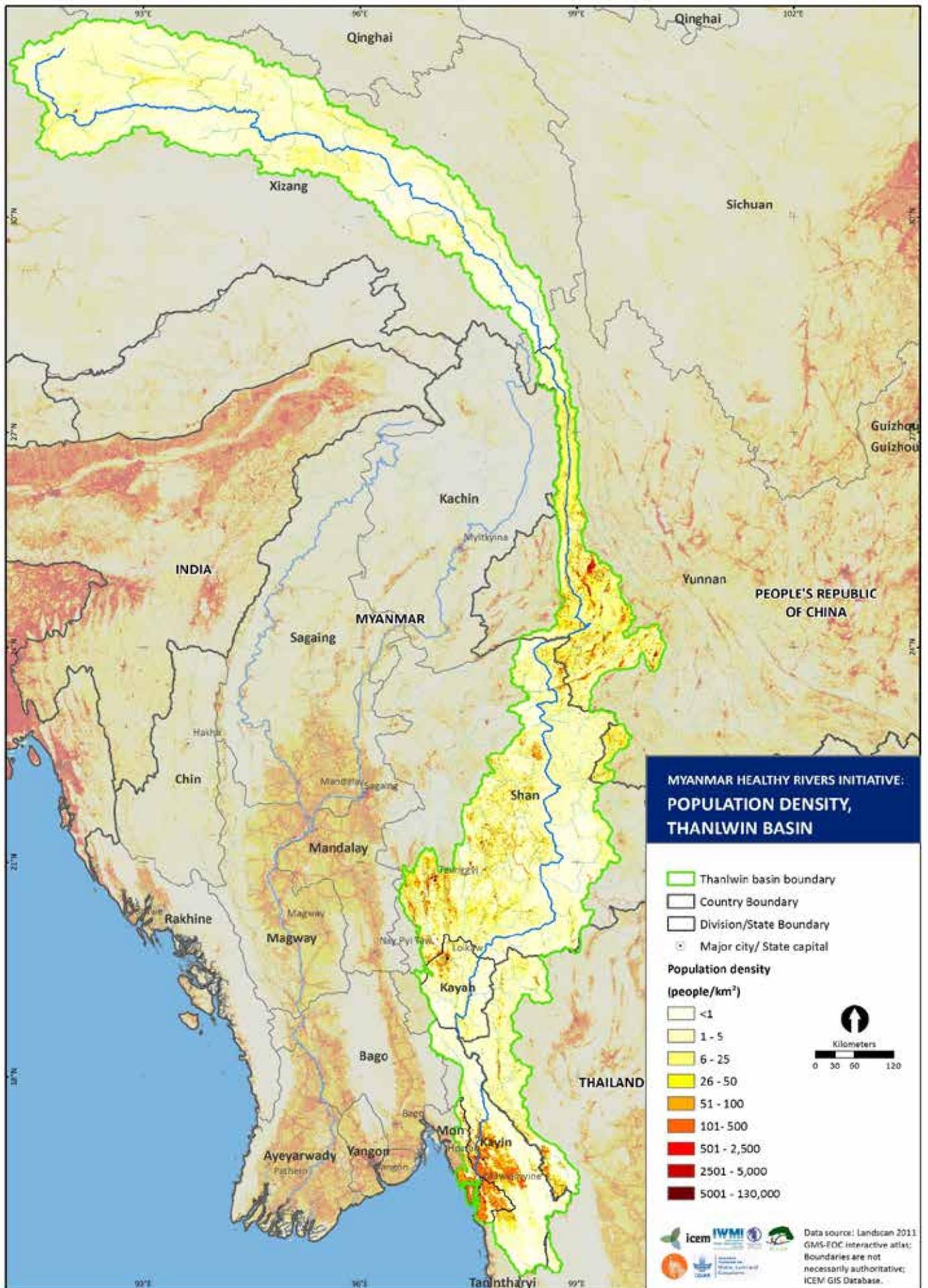


Figure 1: Population density in the Thanlwin Basin.

农业是主要的经济产业，气候不同的地区主要农作物各有不同，但主要的有：稻子、玉米、小麦、辣椒、棉花、土豆、落花生、芝麻、豆类、槟榔、茶叶、蔬菜、烟草、橡胶（尤其是在孟邦）、和鸦片（主要在掸邦和克耶邦）。林业也是主要产业。非法采伐既是政府也是武装团体的经济来源，在过去20年造成了严重的荒漠化。旅游业在莱茵河地区是重要经济产业，近些年也发展到毛淡棉县和巴安县，但是政府对旅游业的严格控制干扰了其发展。

结论：这片跨国界流域地区是约一千万来自不同民族的居民的家园。由于河流对渔业、河岸种植业、水源供应、局部通航和小规模灌溉等存在的直接影响，河流也直接影响着这些居民的生计。尽管在缅甸河流域系统受到的关注度极低，对于聚居于此的610万缅甸人民而言，其重要性依然不言而喻。萨尔温江流域大部分社区都是依靠着流域区域的自然资源和生态系统为生。

### 萨尔温江有哪些水流特质？

萨尔温江的流量具有明显的季节性，随季风季节和积雪融化而变化。据云南道街坝数据显示，其平均年流量约为53平方公里，到了距河口约60公里的巴安县，则增长到169平方公里。在旱季从河口起约70公里内可通航。上游某些地区可容小型船只通过，但是河流湍急又阻碍了长距离通航的可能。根据模型研究，Lutz et al. (2014) 计算出青藏高原上的怒江8%的流量来自于冰川融化，28%来自于积雪融化，22%是基流（地下水外渗进入河流水系），还有42%来自于降雨（随季节变化）。

青藏高原的怒江流域昂曲地区还存在一些湖泊，最大的约20公里长。下游地区掸邦的莱茵河是缅甸第二长河。占地约116平方公里，但是平均深度仅有2米。因莱湖于2015年由联合国科教文组织认可为联合国世界遗产生物圈保护区。

萨尔温江流域系统现有大坝蓄水能力有限，连年度总流量的1%都不到。唯一的大型蓄水库是在流经缅甸克耶邦时巴拉河上的Moby - Datawcha大坝（蓄水量为8.26亿立方米）。WLE (2016) 列举了云南怒江流域的23个水库，其中的3个已经具有超过1亿立方米的蓄水量：查龙大坝（1.38亿立方米）、茄子山大坝（1.25亿立方米）和听命河大坝（1.02亿立方米）。

中国境内怒江流域有16座长短不一、质量不等、记录方式各异的水文监测站。其中最完整慎密的记录来自于云南的道街坝。缅甸的气象水文部门（DMH）在克伦邦的巴安县设有一个对萨尔温江的流量进行长期水文监测记录的监测站。1996-2009年间平均流量为169平方公里（最低值136平方公里，最高值207平方公里）。在滚弄县、毛淡棉县和妙瓦底县（位于莫伊河）有关于水位（非水量）的数据。其它关于萨尔温江年流量的数据主要来自于模型研究，变化区间为94到263平方公里（Johnston et al, 2016）。

结论：萨尔温江的水文信息无详细记录，年度水流量数据之间差距也较大。数据不足导致难以评估流量特征，也难以预测未来的发展和气候变化可能产生的影响。

### 水质量的现状如何？

根据萨尔温江水质量的有限信息显示，水质量总体尚佳，但是流域内的发展所带来的影响已初见端倪。虽然早年的研究报告中并无农业和其它人类活动对怒江造成影响的实证记录，但2013年在云南进行的怒江水质量研究中，已经监测到怒江河道中游的污染(Li et al. 2013)。

萨尔温江水质量监测仅仅存在于巴安县和毛淡棉县等下游地区。雨季和湿冷季节流水中的化学物质（硝酸盐和磷酸盐）较多，某些物质，如石油碳氢化合物，浓度高达0.29（美国环保署的标准为0.2）。溶解氧（DO）和生物需氧量(BOD)也都随季节变化，所幸都在美国环保署标准之内（Win Aung 2014）。

萨尔温江下游携带大量沉积物，输送到海洋的颗粒有机碳数量高居世界河流前五。沉积物数量与季节流量密切相关，约92%来自于6月到11月的湿季（Bird et al, 2008）。

结论：萨尔温江水质量的有限信息显示，河水质量总体尚佳，但流域内发展所带来的影响已初见端倪。虽然有声称森林砍伐和水土侵蚀使得今年的沉积物大量增加，然而现阶段并无基线数据证实该说法。

### 萨尔温江流域的渔业重要性何在？

内陆渔业是缅甸主要的营养来源，然而在其捕捞方式、地区差异和食用鱼类的可利用性和种类方面，可用信息非常有限。萨尔温江水域内陆地区的渔业和农业规模也不清楚。在掸邦的Kunlon (Lunn and Shein, 2013) 进行的研究辨认了54种鱼类，在克伦邦的Khoe Kay (KESAN, 2008) 的研究辨认了32种，对于河流沿岸的地方社区而言，渔业不仅是食物来源，也是经济来源。因莱湖水域也倚重渔业，并且有报告指出该地区有49种鱼类 (Kano et al, 2016)。

对于萨尔温江河口地区和孟邦冲积平原地区而言，渔业也是重要的生计来源(MYPO, 2007)。各种鱼类在河流和海洋之间迁徙，支撑着毛淡棉县地区极为重要的商业性渔业，包括咸水和淡水虾类(Aung and Soe 2013)。

结论：萨尔温江支撑着流域内的地方性和商业性渔业，但是有关数量、种类、捕捞种类和价值以及可利用性趋势的信息都极为有限。

## 流域内的生物多样性现状如何？

萨尔温江流域横跨17个纬度，海拔落差达5500米，气候从热带季风覆盖到寒带冻原，包括了5个生态区（Olson and Dinerstein, 2002）。其中11,500平方公里是保护区，836平方公里位于缅甸境内（因莱湖、Kahilu和东枝），约2,000平方公里位于云南境内，其它的国家公园和自然保护区位于泰国（大多区域并未与河流系统直接关联）。国际鸟盟在萨尔温江缅甸流域鉴定了三个重要鸟类与生物多样性区（IBA）：南山谷、底坎和因莱湖鸟类保护区（Chan et al., 2004）。

怒江大峡谷是联合国世界遗址三江并流的一部分，为世界25%和中国50%的物种提供栖息地，有77种动物、34种原生植物和4种濒危鱼类（UNEP 2008）。

在缅甸和泰国的流域内则覆盖着一系列亚热带森林、山区和沿海雨林，其中的生物多样性还有待研究。在克伦邦Khoe Kay进行的初步研究中，记录了194种植物和200种动物（包括32种鱼类），其中42种列举在国际自然保护联盟（IUCN）的《濒危物种红皮书》中（KESAN, 2008）。河口湿地则是渔猫——一种亚洲小爪水獭，和暹罗鳄的生活区域。萨尔温江流域也生活着世界最丰富的龟类（Wong et al., 2007）。茵莱湖地区则生活着一系列特有鱼类和腹足类（蜗牛和蛞蝓），包括因莱鲤鱼——即是地方居民的文化象征又是重要的食物来源。比卢岛附近的萨尔温江河口地区也生长着红树林，但并无更多关于其生长程度和状况的信息。

结论：萨尔温江流域内存在着极为丰富的生物多样性，大片区域的具体状况尚无详细记录。河流本身及其流域内的亚热带和沿海森林的野生动物和植物信息也极为有限。

## 人口增长将对河流健康产生哪些影响？

云南省人口从1960年的19,000,000增长到2010年的46,000,000。尽管人口数量在2011年处于0.7%的稳定增长率，经济活动则持续增加。同样的，缅甸的人口也在过去40年间从1973年的28,900,000（Maung, 1986）增长到2014年的51,500,000，其中52%为女性。萨尔温江流域诸邦的人口增长也等于甚至超过国家水平，虽然官方数据不足为凭，但可能原因是近些年的汉族人口从东部掸邦迁徙到克钦邦（DOP, 2015）。

结论：人口增长在某些地区带来农业发展和土地使用的强度增加（尤其是云南，莫伊河流域和茵莱湖周边区域），但是在缅甸境内，人口增长大多依旧缓慢。人口增长带来的大量经济活动，可能对河流的自然资源带来巨大压力。

## 灌溉可能给河流带来哪些影响？

据联合国粮农组织（FAO）估计，萨尔温江流域总灌溉面积约为400,000公顷（AQUASTAT, 2015），其中大多数处于云南和泰国境内的莫伊河次盆地。WLE（2016）指出了14个灌溉大坝，其中库区表面积为0.5平方公里，而在流域内，其中10个位于中国，4个位于缅甸。缅甸的农业、畜牧和灌溉部门（MOALI）指出目前在萨尔温江流域的灌溉面积仅为53,000公顷，并希望将其增加到96,000公顷（Hasman, 2013）。灌溉发展因受萨尔温江地貌学研究不足的限制，即是灌溉增加也对总流量影响甚微。

结论：无论是现有的还是未来规划的灌溉计划都对萨尔温江流域在缅甸境内的总流量影响甚微，但是在一些支流流域可能造成较为重大的影响（如莫伊河、巴拉河流域）。

## 土地使用和森林砍伐是否会影响河水流量和质量？

随着人口的增长，云南的种植面积从1960年的约4百万公顷增加到2003年的约6百万公顷，导致了森林砍伐和日趋严重的水土流失，生物多样性和水质由于肥料和农药的使用而下降（Li et al., 2006）。为了解决这些问题，坡地方案（SLCP）和国家森林保护计划（NFPP）于1999年在云南西北等地建立起来。

而缅甸则在1975年到2009年间失去了约24%的森林覆盖率，尤其是在萨尔温江流域、掸邦南部和克伦邦北部（WWF, 2013）。大部分砍伐是在自然森林所在的孟邦、掸邦、克耶邦和克伦邦交界地带，也是不同民族冲突所在地。橡胶种植也是导致森林砍伐的原因之一，尤其是在孟邦、克伦邦和掸邦这些大部分土地不适宜农业发展的地区。孟邦的橡胶种植面积从1998年的31,000公顷增加到2010年的171,000公顷。掸邦南部的农业过度种植又导致了茵莱湖沉积物增加和湖水质量下降。

该流域的土地覆盖图在国际和区域资料库都可以找到，但是不同年份的对比却无法查询，土地覆盖变化的数据也存在问题。农业数据在MOALI（比如，MOAI, 2013）和联合国粮农组织的缅甸农业数据地图集里可以找到。乡镇级的数据则不对外公开。云南的农业数据在云南统计年鉴（中文）中可以查询。

结论：在云南南部怒江流域、泰国境内莫伊河流域和缅甸境内茵莱湖附近，农业过度种植日趋严重。林业作为主要产业，却由于过去20年的非法采伐而导致森林锐减，这些都可能带来水土流失的加剧和河流沉积物增加。完整而公开的农业和土地使用统计信息尚不存在。

## 流域内的水电能源利用情况如何？

流域内的三个国家都在通过政府和私人投资，积极倡导水电能源的开发。WLE (2016) 指出了该流域内已有和规划的水电站共计81座，其中18座已经启用，3座在建，34座已提上议程，10座计划取消（见表2）。其中怒江流域的已建成（多为小型）水电站16座，包括云南怒江支流上为保山提供电力的茄子山水电站；拥有装机容量为115MW的安居水电站。位于怒江源头西藏的查龙和机欠水电站已投入使用。缅甸境内巴拉河在克耶邦的支流上的水电站供应量达缅甸总电量的1/4（装机容量为248MW），掸邦的Kentawng大坝装机容量也达到54MW。巴拉河和Kentawng上游在建的3座水电站预计将供应80MW的电量。

中国境内怒江流域现有22座水电站已经在规划提案阶段。中国国家发展和改革委员会倡领的怒江水电项目囊括了13座梯级大坝，装机容量达21,320MW。由于这些大坝的建设将导致56,000人口的迁徙和重新定居，中国的非政府组织迫切地倡议停止这些项目。据2016年底的报道（Guardian, 2016），中国政府决定将这些水电项目搁置。截止2017年初，尚未有这些项目的更多相关报道。

在缅甸境内同样有开发梯级水电站的提议（WLE 2016; International Rivers, 2014），包括7座大型水电大坝，总装机容量达17,000MW。KESAN报道指出另有处于萨尔温江下游地区支流上的12座大型水电大坝处于不同的规划和建设阶段，主要位于掸邦境内（A. Scott, pers. comm.）。此外，还有中国和泰国联合提议的水电项目，生产的电力将主要用于出口。而泰国境内也有在Mae Sariang (792MW) 和Mae Lama Luang (240MW) 分别建立水电项目的提议，若这些提议通过，普密蓬水库每年蓄水量将达到2,184,000,000立方米（相当于Yuam河年流量的80%）。

这些水电发展计划由一系列密集于怒江—萨尔温江流域的水电大坝组成，如果建成，将带来广大地区的河流断裂。这些计划引起缅甸和泰国境内地方社区和民间组织以及国际保护组织的反对。缅甸境内的许多项目位于少数民族和政府持续冲突的地区。地方居民不断地流离失所，大坝规划地址周围的特许采伐以及项目所在地区的武装军事化——被雇佣来保护项目地区的军队，都遭到地方抵制。

这些规划中的水电项目具体信息都不对外公开；主要信息来源是各种保护组织的网站，如国际河流组织和萨尔温江观察组织。

结论：目前萨尔温江的水电资源只有极少一部分被利用，然而水电项目发展，虽然就目前而言处于小规模阶段，也已经在怒江上游地区兴起。中国和缅甸境内萨尔温江河流系统上大型水电站的建设提案，都注重对河流系统的国际和国家关注，对生计和生态系统的可能影响也越来越受到重视。

## 采矿业如何影响河流健康？

萨尔温江流域具有极高的采矿价值，矿产种类丰富（澳大利亚 - 缅甸商会，2014），现有正式和非正式的开采活动。该产业大多处于未规范阶段，但是对地方水道的污染堪忧，比如，来自于掸邦茵莱湖地区Tigyit露天煤矿的污染物的可能威胁（PYO, 2011）。

满足建筑业需求的手工采砂极为常见，并且随沿河建筑业发展而需求增长，尤其是在下游的巴安地区。外资矿业目前极少，但从2012年起国际采矿产业越来越关注该地区，缅甸政府正在倡议新的矿业法以吸引外资投资（OBG, 2013）。预计今后十年内，采矿业将急剧发展。麦肯锡全球研究所（2013）预言到2030年，采矿业将为缅甸总GDP贡献868亿美元。

结论：采矿业在云南和掸邦逐渐开放，如果能够解决缅甸东部国内少数民族的纷争，那么该区域的采矿也有可能蓬勃发展。大规模采矿则会因为大量用水需求、矿物污染和采矿场水土流失导致沉积物增加等，对河流健康带来极大威胁。目前尚没有规范采矿计划或监测发展提案可能影响的正式程序。

## 气候变化会如何影响河流？

据气象水文部门（DMH）评估，自1951年至今，缅甸的平均气温每十年上升了0.08 °C。降雨呈现浑浊趋势，大部分地区雨量增加，但部分地区呈减少趋势。总体而言，极端天气事件发生更加频繁，海平线呈上升趋势（GCCA, 2014）。萨尔温江下游地区的克伦邦和孟邦，多处于联邦声明的2008年纳尔吉斯飓风的受灾区（MIMU, 2008）。

缅甸的气候预测（Han Swe, 2014）显示，温度将继续上升，夏天变长，雨季降雨量将增加，年度总降雨量也会随之增加。Lutz et al. (2014) 预言，由于青藏高原降雨量的增加，从上游地区开始的水流量将持续增加直至2050年。气温升高将导致冰川融化，到2050年，尚存冰川仅有现有的32-56%。

结论：气候变化带来的降雨量和冰川融化将影响河流水量。由于气候变化对水文和沉积物的具体影响尚未有具体研究，水文模型研究将首要着力于更好地理解水流量和沉积动力学。

## 河流管理者是谁？

缅甸国内存在着一系列国家和区域政府机构对境内的萨尔温江进行管理，然而其中并没有规划和管理的中心机构。在缅甸，河流管理的事务被分配到不同部门，如：灌溉和渔业由农业、畜牧和灌溉部门管理；通航和河道整治（交通部门）；水电发展（电力和能源部门）。国家水资源委员会提供水资源相关问题的协调，但就目前而言，并未主动参与到贯彻实施举措里。实际的日常管理，均由地区议会和地方部门（区级和市级部门）负责。许多民间社会组织、私人公司和其它利益方在河流管理上都有发言权，但尚不存在

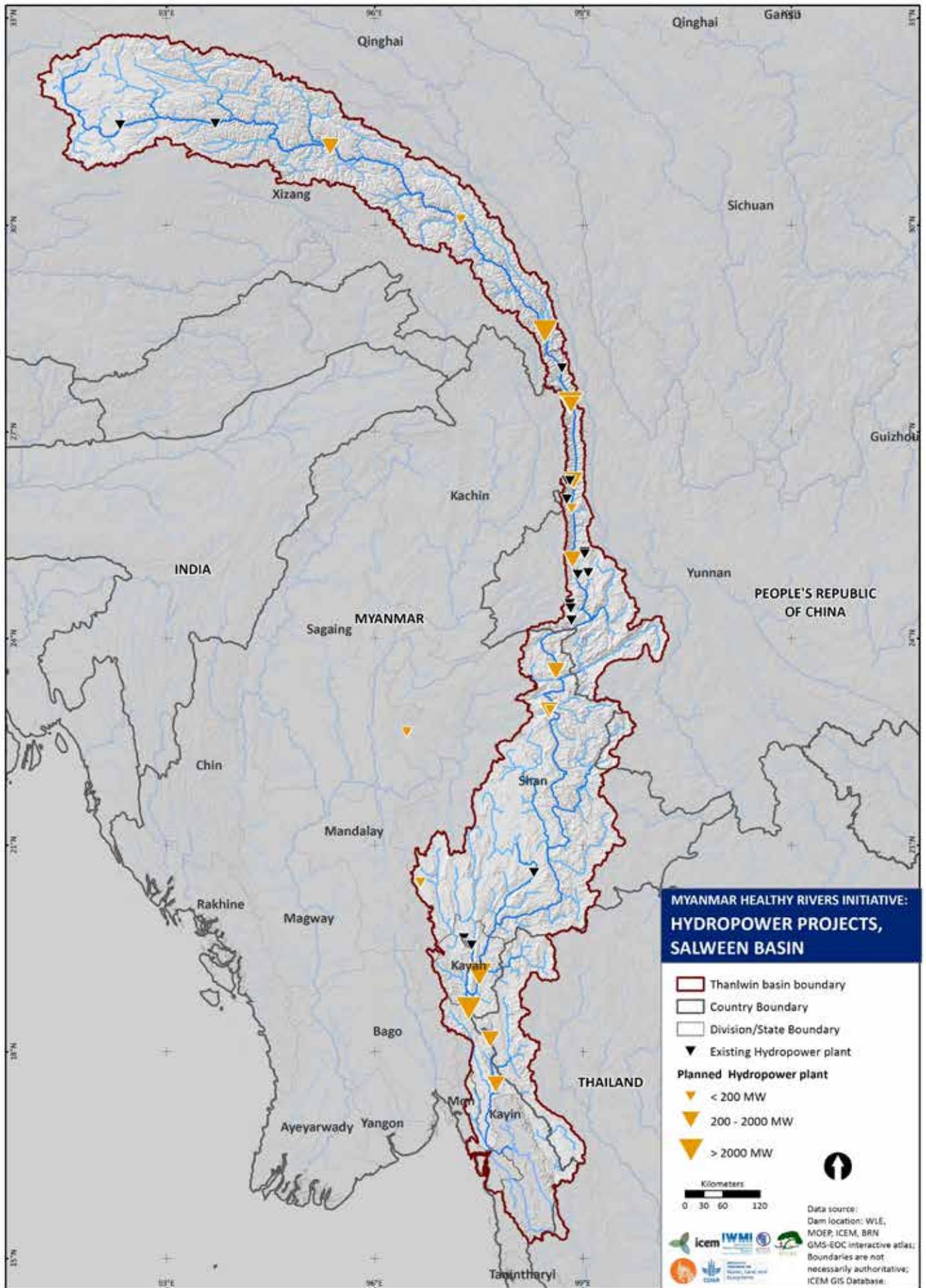


Figure 2: Hydropower Projects, Salween Basin.

清晰明确的方案来指导他们制订与河流发展相关的政策规则。萨尔温江大部分流域存在着武装力量，各种武装组织的存在和无法律约束的状态，都阻碍了对自然资源进行有效管理。

结论：缅甸境内不存在一个唯一被赋予萨尔温江河流管理任务职权的机构。没有任何独立于单个国家的权威机构来负责萨尔温江河流系统跨国界的问题，每个国家的外事部门各自采取各自的双边政策。建立一个对河流进行规划和监测的协调过程将有益于河流的进一步发展，但是目前因流域内武装冲突而无法实施。

### 目前可用的数据信息有哪些？需要建立的数据信息又是哪些？

萨尔温江河流系统在生物物理学方面的信息总体而言零碎散淡，主要来源于国际数据资料库，其中具体的研究只集中于几个地区，如茵莱湖和毛淡棉河口地区。缅甸政府对气候、河流流量和河水质量的监测又仅致力于下游的巴安地区，在萨尔温江流域内只存在极少数的水文站，并且分布于偏远地区。缅甸直至2012年的政治孤立状态，以及持续的武装冲突，导致只有极少数国际研究团体在缅甸境内进行过科学研究。国内的大学，特别是毛淡棉大学和仰光大学，曾经在下游地区进行过鱼类生物学和沿海海洋学的研究。

河流未来的变化，需要与现有数据进行比较，因此现有的河流流量和沉积物相关数据信息的短缺令人堪忧。低质量的数据输入和测量标准的缺失使得国际和国家级的评估尝试困难重重。洪涝灾害于下游地区频繁发生，但关于其趋势、风险等相关研究都尚无可用之材。

虽然土地使用、农业和基础设施建设方面的数据可以从相关国家部门获得，但这些数据往往仅限于各邦和地区级别。而村级、乡镇级的具体数据都由地方办公室掌管，严重限制了获得和编制的可能。这些都使得在地方建立起动态变化的全景图举步维艰。完整的、真实的、按性别分类的土地所有权的相关数据目前也无从获取。

云南所有水电项目都进行了与建设大坝提案相关的环境影响评估，缅甸的一些项目也进行了评估，但结果尚未公开。这也引起了对项目的不信任和抵触。一些地方组织，如克伦环境社会行动网络（KESAN），曾就评估地方影响进行过独立的科学研究。

结论：在大规模开发开始之前，为了建立起河流目前状况、利用情况和价值、也为将来的规划提供基础的基线研究，已经迫在眉睫。全球数据集合库和遥测数据能够为区域分析提供数据，并提供基础构架以理解诱发变化的因素和变化模式，并辨认高风险地区。

### 结语：

萨尔温江是东南亚主要河流中受到干扰最少的，同时干流与大多数支流总体质量都处于较健康状态。萨尔温江下游地区多年的战火纷飞限制了该地区的发展，然而，随着这些区域的对外开放和对自然资源产业的投资，随之而来的是新的挑战 and 机遇。现在做出的任何一个决定，都会对未来河流健康、生态系统以及利益获得方的身份产生深远影响。萨尔温江和流域居民的未来，从根本而言，在很大程度上取决于对包括水资源在内的河流自然资源的管理。发展前途尚在探索之中，面临诸多选择之时，邻近河流流域发展过程中的前车之鉴值得仔细借鉴。

## 参考文献

- AQUASTAT 2015. Database. Rome, Food and Agriculture Organisation, Rome. <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/dbase/index.stm>, accessed 2015.
- Aung, H and Soe, T.T., 2013. Prawn and shrimp resources of the Thanlwin/Salween River mouth and adjacent waters. Paper presented at the Regional Conference on Value of the Thanlwin/Salween River. Yangon, May 2013: 51-54. [http://www.terraper.org/web/sites/default/files/key-issues-content/1402384551\\_en.pdf](http://www.terraper.org/web/sites/default/files/key-issues-content/1402384551_en.pdf) Accessed September 2016.
- Australia-Myanmar Chamber of Commerce, 2014. Mining & resources – Myanmar market briefing. <http://www.a-mcc.com/wp-content/uploads/2013/06/myanmar-mining-resources-briefing-combined-presentation-11-february-2014.pdf>, accessed 2015.
- Bird, M., Robinson, R., Win Oo, N, Maung Aye, M., Lu, X.X., Higgitt, D.L., Swe, A., Tun, T., Lhaing Win, S., Sandar Aye, K., Mi Mi Win, K. and Hoey, T.B., 2008. A preliminary estimate of organic carbon transport by the Ayeyarwady and Thanlwin rivers of Myanmar. *Quaternary International* 186113–122.
- Buchanan, J. 2016. Militias in Myanmar, July 2016, Asia Foundation. [asiafoundation.org/publication/militias-in-myanmar/](http://asiafoundation.org/publication/militias-in-myanmar/) Accessed April 2017.
- Chan, S., Crosby, M.J., Islam, M.Z. and Tordoff, A.W. 2004. Important bird areas in Asia: Key sites for conservation. BirdLife International. <http://www.birdlife.org/datazone/info/ibasasia>
- DOP (Department of Population), 2015. The 2014 Myanmar Population and Housing Census. Highlights of the main results. Census Report, Volume 2-A. Naypyitaw, Department of Population.
- Gaughan AE, Stevens FR, Linard C, Jia P and Tatem AJ 2013. High resolution population distribution maps for Southeast Asia in 2010 and 2015, *PLoS ONE*, 8(2): e55882.
- Guardian, 2016. Joy as China shelves plans to dam ‘angry river’. The Guardian December 2, 2016. By Tom Phillips. <https://www.theguardian.com/world/2016/dec/02/joy-as-china-shelves-plans-to-dam-angry-river>, accessed June 20, 2017.
- GCCA (Global Climate Change Alliance), 2012. Myanmar Climate Change Alliance. <http://www.gcca.eu/national-programmes/asia/gcca-myanmar>, accessed 2015.
- Han Swe, 2014. Climate projection for Myanmar. Department of Meteorology and Hydrology, Presentation to CCAFS meeting, Yezin University, October 2014.
- Hasman, R. 2013. Water demand and allocation modelling in Myanmar. Additional MSc thesis report. Delft, Faculty of Civil Engineering, Technical University of Delft.
- Huang, X., Sillanpa, M., Gjessing, E., and Vogt, R. 2009. Water quality in the Tibetan Plateau: Major ions and trace elements in the headwaters of four major Asian rivers. *Science of the Total Environment* 407 (24): 6242-6254.
- IHCLA (Integrated Household Living Conditions Survey), 2011. Integrated Household Living Conditions Survey in Myanmar 2009-2010. Poverty Profile. Prepared by IHCLA Project Team. Yangon, United Nations Development Program (UNDP).
- International Rivers, 2014. Hydropower projects on the Salween River: An update. Salween Watch. <https://www.internationalrivers.org/resources/hydropower-projects-on-the-salween-river-an-update-8258>, accessed 2015.
- Johnston, R., Taylor, L., and Ketelsen, T. 2016 (In prep.). River health in the Salween – A review. IWMI - ICEM Working Paper.
- Kano, Y., Musikasinthorn, P., Iwata, A., Tun, S., Yun, L., Win, S.S. and Watanabe, K., 2016. A dataset of fishes in and around Inle Lake, an ancient lake of Myanmar, with DNA barcoding, photo images and CT/3D models. *Biodiversity Data Journal* 4: e10539 (09 Nov 2016) <https://doi.org/10.3897/BDJ.4.e10539>
- Karen Environmental and Social Action Network (KESAN) 2008. *Khoe Kay: Biodiversity in Peril*. Chiang Mai, KESAN.
- Li, R.-Q., Dong, M., Peng, H., Cui, Q.-G. and He, W.-M. 2006. Agricultural expansion in Yunnan Province and its environmental consequences. *Chinese Science Bulletin* 51 (Suppl.): 136-142.
- Li Bin, Yue Xing-jian, Geng Xiang-chang, Zhang Yao-guang, and Wang Zhi-jian. 2013. Community structure of macrobenthos and bio-assessment of water quality in Yunnan Province Reaches of Nujiang River. *Sichuan Journal of Zoology* 32 (1): 23-28.
- Lunn, Z. and Shein, S.H., 2013. Biodiversity of the Thanlwin/Salween River: species lists of plankton and nekton from Kunlon area, Shan State, Myanmar. Paper presented at the Regional Conference on Value of the Thanlwin/Salween River. Yangon, May 2013: 46-50.
- Lutz, A.F., Immerzeel, W.W., Shrestha, A.B., and Bierkens, M.F.P., 2014. Consistent increase in High Asia’s runoff due to increased glacier melt and precipitation. *Nature Climate Change* 4: (2014): 587–592.
- Maung, M.I.K. 1986. The population of Burma: An analysis of the 1973 Census. Papers of the East-West Population Institute 97 (1986) Honolulu, East-West Population Institute.
- McKinsey Global Institute. 2013. Myanmar’s moment: Unique opportunities, major challenges. McKinsey and Company. [www.mckinsey.com/downloaded](http://www.mckinsey.com/downloaded) 2015.
- MIMU (Myanmar Information Management Unit). 2008. Myanmar Cyclone NARGIS Affected Areas 5 May 2008. [http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/59DD1911873AD974C1257441002A1264-mimu\\_TC\\_mmr080505.pdf](http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/59DD1911873AD974C1257441002A1264-mimu_TC_mmr080505.pdf), accessed 2015.
- MOAI (Ministry of Agriculture and Irrigation). 2013. Myanmar agriculture at a glance. Naypyitaw, MOAI.
- MYPO (Mon Youth Progressive Organisation) 2007. In the Balance. <http://www.salweenwatch.org/images/stories/downloads/publications/inthebalance.pdf>
- OBG (Oxford Business Group). 2015. Myanmar’s mining growth hinges on new legislation. Economic News Update. <http://www.oxfordbusinessgroup.com/news/myanmar%E2%80%99s-mining-growth-hinges-new-legislation>, accessed 2015.
- Olson, D.M. and Dinerstein, E. 2002. The global 200: Priority ecoregions for global conservation. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 89 (2): 199–224.

- PYO (Pa-Oh Youth Organization). 2011. Poison clouds: Lessons from Burma's largest coal project in Tigyit. <http://burmacampaign.org.uk/images/uploads/PoisonClouds.pdf>, accessed 2015.
- Stimson Center. 2011. Interactive Myanmar map. <http://www.stimson.org/content/interactive-Myanmar-map>, accessed 2015.
- United Nations Environment Programme (UNEP) 2008. Three Parallel Rivers of Yunnan Protected Areas, China. [http://editors.eol.org/eoearth/wiki/Three\\_Parallel\\_Rivers\\_of\\_Yunnan\\_Protected\\_Areas\\_China](http://editors.eol.org/eoearth/wiki/Three_Parallel_Rivers_of_Yunnan_Protected_Areas_China).
- USAID/ Winrock 2015. Value Chains for Rural Development Social and Gender Assessment, Final Report, September 2015 (Prepared by Emerging Markets Consulting), USAID.
- Win Aung. 2014. The assessment of water quality near the mouth of the Thanlwin River. Paper presented at the First International Conference on Salween-Thanlwin-Nu studies, held at Chiang Mai University, Thailand, 14-15 November 2014.
- WLE (CGIAR Research Program on Water, Land and Ecosystems), 2016. Dataset on the Dams of the Irrawaddy, Mekong, Red and Salween River Basins. Vientiane, WLE. <https://wle-mekong.cgiar.org/maps/>
- Wong, C.M., Williams, C.E., Pittock, J., Collier, U., and Schelle, P., 2007. World's top 10 rivers at risk. Gland, WWF International. <http://assets.panda.org/downloads/worldstop10riversatriskfinalmarch13.pdf>, accessed 2015.
- WWF (World Wildlife Fund), 2013. Ecosystems in the Greater Mekong: Past trends, current status, possible futures. <http://wwf.panda.org/greatermekong>, accessed 2015.

## What is the State of Knowledge (SOK) Series?

The SOK series evaluate the state of knowledge on subjects related to the management and development of rivers in the Greater Mekong Region. Publications in the series are issued by the CGIAR Research Program on Water, Land and Ecosystems – Greater Mekong. The papers draw on both regional and international experience. Papers seek to gauge what is known about a specific subject and where there are gaps in our knowledge and understanding. All SOK papers are reviewed by experts in the field.

Citation: Johnston, R., McCartney, M., Liu, S., Ketelsen, T., Taylker, L., Vinh, M.K., Ko Ko Gyi, M., Aung Khin, T. and Ma Ma Gyi, 2017. State of Knowledge: River Health in the Salween. State of Knowledge Series 6. Vientiane, Lao PDR, CGIAR Research Program on Water, Land and Ecosystems.

This SOK has been reviewed by Kim Geheb, CGIAR Research Program on Water, Land and Ecosystems, Lao PDR; John Buchanan, Department of Political Science, University of Washington; Carl Middleton, Director, Center for Social Development Studies, Chulalongkorn University; and Saw John Bright, Coordinator, Water Governance Programme, Karen Environmental and Social Action Network.

The reviewers, the CGIAR Research Program on Water, Land and Ecosystems and any institutions associated with the programme, cannot be held responsible for the contents of any SOK paper, responsibility for which remains with its authors.

This SOK has been edited by Kim Geheb.

Design and lay-out by Watcharapol Isarangkul [nong.isarangkul@gmail.com](mailto:nong.isarangkul@gmail.com)

---

The CGIAR Research Program on Water, Land and Ecosystems in the Greater Mekong (WLE Greater Mekong) is a research-for-development initiative that seeks to improve the governance and management of water resources by generating and sharing the knowledge and practices needed to do so. The programme works in the Irrawaddy, Mekong, Red and Salween river basins. WLE Greater Mekong works through a wide range of partners and builds on the work of the CGIAR Challenge Program on Water and Food (2002-2014). The program is based in Vientiane, Lao PDR. For more information, see [wle-mekong.cgiar.org](http://wle-mekong.cgiar.org)

The CGIAR Research Program on Water, Land and Ecosystems (WLE) combines the resources of 11 CGIAR centers, the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), the RUAF Foundation, and numerous national, regional and international partners to provide an integrated approach to natural resource management research. WLE promotes a new approach to sustainable intensification in which a healthy functioning ecosystem is seen as a prerequisite to agricultural development, resilience of food systems and human well-being. This program is led by the International Water Management Institute (IWMI) and is supported by CGIAR, a global research partnership for a food-secure future. Find more information at [wle.cgiar.org](http://wle.cgiar.org)

The Myanmar Healthy Rivers Initiative (MHRI) seeks to improve understanding of Myanmar's large river systems through the analysis of quantitative spatial and temporal data coupled with community-led, bottom-up monitoring of ecosystem services and values. These findings will be used to inform river monitoring and basin spatial and modelling analysis activities to ensure that MHRI builds on the existing information base.



RESEARCH  
PROGRAM ON  
Water, Land and  
Ecosystems



Greater  
MEKONG



